NOWOCZESNA ENCYKLOPEDIA ZDROWIA

Opracowali:

Prof. Dr CIESZYŃSKI Antoni, Dr DEKAŃSKI Jerzy, mjr., Prof. Dr DEMBOWSKI Jan, Prof. Dr DMOCHOWSKI Antoni, Dyr. DUCHOWICZ Bronisław, Dr FIUMEL Antoni, Prof. Dr GĄDZIKIEWICZ Witold, Dr GÓRKA Edward, Dr GROMSKI Marceli, Dr HUMMEL Henryk, Prof. Dr JAKOWICKI Władysław, Dr KAMIŃSKI Włodzimierz, Doc. Dr KAPUŚCIŃSKI Stanisław, Prof. Dr LUBIENIECKI Henryk, Dr MACKIEWICZ Stanisław, Prof. Dr MELANOWSKI Władysław, Dr MESTER Adolf, Dr MICHAŁEK-GRODZKI Stanisław, Prof. Dr MICHAŁOWICZ Mieczysław, Dr MIERZECKI Henryk, Dr MISIEWICZ Janina Dr NUSBAUM Józef, Prof. Dr PIASECKI Eugeniusz, Dr RZĄŚNICKI Adolf, Doc. Dr SABATOWSKI Antoni, Doc. Dr STĘPOWSKI Bronisław, Dr STYPUŁKOWSKI Stanisław, Doc. Dr SZERSZYŃSKI Bronisław, Prof. Dr SZMURŁO Jan, Dr SZOKALSKI Kazimierz, Prof. Dr SZULC Gustaw, Prof. Dr. SZUMOWSKI Władysław, Prof. Dr SZYMANOWSKI Zygmunt, Prof. Dr VENULET Franciszek, Prof. Dr WACHHOLC Leon, Dr WĄSOWICZ Stanisław, Dr WERNIC Leon, Doc. Dr WĘGIERKO Jakub, Dr WROCZYŃSKI Czesław, Dr ZAKRZEWSKI Zygmunt i inni.

Pod redakcją
Dra ADOLFA RZĄŚNICKIEGO

TOM I

WYDANIE DRUGIE

WYDAWNICTWO „MINERWA" CZ. ŻEBROWSKI
WARSZAWA, CHMIELNA 10

COPYRIGHT 1939/1940 BY
Wydawnictwo „MINERWA", Warszawa.
Wszelkie prawa przedruku w całości lub częściowo zastrzeżone.

141 117

ZAKŁADY GRAFICZNE „FENIKS", WARSZAWA

D 30614

PRZEDMOWA DO WYDANIA I.

„Nowoczesna Encyklopedia Zdrowia", którą oddajemy do rąk polskiego czytelnika, ma na celu zaznajomienie szerokich mas z zasadami zachowania zdrowia i skutecznej walki z chorobą.

Niezbędnym warunkiem racjonalnej ochrony zdrowia jest przede wszystkim poznanie budowy i czynności własnego ciała. Aby zdrowie zachować, należy zrozumieć procesy zachodzące w naszym organizmie, wiedzieć, jakie grożą mu niebezpieczeństwa i jaki należy prowadzić tryb życia, aby się tych niebezpieczeństw ustrzec.

Im powszechniejsza będzie wiedza o ciele ludzkim, im więcej rzetelnych, opartych na podstawach naukowych wiadomości dotrze do laika, a więc człowieka, który zajęty w swoim zawodzie, nie interesował się dotąd bliżej sprawami własnego ciała — tym łatwiej będzie na wyższy poziom podnieść stan zdrowotny całego społeczeństwa. Oto naczelna zasada, jaką kierowaliśmy się przy układaniu tego dzieła.

W dawnych czasach pojęcie „zdrowia powszechnego" nie istniało. Leczono choroby indywidualnie, nie umiano walczyć z nimi w skali społecznej. Dzisiaj we wszystkich krajach cywilizowanych walka społeczna w obronie zdrowia ogółu wysuwa się na miejsce naczelne. Setki instytucji społecznych, komunalnych i państwowych, kierowanych przez Ministerstwa i Departamenty Zdrowia, stoją na straży zdrowotności publicznej. Państwo ujęło też w swe ręce sprawę wychowania fizycznego młodzieży, doceniając olbrzymie znaczenie tężyzny cielesnej szerokich mas.

Jednym z najważniejszych czynników tej szeroko zakrojonej akcji jest uświadamianie, udostępnianie jak największej liczbie obywateli wiadomości związanych ze sprawami zdrowia. Wszelkie bowiem zarządzenia sanitarne, lecznicze, zapobiegawcze wtedy tylko osiągnąć mogą pożądany rezultat, gdy spotkają się z powszechnym zrozumieniem i chęcią współdziałania.

Nie jest oczywiście naszym zamiarem gromadzić szczegóły, wda-

wać się w zawiłe rozważania teoretyczne, uczyć medycyny, która wymaga wieloletnich studiów specjalnych. Dążymy do tego, by dać czytelnikowi jasne, pożyteczne, praktyczne pojęcie ogólne o zagadnieniach związanych z zachowaniem zdrowia, odpowiedzieć na nasuwające się pytania możliwie jasno i przystępnie, służyć miarodajną radą i wskazówką.

Pierwszy tom Encyklopedii, poświęcony głównie anatomii i fizjologii, odsłania przed czytelnikiem, nie obeznanym dotąd z medycyną ani z wiedzą o ciele ludzkim, niezmiernie ciekawy świat zjawisk, obcych dlań dotąd, a jednak tak bliskich — mających bowiem swe siedlisko w jego własnym organizmie.

Na stronę fizjologiczną, czynnościową ustroju ludzkiego położyliśmy szczególny nacisk, do zachowania zdrowia jest bowiem niezbędne przede wszystkim zrozumienie działania subtelnego i skomplikowanego mechanizmu, zawartego w ciele ludzkim.

Z kolei wprowadzamy czytelnika za kulisy walki, toczącej się ustawicznie w obronie naszego zdrowia, zapoznajemy go ze światem drobnoustrojów — niewidzialnych wrogów, zewsząd na nas czyhających, wskazujemy źródła i przyczyny trapiących nas chorób.

W dalszych tomach omawiane są szczegółowo wszelkiego rodzaju choroby, przy czym podkreślamy z naciskiem, że nie było naszym zamiarem uczynić z tego dzieła t. zw. „poradnika". Książka nigdy nie zastąpi lekarza, do którego należy zwrócić się w razie choroby. Chodzi nam o to, aby czytelnik rozumiał zarządzenia lekarza, aby orientował się należycie w swych dolegliwościach i współpracował niejako z lekarzem w odbudowie swego zdrowia. W tym celu podajemy cały szereg wiadomości, dotyczących powstawania chorób, ich przebiegu, rokowania, zapobiegania i leczenia.

Higiena osobista i społeczna, higiena szkół, urządzenia sanitarne miast, organizacja ochrony zdrowia publicznego stanowią temat ostatnich tomów „Nowoczesnej Encyklopedii Zdrowia".

Czytelniczka znajdzie w tym dziele wyczerpujące wskazówki dotyczące jej roli jako żony i matki.

Dużo miejsca poświęciliśmy sprawie niesienia pomocy w nagłych wypadkach.

Nie wątpimy, że cel nasz zostanie osiągnięty — i czytelnik Nowocz. Encykl. Zdrowia zdoła wytworzyć sobie jasny i rzeczowy pogląd na sprawy zdrowia i choroby.

W opracowaniu niniejszego dzieła brali udział specjaliści o znanych i cenionych w polskim świecie naukowym nazwiskach. Jest to

dostateczna rękojmia wysokiej wartości Ich pracy, za którą Redakcja pozwala sobie w tym miejscu złożyć wyrazy podziękowania.

Styl staraliśmy się zachować wszędzie jasny i przejrzysty, stronę ilustracyjną otoczyliśmy szczególną dbałością, co niezawodnie oceni sam czytelnik.

Żywimy nadzieję, że „Nowoczesna Encyklopedia Zdrowia" wypełni lukę w polskim piśmiennictwie popularnym i znajdzie należyty odzew wśród szerokich rzesz czytelniczych naszego kraju.

Redakcja

Spis rzeczy

I ZARYS ANATOMII I FIZJOLOGII

Str.

PRZEDMOWA 7

WSTĘP 13

ELEMENTY BUDOWY ORGANIZMÓW ROŚLINNYCH I ZWIERZĘCYCH Prof. Dr Jan Dembowski

Komórka i tkanka 19

BUDOWA I CZYNNOŚCI CIAŁA LUDZKIEGO Zespół Redakcyjny

Kości i stawy 37

Wiadomości ogólne —

Kręgosłup 48

Klatka piersiowa i miednica 54

Kończyny 56

Czaszka 62

Mięśnie 68

Wiadomości ogólne —

Przegląd mięśni 80

Krążenie krwi i limfy 87

Krew —

Obieg krwi 97

Limfa 115

Oddychanie 119

Trawienie 137

Jama ustna i przełyk 138

Żołądek 146

Jelita, wątroba i trzustka 150

Str.

Wydalanie 157
Nerki —
Skóra 169

Narządy hormonalne (gruczoły dokrewne) 176
Gruczoł tarczowy 178
Gruczoły przytarczyczne 182
Grasica —
Nadnercza i trzustka 183
Przysadka mózgowa 186
Szyszynka 189
Gruczoły płciowe —

Układ nerwowy 194
Układ nerwowy obwodowy —
Nerwy i ich właściwości —
Układ nerwowy centralny 205
Rdzeń pacierzowy czyli kręgowy —
Mózg 213
Układ nerwowy autonomiczny (wegetatywny) 242
Sen 252

Narządy zmysłowe 256
Oko — jego budowa i czynności —
Ucho — jego budowa i czynności 273
Zmysł smaku 284
Zmysł węchu 287
Zmysły skórne 289

Rozród i narządy rozrodcze 294
Narządy płciowe męskie 295
Kobiece narządy płciowe 302
Cykl miesięczny u kobiet 307
Jajeczkowanie —
Miesiączkowanie 310
Zapłodnienie 312
O rozwoju zarodka ludzkiego 314

PRZEMIANA MATERII Prof. Dr Antoni Dmochowski 323

II JAK POWSTAJĄ CHOROBY

ZDROWIE I CHOROBA Prof. Dr Franciszek Venulet

Uwagi wstępne 337

Istota choroby 339

Przebieg chorób 341

Str.

Przyczyny chorób 343

Przyczyny wewnętrzne 344
Dziedziczność —
Konstytucja ustroju 347
Konstytucje patologiczne 351
Czynniki chorobotwórcze zewnętrzne 363
Czynniki fizyczne —
Przeziębienie 364
Czynniki chemiczne 366
Czynniki biologiczne 368
Zakażenie i odporność 369
Uczulenie i samouczulenie 371
Przyczyny psychiczne chorób 373

BAKTERIE, ICH ROLA W PRZYRODZIE I W SZERZENIU SIĘ CHORÓB ZAKAŹNYCH Prof. Dr Zygmunt Szymanowski

Uwagi ogólne 377
Samorództwo czy rozmnażanie? 379
Pasteur 380
Hodowla bakteryj 383
Podłoże —
Sterylizacja 384
Badanie bakteryj 386
Kształt i budowa bakteryj 387
Życie bakteryj 390
Odżywianie —
Rozmnażanie 392
Rozpowszechnienie bakteryj w przyrodzie. Saprofity i bakterie chorobotwórcze 394
Bakterie a zarazki 396

ŹRÓDŁA

z których czerpano materiał ilustracyjny:

Tout le corps humain:	Ryc.	„Elektryczność tkankowa	str. 75
	„	„Schemat krwiobiegu“	„ 100
	„	„Serce“	„ „
	„	„Krwiobieg“	„ 102
	„	„Serce“	„ „
	„	„Przekrój przez prawą i lewą komorę serca“	„ 105
	„	„Rozmieszczenie gruczołów wydzielania wewnętrznego“	„ 190
	„	„Skrzyżowanie dróg nerwowych w rdzeniu“	„ 234
	„	„Unerwienie narządów wewnętrznych“	„ 245
	„	„Przekrój przedniotylny oka w płaszczyźnie strzałkowej“	„ 264
	„	„Schemat dróg odprowadzających nasienie z jądra na zewnątrz“	„ 300
Wunder des Lebens:	„	„Ilość skurczów serca na minutę“	„ 107
	„	„Skład powietrza wdychanego i wydychanego“	„ 129
	„	„Jak długo pokarm pozostaje w żołądku“	„ 149
	„	„Zaburzenia rozwojowe wywoływane zmniejszeniem czynności przysadki mózgowej“	„ 186
	„	„Schemat budowy nerwu obwodowego“	„ 201
	„	Zmienność trwania t. zw. czasu reakcji świadomej“	„ 203
	„	„Zmiany wyrazu mimicznego oczu“	„ 257

Fr. Kahn: Das Leben des Menschen:

„ „Kości“ „ 38
„ „Mechanizm ruchów przedramienia“ „ 60
„ „Mięśnie grzbietu“ „ 84
„ „Anatomia ręki człowieka“ „ 85
„ „Wnętrze serca“ „ 104
„ „Wydolność mięśni oddechowych“ „ 130
„ „Zależność pracy gruczołów ślinowych od rodzaju spożywanego pokarmu“ „ 143
„ „Nerka“ „ 159
„ „ „ 160
„ „Zabezpieczenie łącznotkankowe narządów“ „ 172
„ „Przekrój nerwu“ „ 200
„ „Przykład prostego odruchu“ „ 208
„ „Siła odruchu“ „ 210
„ „Opony mózgowe“ „ 215
„ „Rozszczepienie osobowości“ „ 233
„ „Zasada rzutowania“ „ 235
„ „Zgodność aparatu optycznego w technice i w przyrodzie“ „ 265
„ „Plemniki różnych gatunków zwierzęcych“ „ 301
„ „Blaszki zarodkowe“ „ 315

Bauer J.:
Die konstitutionelle Disposition der inneren Krankheiten:

Wszystkie ryciny do artykułu „Zdrowie i choroba“

I

ZARYS ANATOMII I FIZJOLOGII

Lekcja anatomii. *(Wg Rembrandta).*

WSTĘP

Wspaniałe zdobycze medycyny współczesnej oraz zrozumienie wielkiego znaczenia najszerzej pojętej higieny osobistej i społecznej zawdzięczamy przede wszystkim rozwojowi wiedzy o ciele ludzkim. Dokładna znajomość budowy i czynności własnego ciała a wraz z tym i najbardziej istotnych jego potrzeb umożliwia nam skuteczną walkę z wszelkimi czynnikami chorobotwórczymi i zachowanie najcenniejszego daru natury — zdrowia.

Zainteresowanie człowieka dla tajemniczych procesów odbywających się w jego organizmie datuje się od czasów najdawniejszych. Z egipskiego „papirusu medycznego", przechowywanego w muzeum w Berlinie, dowiadujemy się, że już kilka tysięcy lat przed naszą erą egipscy kapłani-lekarze znali cały szereg narządów wewnętrznych i orientowali się w ich czynnościach i zaburzeniach chorobowych. Dowodzi tego również sztuka balsamowania umarłych, która osiągnęła w starożytnym Egipcie poziom bardzo wysoki, a wymagała nader skrupulatnych zabiegów.

Mimo żywego zainteresowania wiedza o ciele ludzkim nie zakreśliła jednak w epoce starożytnej szerszych kręgów. Strzeżona zazdrośnie przez kapłanów, jako jeden z największych ich przywilejów, nie wydostała się poza obręb świątyń. Drugą i bodaj ważniejszą prze-

szkodę w rozwoju anatomii stanowiły kult umarłych i lęk przed odsłonięciem tajemnicy śmierci, które nie zezwalały na dokonywanie sekcji zwłok — właściwej podstawy naukowej anatomii.

Również w starożytnej Grecji wierzenia religijne hamowały postęp tej gałęzi wiedzy. Zmarły lub poległy na polu walki był nietykalną świętością; należało pogrzebać go zgodnie z przyjętym obrządkiem; wszelkie uchybienie przeciw temu obrządkowi uchodziło za sprzeniewierzenie się jednemu z pierwszych obowiązków.

Grecja była jednak kolebką medycyny, a jej twórcą — jeden z najsłynniejszych lekarzy starożytnych, Hipokrates (V wiek przed Chr.). Potęgą swego umysłu oraz niezwykłym darem obserwacyjnym zdołał on pchnąć wiedzę o ciele ludzkim na nowe tory. Usystematyzował rozproszone tu i owdzie wiadomości, wysnuł z nich ogólne wnioski, słowem — stworzył naukę; dlatego też zasłużył sobie na miano „ojca wiedzy lekarskiej".

Ani Hipokrates, ani inni światli myśliciele tej epoki nie potrafili jednak zwalczyć ówczesnych obyczajów, zabraniających sekcji zwłok. Dlatego też ich wiedza anatomiczna była bardzo ograniczona.

Dopiero pod koniec epoki greckiej jakby na chwilę zabłysło światło, gdy nastąpił niezwykły rozkwit nauk i sztuk w Aleksandrii, siedlisku kultury, skąd promieniowała ona na cały świat ówczesny. W świątyni Serapisa mieściła się jedna z najwspanialszych bibliotek wszystkich czasów. Ptolomeusz Soter, władca aleksandryjski, zezwala na dokonywanie sekcji zwłok, a nawet na wiwisekcję na skazańcach. Przed badaczami, usiłującymi wedrzeć się w tajniki ciała ludzkiego, otwierają się szerokie możliwości. Niestety, epoka rozkwitu trwa krótko, po czym znów na długi szereg stuleci wraca barbarzyństwo i nieuctwo.

W Rzymie kult zwłok silniejszy był jeszcze niż w Grecji. Cześć oddawana cieniom przodków miała charakter religijny i stanowiła jeden z głównych rysów obyczajowych społeczeństwa rzymskiego. Człowiek umarły urastał nieledwie do poziomu bóstwa; nic też dziwnego, że sekcja zwłok ludzkich była uważana za świętokradztwo i przez prawo zabroniona.

Galen, znakomity lekarz II wieku naszej ery, musiał więc zadowalać się sekowaniem zwierząt i tylko na podstawie analogii stwarzał sobie niedokładny i niepełny obraz organizmu ludzkiego. Nauka Galena do tego jednak stopnia zapanowała nad umysłami średniowiecznymi, że jeszcze pod koniec XV wieku, gdy bezpośrednie zetknięcie z ciałem ludzkim wskazało na pewne sprzeczności z jego

danymi, twierdzono, że „ciało ludzkie musiało się od czasów Galena zmienić".

Kilka stuleci mija, imperium rzymskie ginie pod naporem hord północnych, organizują się nowe społeczeństwa, nowe religie, ale zarówno koran, jak i nauka chrześcijańska zgodnie zakazują badań nad ciałem ludzkim. W epoce Odrodzenia, okresie rozkwitu nauki i sztuki, wzrasta zainteresowanie dla budowy i czynności ciała ludzkiego. Coraz częściej anatomowie na przekór wszelkim przeszkodom dokonywują sekcji zwłok publicznie w salach uniwersyteckich. Każda sekcja staje się świętem dla żarliwych adeptów nauki. Dochował się wiersz jednego z entuzjastów tych makabrycznych uroczystości, w którym sekowany wisielec cieszy się, że „zamiast być pożartym przez kruki dostąpił zaszczytu obcowania z uczonymi".

Na tle epoki Odrodzenia potężnie zarysowuje się postać uczonego brukselskiego Wesaliusza *(Vesalius)*, autora dzieła „De humani corporis fabrica" (o fabryce ciała ludzkiego). Rok 1543 (rok ukazania się w druku tego epokowego dzieła) oznacza moment przełomowy w dziejach nauki o ciele ludzkim. Dziwnym zbiegiem okoliczności w tymże roku epokowe dzieło Kopernika „O obrocie ciał niebieskich" dokonało przewrotu w astronomii. Wesaliusz znajduje na jakiejś szubienicy całkowicie ogołocony przez kruki szkielet ludzki. Nareszcie zdarzyła się sposobność dokładnego przyjrzenia się układowi kostnemu człowieka. W dziele Wesaliusza znajdujemy więc pierwszy niesfałszowany opis ciała ludzkiego, oparty na obserwacji i doświadczeniu, a nie na domysłach i analogiach.

Tymczasem coraz więcej uczonych zgłębiało tajniki ciała ludzkiego. Przesąd nietykalności zwłok został obalony. Anatomia stała się nauką modną. Wielcy malarze Renesansu i XVII wieku, jak Leonardo da Vinci, Rubens, Rembrandt itd., studiują ciało ludzkie, aby odtworzyć na płótnie jego plastykę i piękno. Wykłady anatomii ściągają całą elitę umysłową owej epoki.

Początek XVII stulecia — to drugi ważny moment w dziejach wiedzy o ciele ludzkim, oznacza bowiem przejście od opisu martwych organizmów do badań nad żywym ciałem. Był to olbrzymi krok od anatomii do fizjologii, czyli nauki o czynnościach narządów ciała, którą zapoczątkował uczony angielski Harvey. Harveya interesował specjalnie układ krwionośny, obieg krwi po organizmie. Zupełnie samodzielnie, nie mając poprzedników na tym polu, odkrywa on i analizuje miarowe skurcze i rozkurcze serca, zdobyte wiadomości zespala w całość, wyjaśnia znaczenie krwiobiegu, wyróżnia krwiobieg wiel-

ki i mały, domyśla się istnienia włosowatych naczyń krwionośnych, które dopiero znacznie później wykryje mikroskop Malpighiego. Odkrycia Harveya wywołały niemniej namiętne dyskusje i polemiki, niż w XIX stuleciu odkrycia Pasteura.

Wiek XVIII stanowi dalszy etap rozwoju anatomii i fizjologii. Haller, Boerhaave, Morgagni — oto najsłynniejsi badacze tego stulecia. Mozolnie, w ciągu wielu wieków budowany gmach wiedzy zyskuje wreszcie mocne podstawy. Wolna myśl ludzka, nie krępowana żadnymi przesądami, toruje sobie drogę ku prawdzie. Poznanie ciała ludzkiego, jego skomplikowanych czynności staje się coraz pełniejsze i przerasta ramy jednej nauki. Anatomia rozgałęzia się więc na szereg nauk pokrewnych, jak histologia czyli nauka o budowie tkanek, embriologia czyli nauka o rozwoju organizmu z zapłodnionego jaja, anatomia porównawcza, zestawiająca różne gatunki zwierzęce itd. Fizjologia zaś i anatomia wspaniałymi odkryciami nadal wzbogacają wiedzę o człowieku.

Wiek XIX i nasze stulecie — to okres triumfu wiedzy, jakiego nie znały epoki ubiegłe. Lamarck, Cuvier, Schwann, Laënnec, Bichat, Virchow, Claude Bernard, Richet, Pasteur, Roux, Ehrlich, Koch, Behring... w nieskończoność wyliczać by można nazwiska zasłużonych, którzy niestrudzoną swą pracą, geniuszem i poświęceniem torują ludzkości drogę do wiedzy i postępu. Nie jesteśmy jednak jeszcze u kresu. To, cośmy osiągnęli, jest tylko etapem na nieskończenie długim szlaku zdobywania prawdy.

ELEMENTY BUDOWY ORGANIZMÓW ROŚLINNYCH I ZWIERZĘCYCH

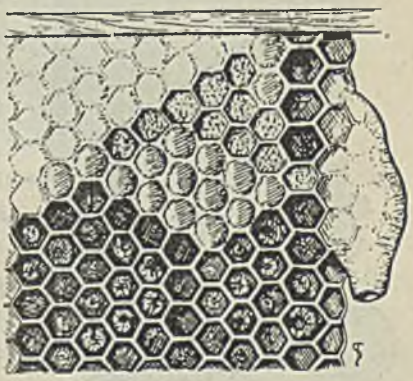
Prof. Dr Jan DEMBOWSKI

(Wilno)

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
BIBLIOTEKA GŁÓWNA
w Gliwicach

KOMÓRKA I TKANKA

W roku 1667 fizyk angielski Robert Hooke, oglądając różne przedmioty za pomocą zbudowanego przez siebie mikroskopu złożonego, odkrył, że cienki skrawek zwykłego korka wygląda pod mikroskopem jak delikatna siatka, złożona z nieco wydłużonych prostokątnych oczek. Porównał jej budowę z plastrem pszczelim i nadał oczkom nazwę „k o m ó r e k". W owych czasach nikt nie podejrzewał, że zostało dokonane epokowe odkrycie, które niebawem miało doprowadzić do zupełnego przewrotu w nauce o ustrojach żywych. Najmniej podejrzewał to sam Hooke. Interesowało go przecież nie to, co obserwował i rysował, lecz chodziło mu o zalety jego mikroskopu.



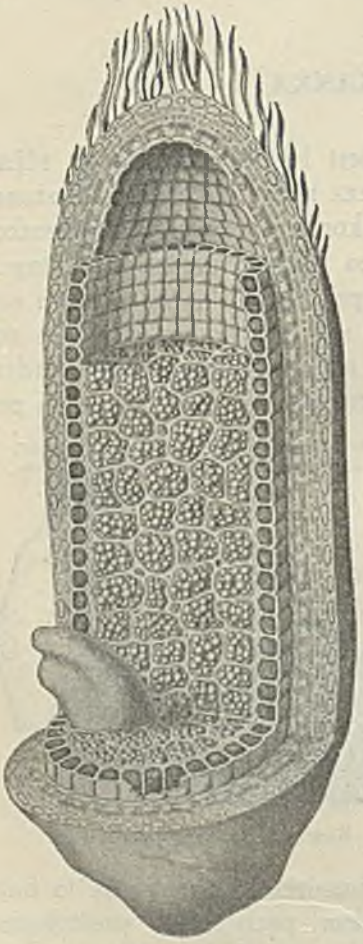
Kawałek plastra pszczelego.

Wkrótce potem stwierdzono, że z podobnych „komórek" składają się wszelkie rośliny, że znajdziemy je jednakowo w pniach lub liściach drzew, jak w kwiecie róży lub ziarnie fasoli. Na cienkim skrawku kawałka drewna, którym palimy w piecach, ołówka lub zapałki znajdziemy takie same komórki. Wszystkie części roślinne złożone są z komórek, a zawsze są to bardzo drobne, niedostrzegalne gołym okiem pęcherzyki, prostokątne lub wielokątne, tworzące bardzo subtelną siateczkę. Już w takim stwierdzeniu tkwi coś bardzo ważnego.

Pomyślmy, jak bardzo urozmaicony jest świat roślin, ile w nim różnorodnych barw i kształtów, jak dalece dąb jest niepodobny do grzyba, a trawa łąkowa do krzaku bzu. Tym niemniej wszędzie mikroskop wykaże nam obecność takich samych komórek, podobnie jak dworzec kolejowy, katedra gotycka, dom bankowy lub kamienica

czynszowa złożone są wszystkie z takich samych cegieł. Jednostki są podobne, ale ich liczba i układ są różne i właśnie liczba i układ decydują o całej rozmaitości.

Znaleziono następnie, że jak w skład domu, prócz cegieł, wchodzą belki żelazne, deski, blacha, szyby, gwoździe itp., tak komórki roślinne mogą być różne: kuliste, wielokątne, gwiaździste, spłaszczone, nitkowate, z tych zaś zasadniczych jednostek natura buduje nieskończone w swej rozmaitości postacie roślinne.



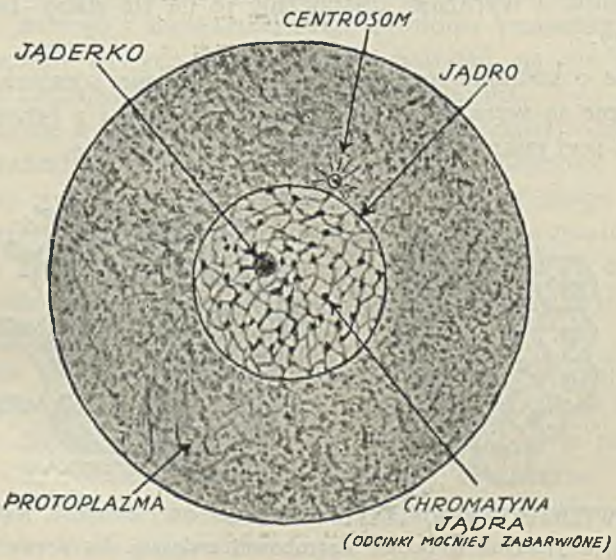
Przekrój ziarna pszenicy *(obraz mikroskopowy) (Wg F. Kahna).*

Niebawem odkryto coś więcej. Jeśli komórki korka opisane przez Hooke'a są to martwe, puste wewnątrz pęcherzyki, to żywe części roślinne składają się z komórek żywych, które mogą na naszych oczach zmieniać się i wzrastać. Jeśli porównamy młodą roślinę, która niedawno wykiełkowała z nasienia, z rośliną wyrośniętą, tysiące razy od niej większą, przekonamy się, że obie złożone są z komórek takiej samej wielkości, ale roślina dorosła zawiera ich tysiące razy więcej. Wynika stąd, że komórki ciała roślinnego rozmnażają się, że w miarę wzrostu rośliny zwiększa się także ich liczba. Udało się zaobserwować pod mikroskopem, jak to się dzieje.

W pewnej chwili w poprzek komórki pojawia się cieniutka ścianka, która dzieli komórkę na dwie. Każda z powstałych dwóch komóreczek wzrasta następnie i wydłuża się, aż osiągnie te same wymiary, jakie miała komórka przed podziałem, i dzieli się znowu.

Wzrost organizmu polega na rozmnażaniu się jego komórek. Takie mnożenie się komórek nazwano p o d z i a ł e m. Można zapytać, jak to się dzieje, że w komórce, która jest pustym wewnątrz pęcherzy-

kiem, pojawia się ścianka? Istotnie byłoby to dziwne zjawisko. Ale dalszym etapem w poznaniu komórki było stwierdzenie, iż każda żywa, zdolna do wzrostu i podziału komórka nie jest bynajmniej wewnątrz pusta, lecz zawiera półpłynną, ziarnistą treść, z wielu względów podobną do białka jaja kurzego. Jak białko ścina się i twardnieje w gorącej wodzie lub po włożeniu do octu, tak treść komórki ścina się po ogrzaniu oraz pod działaniem kwasów i innych odczynników. Tę treść komórkową nazwano zarodzią czyli protoplazmą. Ona to wy-



SCHEMAT BUDOWY KOMÓRKI.

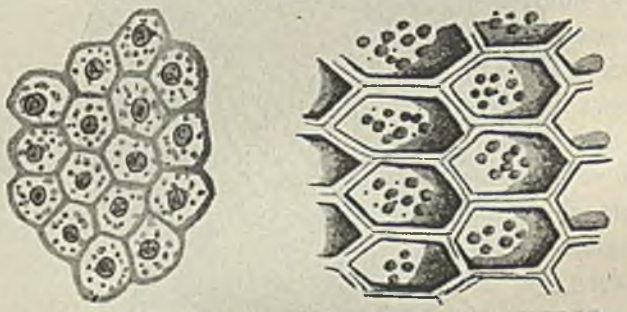
twarza na swej powierzchni cienką błonkę, która jest ścianką komórki, i ona także wytwarza ściankę rozdzielającą komórkę na dwie.

To, co obserwowali dawni badacze, z Hooke'm na czele, stanowi tylko zewnętrzną powłokę komórkową, istotnym zaś składnikiem komórki jest jej żywa protoplazma, która może twardnieć na powierzchni komórki, wytwarzając błonę, t. zw. błonę komórkową.

Jeszcze dalszym odkryciem było, że protoplazma każdej komórki żywej zawiera wewnątrz drobne ciałko centralne, nazwane jądrem. Jest to bardzo mały pęcherzyk, zawieszony w protoplazmie i zawierający nieco gęstszą od niej substancję, również natury białkowej. Jądro jest równie przezroczyste jak protoplazma i dlatego w żywej komórce jest niewidoczne. Tym tłumaczy się, że tak długo pozostawało ono nie zauważone.

Jednakże jądro posiada pewne odmienne właściwości, które ułatwiają uwidocznienie go. Białko wchodzące w jego skład znacznie łatwiej ścina się pod wpływem różnych czynników, niż białka protoplazmy. Jeśli włożyć komórkę do słabego kwasu, np. octowego, to białka jądra ścinają się pierwsze, jądro staje się mniej przezroczyste i wtedy występuje ono wyraźnie na tle protoplazmy. Posiada jądro ponadto szczególną właściwość chciwego wchłaniania niektórych substancji barwiących, nasiąkając nimi jak gąbka. Dzięki temu możemy zabarwić jądro i wyraźnie uwidocznić je na tle słabo barwiącej się protoplazmy.

Nauka o komórce rozpoczęła się od badania komórek roślinnych. Dzięki błonie są wyraźnie odgraniczone od siebie i z łatwością można je dostrzec pod mikroskopem w każdej żywej roślinie.



KOMÓRKI ZWIERZĘCE A ROŚLINNE (podobieństwa i różnice). Na lewo — grupa komórek spotykanych w tkance wątrobowej zwierząt. Na prawo — grupa komórek roślinnych. W komórkach wątrobowych zaznacza się wyraźnie jądro i kropelki tłuszczu, otoczka natomiast nie jest zbyt wyraźna. W komórkach roślinnych otoczka jest wyraźna (zbudowana z błonnika czyli celulozy), wewnątrz komórki te zawierają ziarnka chlorofilu.

Nieco odmienne są cechy komórek zwierzęcych. Są one na ogół drobniejsze od roślinnych i zwykle nie posiadają twardej błony, co sprawia, że granice między komórkami są trudno dostrzegalne. Do poznania komórki zwierzęcej potrzebne było opracowanie specjalnych metod badania i dlatego początkowo pozostało ono nieco w tyle.

Gdy nauczono się uwidaczniać różne składniki komórki za pomocą zabijania komórki kwasami i innymi odczynnikami oraz barwienia, stwierdzono, że ciało każdego zwierzęcia składa się z komórek zasadniczo zupełnie podobnych do komórek roślinnych. Są to także bardzo drobne ciałka, złożone z protoplazmy i zawierające jądro, posiadające zdolność wzrostu i rozmnażania się przez podział. Pomimo

braku błony, komórki zwierzęce są jednostkami tego samego rodzaju, co komórki roślinne.

Rozszerza to bardzo nasz pogląd na organizmy, gdyż możemy przekonać się, że każdy ustrój żywy, zarówno roślinny jak zwierzęcy, zbudowany jest z podobnych jednostek, że motyl, słoń, żaba, dżdżownica, ślimak czy człowiek składają się z takich samych komórek, że nieskończonej rozmaitości kształtów zewnętrznych i wymiarów przyroda przeciwstawia zasadniczą jednostajność składu komórkowego. Dostarcza to jednego z najważniejszych dowodów wzajemnego pokrewieństwa ustrojów żywych, które musiały powstać na tle wspólnego źródła, skoro zbudowane są z tych samych jednostek.

Nowoczesne badania bardzo gruntownie zmodyfikowały te pierwotne wyobrażenia. Technika ogromnie postąpiła naprzód, współczesny mikroskop jest o całe niebo doskonalszy od mikroskopu Hooke'a, daje bez porównania jaśniejsze i czystsze obrazy i pozwala osiągnąć powiększenie kilku tysięcy razy, tak że malutki wycinek organizmu, rozmiarów jednego milimetra, widzimy jako olbrzymią bryłę o parometrowej średnicy.

Zarazem nadzwyczajnie postąpiła technika uwidaczniania składowych części komórki, co pozwoliło przekonać się, że w istocie komórka wcale nie jest tak prosta w swej budowie, jak to początkowo myśleliśmy, i że różnice pomiędzy komórkami są znaczne. Poznanie komórki żywej rozrosło się w obszerną i swoistą dziedzinę wiedzy, której zarówno nauki przyrodnicze, jak medycyna zawdzięczają szereg świetnych zdobyczy. Postaramy się przedstawić w ogólnych zarysach nowoczesną wiedzę o komórce.

Wymiary komórek wahają się w bardzo szerokich granicach. Najdrobniejsze komórki, jak niektóre bakterie, są zaledwie dostrzegalne przez najsilniejsze mikroskopy. Są tak drobne, że tysiąc bakterii, ustawionych jedna za drugą, zajęłoby zaledwie jeden milimetr długości. Mamy zaś poważne powody mniemać, iż istnieją także bakterie o wiele drobniejsze od wszystkich poznanych dotąd i niedostępne bezpośredniej obserwacji. Jak drobne są komórki, wynika choćby stąd, że w jednym milimetrze sześciennym krwi ludzkiej jest około 5000000 komóreczek, zwanych krwinkami czerwonymi, a ogólną liczbę komórek ciała ludzkiego można oszacować na około 30 bilionów. W ciele człowieka jest więc około 15000 razy więcej komórek, niż jest wszystkich ludzi na kuli ziemskiej. W jednym włosie ludzkim mieszczą się dziesiątki tysięcy komórek, wiele ich tysięcy zawiera noga muchy.

Nie wszystkie jednak komórki są tak małe. Niektóre komórki roślinne i zwierzęce, o kształtach wydłużonych, osiągają długość wielu centymetrów. Do takich należą na przykład włókna lnu, z których każde jest jedną wydłużoną komórką, włókienka, z których składają się nasze mięśnie i nerwy. Do komórek olbrzymich zaliczamy następnie jaja gadów i ptaków. Jajo kury jest jedną olbrzymią komórką, posiadającą swoją błonę, swoją protoplazmę i swoje jądro. Nie tak łatwo jest odnaleźć te części składowe. Skorupa jaja łącznie z jego białkiem tworzą błonę komórkową, protoplazma jest skupiona w malutkiej plamce na powierzchni żółtka, w tej zaś plamce mieści się mikroskopijnych wymiarów jądro. Niemniej komórki olbrzymie należą do wyjątków, pospolitym składnikiem ciała są komórki bardzo drobne.

Niemniej urozmaicony jest kształt komórek. W organizmach komórki występują w gęstych skupieniach, w zwartych zespołach, zwanych tkankami, w których komórki zgniatają się wzajemnym ciśnieniem. Podobnie zgniatają się wzajemnie pęcherzyki piany piwnej lub mydlanej. Obok takich wielokątnych komórek znamy szereg innych postaci komórkowych, tak urozmaiconych, że ogólna charakterystyka wyglądu komórki nie jest możliwa.

Jak już wiemy, błona komórkowa jest przede wszystkim cechą charakterystyczną komórki roślinnej. Jest to dość twarda a zarazem elastyczna i rozciągliwa otoczka, wytwarzana przez powierzchniowe warstwy protoplazmy. Jeśli błona jest zgrubiała, jak w komórkach drewna, to posiada ona budowę warstwową, składa się z kolejnych warstw o mniejszej i większej zawartości wody. Taka błona odgradza żywą treść komórki od świata zewnętrznego i utrudnia jej zarówno oddychanie, jak pobieranie pokarmu. Bo przecież komórka sama jest jednostką żywą, potrzebującą do życia zarówno powietrza, jak pożywienia, a wszystko to czerpie ze swego otoczenia. Zdarza się, że błona zostaje przepojona jakąś substancją nieprzepuszczalną, jak np. korkiem lub żywicą, a wtedy komórka umiera, pozostaje z niej tylko martwy szkielet. Takie właśnie komórki obserwował Hooke.

W innych przypadkach błona, nieprzenikliwa dla wody i powietrza, posiada wiele drobnych otworków, przez które treść komórki może komunikować się ze środowiskiem zewnętrznym. Błona komórek zwierzęcych jest niewidoczna. Jednakże wiemy z pewnością, że powierzchniowe warstwy protoplazmy mają swoiste właściwości, że przepuszczają one pewne substancje, a zatrzymują inne. Te własności

błony grają bardzo ważną rolę w życiu komórki, gdyż decydują one, jakie ciała chemiczne przedostaną się do wnętrza komórki, a jakie nie zostaną doń dopuszczone. Tak np. krew ryb morskich zawiera daleko mniej różnych soli, niż woda morska, w której ryby żyją. Błona komórkowa w komórkach ich skóry nie przepuszcza bowiem soli.

Mięśnie nasze są opłukiwane przez krew, zawierającą wiele różnorodnych składników chemicznych. Tymczasem dobór tych składników w mięśniach jest zupełnie inny niż we krwi, co ma swoją przyczynę w tym, że błona komórek mięśniowych nie przepuszcza pewnych substancji. W niektórych przypadkach błona na pewien czas staje się przepuszczalna dla substancji, które przedtem zatrzymywała, postępuje ona, jakby posiadała wrota, które w miarę potrzeby mogą otwierać się lub zamykać.

Protoplazma, stanowiąca niezbędną treść każdej żywej komórki, jest substancją półpłynną, czasem nawet galaretowatą. Jest to bardzo skomplikowana i zmienna mieszanina różnych ciał chemicznych, w jej skład wchodzi dużo wody, wiele rozpuszczalnych w wodzie soli oraz różne białka, tłuszcze i węglowodany. Pod mikroskopem protoplazma wygląda jak nieco mętnawa drobnoziarnista masa. Uwydatnić jej różne składniki udaje się po zastosowaniu specjalnych metod zabijania i barwienia komórki. Wtedy dostrzegamy wyraźnie, że w protoplazmie zawieszone są różnego rodzaju ciałka, nazwane ogólnie w t r ą t a m i.

Każda komórka w pełni swej działalności życiowej wciąż pobiera pewne substancje z zewnątrz, przetwarza je i wydala odpadki, tak samo jak każdy organizm pobiera pokarm, trawi go i wydala części niepotrzebne. Wyrazem zaś tych przemian wewnątrzkomórkowych jest właśnie obecność w protoplazmie ziarnek, włókienek, pęcherzyków itp. Do nich należą wodniczki, czyli pęcherzyki napełnione cieczą, krople tłuszczu, ziarnka barwika, kryształy, ziarna mączki, u roślin ciałka zieleni, którym liście zawdzięczają swoją barwę, i wiele innych.

Bardzo wiele komórek należy uważać za miniaturowe fabryki chemiczne, produkujące najrozmaitsze potrzebne ustrojowi substancje. Są to komórki gruczołowe. Komórki gruczołów ślinowych wytwarzają ślinę, komórki na wewnętrznej ścianie żołądka wytwarzają sok żołądkowy, komórki jelita produkują różne substancje służące do trawienia pokarmu, komórki wątroby wytwarzają wiele różnych substan-

cji, komórki gruczołowe skóry produkują pot i łój. Jak w fabryce istnieje dowóz surowca, przetwarzanie go na gotowe wyroby i wywożenie odpadków produkcji, tak każda komórka gruczołowa pobiera pokarm, przetwarza go w najrozmaitszy sposób i wydala składniki niepotrzebne, a wszystkie te przemiany dokonywują się w protoplazmie. Zrozumiałe jest, że zależnie od rodzaju czynności komórki oraz od jej chwilowego stanu wygląd protoplazmy zmienia się w wysokim stopniu.

Obok tego znamy szereg komórek, niejako wyspecjalizowanych w pewnym kierunku i posiadających w protoplazmie pewne stałe składniki. Tak np. barwa skóry i włosów naszych zależy od obecności rozgałęzionych komórek barwikowych, których protoplazma napełniona jest ziarnkami brunatnego barwika. U zwierząt, łatwo zmieniających barwę skóry, np. u fląder, które są jasne, gdy leżą na dnie piaszczystym, ciemne zaś, gdy je umieścić na podłożu ciemnym, zmiany barwy zależą od wędrówki ziarnek barwika, bądź rozpełzających się po wszystkich rozgałęzieniach komórki, bądź też skupiających się w jej środku. W komórce mięśniowej, która ma postać wydłużonego włókna, protoplazma składa się z wiązki bardzo cienkich włókienek kurczliwych.

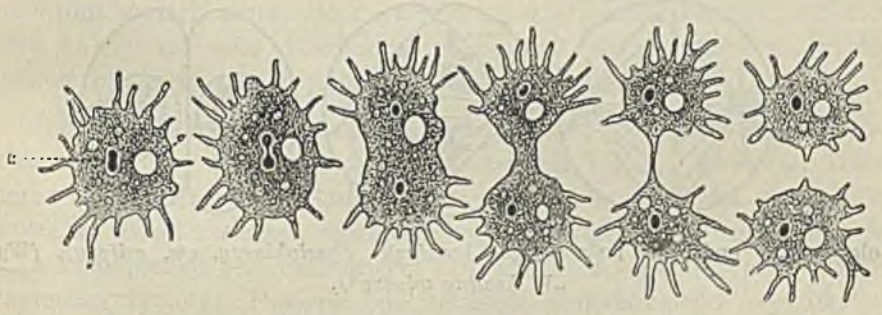
Komórka nerwowa posiada stosunkowo bardzo długi wyrostek — włókno nerwowe — za którego pośrednictwem podrażnienie, odebrane przez komórkę, udziela się innym komórkom. Protoplazma tego włókna zawiera wiązkę bardzo subtelnych włókienek, tworzących oś włókna, na zewnątrz zaś włókno jest ochronione skomplikowanymi błonami, zupełnie jak przewodnik prowadzący do lampy elektrycznej posiada wewnątrz wiązkę cienkich drucików, na powierzchni zaś jest otoczony kilkoma warstwami izolacyjnymi.

Stałym składnikiem komórki żywej jest jądro. W większości przypadków jądro, uwidocznione za pomocą specjalnego barwienia, ma kształt kulisty bądź elipsoidalny, rzadziej pałeczkowaty, paciorkowaty lub rozgałęziony. Z reguły jądro jest pojedyncze, rzadko tylko spotykamy komórki wielojądrzaste. Posiada ono własną błonę, odgraniczającą je od protoplazmy. Zawartość jądra jest nieco gęstsza od protoplazmy komórkowej, różni się też dość znacznie pod względem chemicznym.

W skład jądra wchodzi substancja, bogata w fosfor, odznaczająca się szczególnie silną zdolnością wchłaniania różnych barwików. Substancję tę, dzięki której jądro potrafimy uwydatnić, nazwano chromatyną. Jak wynika z licznych badań, w życiu komórki jądro odgrywa bardzo ważną rolę. Jest ogromnie trudnym zada-

niem wyjaśnić rolę i znaczenie poszczególnych składników komórki. Nie zapominajmy, jak bardzo drobna jest komórka i jak trudno jest powiedzieć coś o czynnościach życiowych jej składnika, który możemy dostrzec dopiero po zabiciu i zabarwieniu komórki. Musimy uciekać się do dróg okólnych, nieraz bardzo zawiłych. Próby rozcinania komórki dowiodły, że tylko część komórki zawierająca jądro jest zdolna do życia. Bezjądrowy odcinek przez krótki tylko czas może wykonywać czynności życiowe, potem zaś zamiera. Widzimy to szczególnie jasno na przykładzie komórek nerwowych. Jeśli przeciąć wyrostek nerwowy takiej komórki, cały jego odcinek, oddzielony od ciała komórkowego, a tym samym od jądra, ulega degeneracji. Natomiast część związana z jądrem żyje i może wzrastać, zastępując stopniowo odcinek zanikły.

We włoskach roślinnych, składających się z jednej komórki, a szybko rosnących na wolnym końcu, jądro leży także na końcu komórki w strefie wzrostu. Czyli tam, gdzie odbywa się najżywsza dzia-



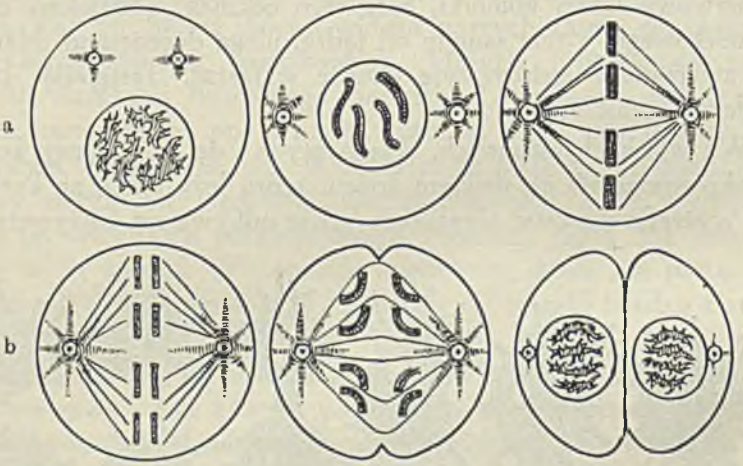
PODZIAŁ PEŁZAKA JAKO PRZYKŁAD PODZIAŁU BEZPOŚREDNIEGO *(amitotycznego)*. k — jądro, v — wodniczka tętniąca *(Wg „W krainie wiedzy")*.

łalność komórki, obecne jest także jądro. Podobnie w komórkach gruczołowych jądro leży w tym punkcie komórki, w którym odbywa się najżywsza czynność wydzielania. Wszystko to wskazuje na ważny udział jądra w procesach życiowych komórki. Wiemy obecnie, że jądro bierze udział w procesach trawienia i oddychania komórki.

Ale specjalne znaczenie posiada jądro w procesach rozmnażania się komórek. Znamy dwa zasadnicze typy podziału komórkowego. P o d z i a ł b e z p o ś r e d n i sprowadza się do prostego rozdzielania się komórki na dwie. Podział taki zawsze poprzedza podobny proces podziału jądra wewnątrz komórki. Podział bezpośredni jest zjawiskiem stosunkowo rzadkim, ogromna większość komórek dzieli się w sposób daleko bardziej skomplikowany, nazwany p o d z i a ł e m

pośrednim *(mitozą)*. Nie możemy tu opisywać wszystkich przemian zachodzących w komórce w trakcie mitozy. Poprzestaniemy na udziale jądra w tym zjawisku.

Już w okresie poprzedzającym podział chromatyna jądra, dotąd rozproszona w postaci drobnych ziarnek, zaczyna zbijać się w coraz to większe grudki, które łączą się ze sobą początkowo na kształt paciorków nanizanych na nić, potem zaś zlewają się w długą, kilkakrotnie skręconą wstęgę, zwiniętą na podobieństwo kłębka. Następnie kłę-



Kolejne fazy podziału pośredniego komórek *(kariokinezy,* ew. *mitozy). (Wg „W krainie wiedzy").*

bek ten rozpada się na pewną liczbę odcinków, zwanych chromosomami.

Każdy chromosom rozszczepia się podłużnie na dwie ściśle jednakowe połowy i skoro ciało komórkowe zaczyna się dzielić na dwoje, okazuje się, iż każda z dwóch komóreczek, powstających z podziału, posiada tę samą liczbę chromosomów. Staje się to możliwe dzięki temu, że jedna połowa każdego chromosomu skierowuje się do jednej z dwóch komórek, druga zaś do drugiej. Wskutek istnienia takiego mechanizmu podziałowego, po zakończonym podziale pośrednim obie powstające komórki posiadają taką samą liczbę chromosomów, jaką posiadała dzieląca się komórka. Jest to ciekawy i ważny szczegół.

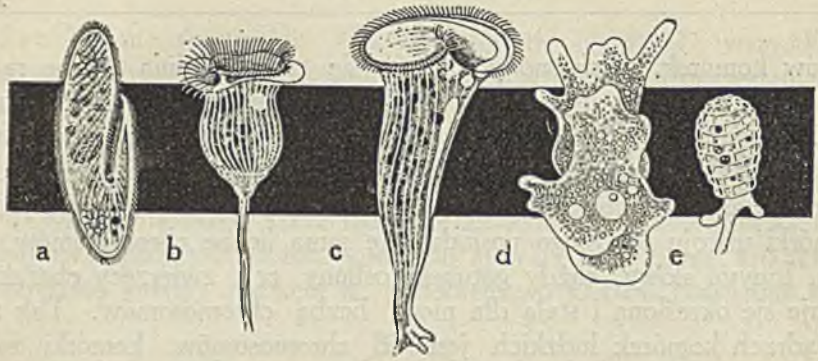
Każdy ustrój żywy powstaje z jednej komórki, która dzieli się wielokrotnie. Zwierzę powstaje z jaja, czyli z pojedynczej komórki. Zanim jajo przekształci się w dorosły organizm, zbudowany z 30 bi-

lionów komórek, musi ono podzielić się odpowiednią liczbę razy, a każda z komórek ustroju jest potomkiem pierwotnej komórki jajowej. Wszystkie te bardzo liczne podziały są podziałami pośrednimi, w których liczba chromosomów jądra pozostaje niezmieniona, gdyż każdy chromosom rozszczepia się na dwa. Wynika stąd, że wszystkie komórki ustroju dorosłego posiadają tę samą liczbę chromosomów, co jajo. Innymi słowy, każdy gatunek roślinny czy zwierzęcy charakteryzuje się określoną i stałą dla niego liczbą chromosomów. Tak np. w jądrach komórek ludzkich jest 48 chromosomów, komórki salamandry posiadają po 24 chromosomy, jeżowca morskiego 36 chromosomów, lilii 24 chromosomy.

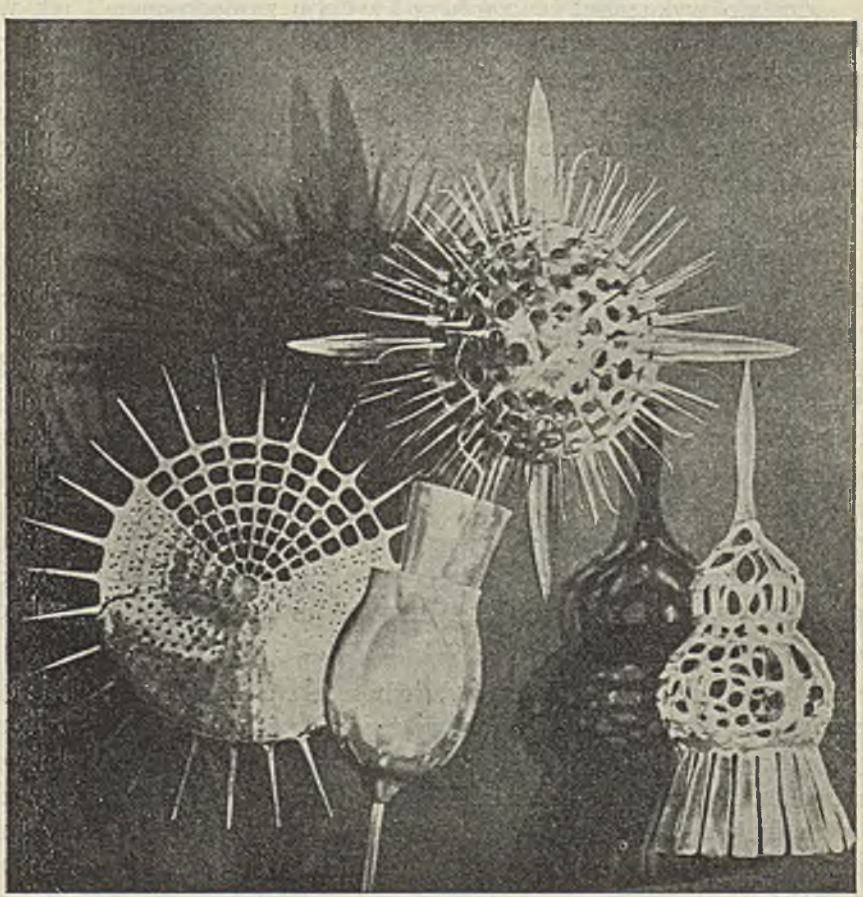
Zostało wykazane, że zarówno w jaju zapłodnionym, jak we wszystkich komórkach ustroju dorosłego połowa chromosomów pochodzi od matki, połowa zaś od ojca. Fakty te w związku z szeregiem faktów z dziedziny rozwoju i dziedziczności wskazują na to, że w chromosomach mamy do czynienia ze składnikami komórki, od których zależy zjawisko dziedziczenia. Tej bardzo obszernej i zawiłej sprawy nie będziemy tu jednak omawiali.

Nieskończenie urozmaicone są zależności pomiędzy komórkami. Znamy bardzo wiele mikroskopijnie małych roślin i zwierząt, które przez całe swoje życie składają się z jednej tylko komórki. Są to pierwotniaki wśród zwierząt, niektóre glony i grzybki wśród roślin. Każda taka komóreczka jest całkowitym organizmem, pełniącym wszelkie czynności życiowe. Posiada ona zdolność samodzielnego wyszukiwania pokarmu, pochłaniania go i trawienia, posiada zdolność samodzielnego ruchu; komórka oddycha i wydala odpadki swej działalności życiowej, posiada urządzenia, które jej pozwalają na odróżnienie światła od ciemności, ciepła od zimna, pozwalają reagować w różnorodny sposób na bodźce świata zewnętrznego, unikać czynników szkodliwych, a czynnie wyszukiwać korzystnych.

Pomimo drobnych wymiarów, komóreczki takie, których wiele tysięcy zmieściłoby się na powierzchni zajętej przez jedną tylko literę tej książki, są całkowitymi, samodzielnymi i samowystarczalnymi organizmami. Najdrobniejsze wśród nich — bakterie — grają olbrzymią rolę w ekonomii przyrody. Za ich sprawą odbywają się procesy gnicia i rozkładu ciał organicznych, one to pilnują, aby wszystkie substancje, pobrane przez organizmy ze świata zewnętrznego, po śmierci ustrojów powróciły do tego świata i mogły posłużyć za materiał budulcowy dla innych powstających organizmów. Tym niewidzialnym



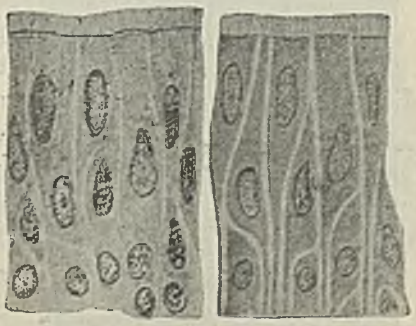
PIERWOTNIAKI. Wymoczki: a. pantofelek, b. wirczyk, c. stentor. Korzenionóżki: d. ameba, e. diflugia.



PIĘKNO PRZEJAWIAJĄCE SIĘ W BUDOWIE JEDNOKOMÓRKOWCÓW. Widzimy również, że nawet jednokomórkowce są ustrojami niezmiernie skomplikowanymi. *(Wg „Die Wunder des Lebens").*

pracownikom, których znajdziemy w każdej kropli wody i w każdej cząstce kurzu, zawdzięczamy równowagę świata. Wiele bakterii należy do naszych groźnych wrogów, a takie choroby, jak tyfus, cholera, wąglik, gruźlica i bardzo wiele innych, mają swoją przyczynę w zakażeniu ustroju bakteriami. Organizm posiada jednak różne środki obrony przed bakteriami, a jeden z najpotężniejszych, to obrona komórkowa.

We krwi naszej posiadamy bardzo liczne komóreczki, nazwane białymi ciałkami krwi, które mogą przebijać się przez ściany naczyń krwionośnych i wędrować po całym ciele. Rzucają się one gromadnie na przenikające do organizmu bakterie chorobotwórcze i pożerają je. Gdyby nie one, każde najdrobniejsze skaleczenie, na które nie zwracamy nawet uwagi, mogłoby doprowadzić do zakażenia krwi, gdyż wszelkie skaleczenie pociąga za sobą przenikanie do krwi jakichś bakterii, te zaś znajdują we krwi doskonałe warunki życia i mnożenia się.



PRZYKŁADY TKANKI NABŁONKOWEJ. Dwa różne nabłonki migawkowe z ludzkich przewodów oddechowych. *(Wg Merkla „Die Anatomie des Menschen").*

Jeśli wolna komórka bakteryjna lub pierwotniacza jest samowystarczalnym organizmem o pełni zdolności życiowych, to inaczej dzieje się w ustrojach wielokomórkowych. Tu różne komórki ciała obejmują poszczególne czynności, jedne z nich służą sprawom oddechowym, inne sprawom produkowania najrozmaitszych substancji, potrzebnych organizmowi, jeszcze inne zajmują się przerabianiem i wydalaniem odpadków.

W związku zaś z panującą w ustroju organizacją i z podziałem pracy między komórkami, same komórki wykształcają się w różnych kierunkach, stając się mniej lub więcej wąskimi specjalistami. Komórki różnego rodzaju nie są w ustroju pomieszane bezładnie, lecz tworzą zespoły. Taki zespół komórek podobnych, pełniących zasadniczo tę samą czynność, nazywamy t k a n k ą.

Do najprostszych tkanek należy t k a n k a n a b ł o n k o w a, której głównym zadaniem jest ochrona, pokrycie ciała i wszystkich jego narządów. W związku z tym komórki nabłonka tworzą zespół

zwarty, w którym poszczególne komórki szczelnie przylegają do siebie, bez luk i przerw, zgniatając się wzajemnym ciśnieniem. Nabłonek, złożony z wielu warstw komórkowych, pokrywa naszą skórę.

Nabłonek wyścielający wewnętrzną powierzchnię żołądka i jelit jest nie tylko tkanką okrywającą, ale także tkanką gruczołową. Jego komórki produkują i wydzielają soki trawienne. Przy tym panuje wśród nich daleko posunięta specjalizacja. Komórki nabłonka żołądkowego wydzielają sok żołądkowy, komórki jelita wydzielają zupełnie odmienny sok jelitowy. Są to twory jednostronnie wyspecjalizowane, żadna z nich nie potrafi, jak wolna komórka pierwotniacza lub bakteryjna, pełnić wszystkich czynności życiowych.

PRZYKŁAD TKANKI ŁĄCZNEJ — CHRZĄSTKA SZKLISTA. Istota międzykomórkowa jednorodna, bez włókien. *(Wycinek z chrząstki tarczowatej cielęcia). (Wg Merkla „Die Anatomie des Menschen").*

Inne nabłonki mają inną ważną czynność: umieszczone na powierzchni ciała, służą one do odbierania bodźców i wpływów świata zewnętrznego. Oko nasze widzi dlatego, że promienie świetlne padają w nim na powierzchnię nabłonka wrażliwego na światło. Nabłonek transmituje otrzymany bodziec za pośrednictwem nerwów do mózgu. Odczuwamy zapachy, gdyż różne ciała lotne, unoszące się w powietrzu, przenikają do jamy nosowej i tam podrażniają wyścielający ją nabłonek.

Wszelkie działania otaczającego nas świata stają się dla nas dostrzegalne dzięki nabłonkom, które są na nie wrażliwe. I w tym przypadku istnieje bardzo ścisła specjalizacja. Nabłonek skóry może odbierać wrażenia dotykowe lub wrażenia ciepła i zimna, ale nie jest wrażliwy na światło, nabłonek oka odbiera i przetwarza bodźce świetlne, ale nie reaguje na zapachy i dźwięki.

W porównaniu z wolną komórką pierwotniaczą, komórki tkanko-

we są więc upośledzone, potrafią wykonywać tylko niektóre czynności. Ale za to te swoje czynności zdołają wykonywać o wiele subtelniej. To samo dzieje się przecież w społeczności ludzkiej, gdzie jeden potrafi grać na fortepianie, a drugi kuć młotem i nie mogą zastąpić się wzajemnie. Zarazem specjalizacja idzie w parze z dokładniejszym opanowaniem wykonywanej czynności.

Inny typ tkanki stanowi tkanka łączna. Jak wskazuje jej nazwa, wypełnia ona przestrzeń pomiędzy innymi tkankami, nadaje narządom ciała spoistość. Komórki tkanki łącznej nie przylegają do siebie i nie tworzą zwartego zespołu, jak w nabłonkach. Pomiędzy nimi zaś leży substancja międzykomórkowa, która w pewnych przypadkach ma własności galarety, w innych zawiera liczne wiązki elastycznych włókienek. Chrząstka i kość także są odmianami tkanki łącznej. W chrząstce substancja międzykomórkowa jest twarda i elastyczna, trochę na podobieństwo rogu, w kości przepojona jest solami wapiennymi, nadającymi jej sztywność. W kości poszczególne komórki, oddalone od siebie, łączą się za pośrednictwem długich i cienkich wyrostków, przenizujących twardą substancję kostną.

PRZYKŁAD TKANKI ŁĄCZNEJ WŁÓKNISTEJ. Komórki wielokątne są to t. zw. fibroblasty — komórki twórcze tej tkanki. Reszta komórek widocznych między włóknami — to białe ciałka krwi i komórki tuczne. Włókna występują w dwóch postaciach: cienkich, bardzo odpornych na działanie czynników chemicznych (t. zw. włókna sprężyste) oraz szerokich, taśmowatych, t. zw. klejowatych. *(Wg Merkla).*

Tkanka mięśniowa złożona jest z komórek mających postać wydłużonych włókien, które układają się w równoległe wiązki. Czynnością tej tkanki jest kurczenie się włókienek, które jest przyczyną wszystkich ruchów naszego ciała. Ruchy rąk i nóg zależą od skurczu mikroskopijnych komórek tworzących nasze mięśnie. Ruchy żołądka i jelit mają swoją przyczynę w skurczu włókienek mięśniowych wchodzących w skład ich ścianek.

Osobne miejsce wśród tkanek zajmuje tkanka nerwowa. Ma ona za zadanie zjednoczenie czynności ustroju. Jest niejako centralą, która czuwa nad sprawnym wykonywaniem czynności życio-

wych, uruchamia lub wstrzymuje pewne procesy, zawsze w interesie całości. Jej włókna przenikają do najodleglejszych zakątków ustroju, „wiedzą" wszystko, co się w organizmie dzieje. Gdyby unieruchomić w jakiś sposób tkankę nerwową, życie stałoby się niemożliwe, jak niemożliwe jest istnienie społeczeństwa, w którym każdy członek postępuje, jak mu się podoba, nie uznając żadnego porządku społecznego, żadnych praw i przepisów.

RÓŻNE RODZAJE KOMÓREK SPOTYKANYCH W CIELE LUDZKIM. 1. Komórki kostne. 2. Poprzecznie prążkowane włókna mięśniowe. 3. Gładkie włókna mięśniowe. 4. Włókna mięśniowe serca. 5. Jednowarstwowy nabłonek płaski. 6. Wielowarstwowy nabłonek płaski. 7. Włókna tkanki łącznej. 8. Tkanka tłuszczowa: *a. komórki tłuszczowe*, b. *komórki tkanki łącznej*. 9. Ciałka krwi: a. czerwone ciałka krwi, b. białe ciałka krwi (1. leukocyty, 2. limfotycy), c. płytki krwi. 10. Komórka nerwowa.

Tak więc wszystkie nasze czynności, od najgrubszych do najsubtelniejszych, są wykonywane za pośrednictwem komórek. Dlatego badania przejawów życiowych komórki, jak jej odżywiania się, wzrostu, procesów trawienia, wydalania, oddychania, pobudliwości, ruchu, mnożenia się, mają olbrzymie znaczenie dla zrozumienia funkcjonowania ustroju żywego. Zarazem, jak zwykłe, normalne czynności ciała są wykonywane przez komórki, tak wszystkie nasze choroby są schorzeniami jakichś komórek. Toteż poznanie wrażliwości komórek na czynniki szkodliwe, poznanie zmian zachodzących w komórkach pod wpływem procesów chorobowych, jak i znajomość sposobów, za których pomocą komórka walczy z chorobą, mają pierwszorzędną wagę dla nauki lekarskiej. Zrozumiałe więc jest, że nauka o komórce, zwana cytologią, stanowi obecnie jedną z najobszerniejszych i najbardziej rozbudowanych nauk biologicznych.

BUDOWA I CZYNNOŚCI CIAŁA LUDZKIEGO

OPRACOWAŁ:
ZESPÓŁ REDAKCYJNY

KOŚCI I STAWY

WIADOMOŚCI OGÓLNE

Ciało ludzkie przedstawia gigantyczną budowlę, wzniesioną z kilkudziesięciu bilionów drobniutkich, delikatnych komórek. Maleńkie te twory, zgrupowane w najróżnorodniejsze układy, tworzą świetnie powiązaną, harmonijną całość.

Cała ta ogromna a miękka masa komórek zapadłaby się jednak pod własnym ciężarem, gdyby jej nie podpierały mocne filary i sklepienia z twardego, trwałego materiału o dużej wytrzymałości. Materiał ten stanowią kości.

Rusztowanie kostne umożliwia człowiekowi utrzymywanie ciała w postawie pionowej i decyduje o jego kształcie zasadniczym. Dlatego to od czasów najdawniejszych szkielet ludzki był przedmiotem zainteresowania nie tylko lekarzy, ale i artystów-malarzy i rzeźbiarzy.

Również wszelkie ruchy — chodzenie, przeginanie się, bieg, skoki — aż do najbardziej precyzyjnej pracy rąk umożliwiają nam nasze 222 kości wespół z mięśniami. One też stanowią pancerz ochronny naszych narządów wewnętrznych.

Ta główna podpora i ochrona ciała ludzkiego nie jest jednak tworem martwym. Kości nasze żyją, rosną i rozwijają się wedle ściśle ustalonych praw. Najoczywistszym objawem ich życia jest zdolność zrastania się i gojenia w razie złamania. Tego rodzaju właściwości są wyłącznym przywilejem materii żywej. Uszkodzone auto nie może samo dokonać na sobie naprawy. „Żywa maszyna" natomiast nosi niejako ze sobą swój warsztat reparacyjny.

Kości nasze są znakomicie przystosowane do wyznaczonych im funkcji zarówno swą budową, jak i składem chemicznym. Można w nich, mianowicie, wyróżnić dwa zasadnicze elementy składowe: białą, twardą masę — związek soli wapiennych — i masę miękką choć zwartą — t. zw. o s s e i n ę *(kostninę)*.

Jeśli włożyć kość do rozcieńczonego kwasu solnego, sole wapien-

ne rozpuszczą się, a pozostanie elastyczna, giętka masa. Choć zachowuje ona nadal kształt kości, można ją do woli wyginać a nawet krajać nożem. Wręcz przeciwny proces dokona się, jeśli włożymy kość do ognia. Miękka, elastyczna masa zniknie, a pozostanie porowata, krucha masa wapienna. Ten to właśnie element mineralny kości zdoła przetrwać niekiedy długie wieki, a nawet tysiąclecia całe czy bodaj — w szczęśliwych wypadkach, po połączeniu się ze składnikami gleby i skamienieniu — nawet miliony lat po śmierci organizmu. Oto już dawno uległy rozkładowi mięśnie i wnętrzności, a kości pozostały nietknięte, zachowując nadal swój kształt pierwotny. Na podstawie zachowanych szkieletów zwierząt z odległych epok snują też uczeni wnioski dotyczące ówczesnego świata zwierzęcego.

KOŚCI. 1. Kość poddana działaniu ognia. 2. Kość w stanie zwykłym. 3. Kość „odwapniona".

Twarda masa wapienna nadaje kości twardość, moc, wytrzymałość, osseina zaś — niemniej ważną i pożądaną elastyczność.

Wytrzymałość kości ludzkich jest nieprawdopodobnie duża. Stwierdzono np. doświadczalnie, że kości nóg nie załamują się nawet pod ciężarem 1650 kg. Możnaby więc na każdej z nich oprzeć platformę dźwigającą 20 ludzi.

Wytrzymałość sama przez się, jakkolwiek godna podziwu, nie pozwalałaby jednak kościom spełniać nader trudnego zadania. Wiadomo, że najczęściej ciała o dużej wytrzymałości nie są trwałe, np. szkło. Nikomu chyba na myśl nie przyjdzie sporządzić stołu o szklanych nogach. Dlaczego? Odpowiedź jest prosta: szkło jest kruche, łamliwe.

Kości nasze odznaczają się też poza wytrzymałością jeszcze elastycznością, którą, jak już wiemy, zawdzięczają osseinie.

Sole wapienne stanowią $^2/_3$, a osseina $^1/_3$ masy kostnej.

Rzecz znamienna, że stosunek ilościowy obu tych składników nie jest jednakowy w poszczególnych okresach życia. W dzieciństwie, zwłaszcza wczesnym, soli wapiennych jest mniej, miękkiej masy kostnej zaś — więcej. Jest to korzystne o tyle, że pośliźnięcie czy upadek, w tym okresie życia tak częste, nie grożą dziecku złamaniem kości. Zarazem jednak wskutek dużej giętkości kości dziecięce łatwo mogą

ulec zniekształceniu. Płyną stąd ważne wskazania praktyczne. Należy dbać o to, aby niemowlęta nie były krępowane, miały możliwie największą swobodę ruchów, mogły łatwo zmieniać pozycję. Z tych samych względów dziecko nie powinno być trzymane zbyt długo na tym samym ręku przez piastunkę. Dzieci nie powinny też nosić ciężkich ręcznych tornistrów, w szkole należy baczną uwagę zwracać na właściwą postawę dziecka podczas czytania, pisania itp.

Z biegiem lat zwiększa się zawartość soli wapiennych w kościach na niekorzyść osseiny. Wiadomo, że u ludzi starszych wystarczy niekiedy niewłaściwe postawienie nogi czy najlżejszy bodaj upadek, aby kość uległa złamaniu.

W samym zaraniu i u schyłku życia wykazują więc kości pod względem składu chemicznego pewne charakterystyczne odchylenia. Poprzez cały jednak okres młodości i wiek dojrzały właściwy stosunek soli wapiennych i osseiny jest zachowany. Obie wspaniałe właściwości kości — wytrzymałość i elastyczność — są wtedy powiązane harmonijnie.

Rozmieszczenie masy kostnej w poszczególnych kościach jest wzorem celowości.

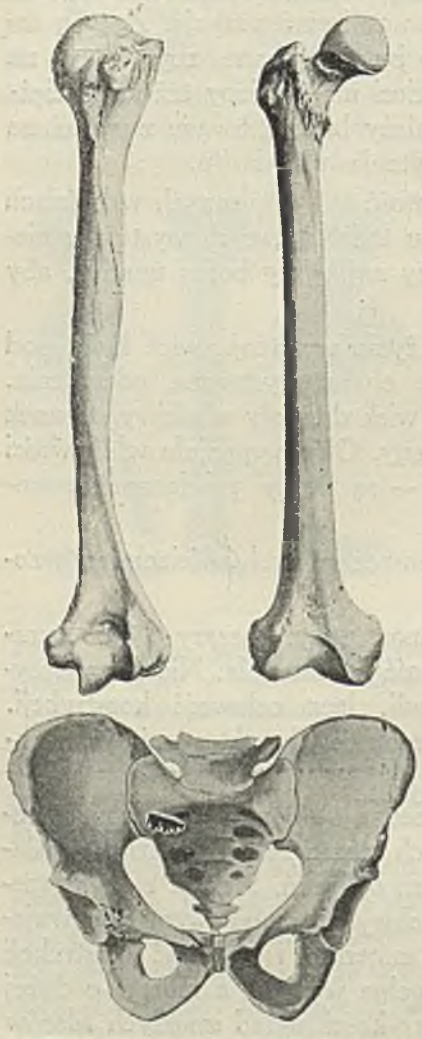
Inżynierowie, chcąc przerzucić most przez obszary wód, starają się o możliwie największą oszczędność w materiale. Nie masa decyduje bowiem o wytrzymałości budowli, lecz celowość konstrukcji. Współczesne mosty — to arcydzieła techniki. Charakteryzują je smukłe, lekkie, niemal powiewne kształty.

Inżynierów wspomaga jednak wiedza — owoc wieloletnich studiów. Szczęśliwe rozwiązanie trudnych zagadnień technicznych osiągają oni drogą nader skomplikowanych obliczeń. Natura zaś wyprzedziła najtęższe ludzkie umysły. Z zachwytem i podziwem obserwujemy niezwykle oszczędne wyzyskanie materiału i celowość konstrukcji naszych kości. Podobnie jak lekkie, pełne wdzięku a mocne, o dużej sile nośnej mosty, przedstawiają i nasze kości układ smukłych filarów i delikatnych wiązań.

Cały zespół kości wchodzących w skład naszego rusztowania kostnego można podzielić na 3 grupy: 1) długie i rurowate, 2) płaskie, 3) różnokształtne.

Przepiłowanie wzdłuż jednej z kości długich, np. goleniowej (t. j. przedniej kości nogi ludzkiej) pozwala stwierdzić, że wewnątrz jest ona wydrążona, wypełniona luźną, obfitującą w tłuszcz substancją, t. zw. szpikiem kostnym.

W kościach płaskich i różnokształtnych brak części zupełnie wydrążonej, szpik wypełnia w nich jamki przedzielające masę kostną.



PRZYKŁADY KOŚCI DŁUGICH I PŁASKICH. U góry: kości długie; na lewo — kość ramieniowa, na prawo — kość udowa. U dołu: miednica i krzyżowa część kręgosłupa; szerokie, płaskie części — kości biodrowe są doskonałym przykładem kości płaskich.

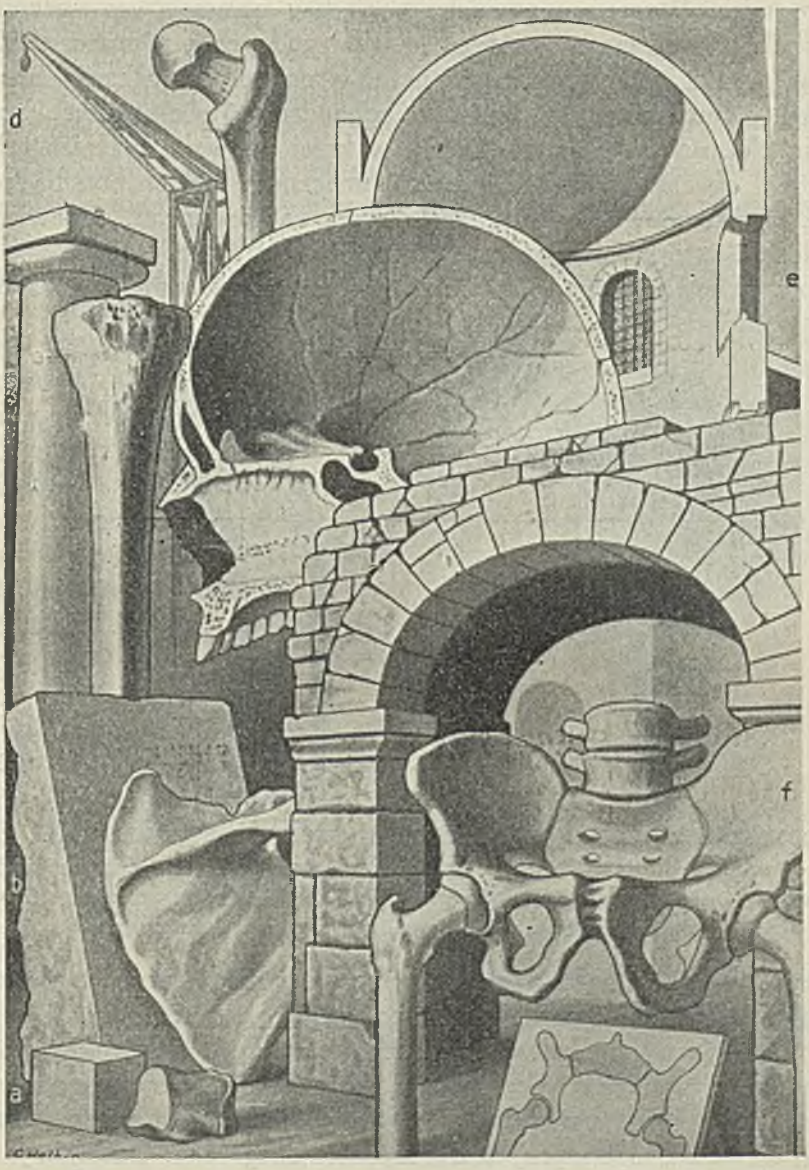
Taka budowa wewnętrzna nadaje kościom jeszcze jedną cenną właściwość — lekkość. Masywny zespół kości przedstawiałby ciężar o wiele większy, który by oczywiście utrudniał ruchy ciała.

Ściany kości są twarde, niemal jak kamienie. Kości długie — filary naszego ciała — budową swą przypominają więc kolumny, jeden z głównych elementów konstrukcyjnych architektów.

Wydrążone rury o twardych, mocnych ścianach spełniają najlepiej zadanie dźwigania czy podpierania ciężarów. Jest bowiem prawdą dowiedzioną doświadczalnie, że wytrzymałością przewyższają one znacznie masywne sztaby. Już Galileusz tłumaczył przy pomocy tej zasady budowę szkieletów zwierzęcych i roślinnych.

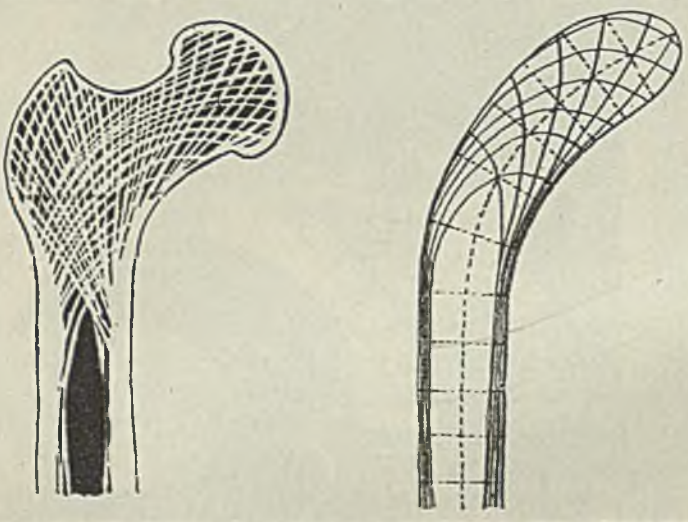
Rozszerzone końce czyli nasady kości długich oraz całe wnętrze kości płaskich i różnokształtnych przedstawiają układ cieniutkich beleczek, powiązanych ściśle według zasad mechaniki.

Zagadnienie zgodności budowy naszych kości z prawami techniki budowniczej absorbowało zawsze umysły uczonych, zarówno anatomów, jak i matematyków. I oto udało się dwóm badaczom zgodność tę stwierdzić. Anatom Hermann von Meyer i matematyk Culmann spotkali się przypadkowo w Zurychu. Obu nurtowało zagadnienie, czy i o ile budowa naszych kości odpowiada zasadom obowiązującym



PODOBIEŃSTWO UKŁADÓW KOŚCI LUDZKICH DO ELEMENTÓW TECHNIKI BUDOWNICZEJ. a. Kości bryłowate, sześcienne (trzony kręgów, kości nadgarstka i stępu). b. Płyty kostne (łopatki, kości biodrowe itd.). c. Kości — kolumny (kość goleniowa itp.). d. Kość udowa — „żuraw". e. Sklepienie kostne czaszki — kopuła. f. Kości udowe łącznie z miednicą — łuk sklepiony. Pod nim — schemat miednicy w przekroju, przedstawiający budowę łuku sklepionego. *(Wg F. Kahna).*

w technice. Wzajemna wymiana poglądów nasunęła im szczęśliwą myśl doświadczalnego uzasadnienia ich zgodnych przypuszczeń. Culmann polecił jednemu ze swych uczniów dokonanie obliczeń i sporządzenie planu konstrukcji, która by odpowiadała obciążeniom i rozłożeniu ciężarów, zaobserwowanemu w kości udowej. Inżynier-technik dokonał obliczeń, nic nie wiedząc o ubocznych celach obu badaczy. Cóż się okazało? Oto konstrukcja, jaką zaproponował, odpowiadała ściśle budowie kości udowej. Nie ulegało już zatem wątpliwości, że natura wznosi swe żywe „budowle" zgodnie z prawami fizyki i mate-



ZGODNOŚĆ BUDOWY KOŚCI Z ZASADAMI TECHNIKI BUDOWNICZEJ. Na lewo — schemat ułożenia beleczek kostnych w górnej nasadzie kości udowej. Na prawo — projekt konstrukcji, odpowiadającej co do celu i przeznaczenia nasadzie kości udowej, oparty na wyliczeniach technicznych.

matyki, osiągając na tej samej drodze, co nasi budowniczowie, maksymalne obciążenie przy minimalnym zużyciu budulca.

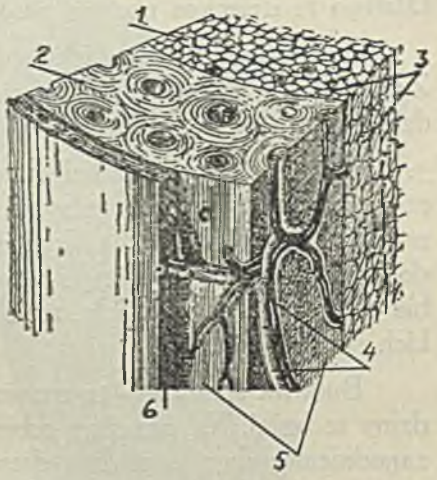
Poznawszy ogólne zasady budowy kości nie zgłębiliśmy jeszcze bynajmniej tajemnicy, jaką kryją w sobie te podstawowe elementy naszego ciała. Kości zawierają w swym wnętrzu cały szereg wspaniałych urządzeń, niedostępnych dla nieuzbrojonego oka. Odsłania je nam dopiero mikroskop.

W kości oglądanej przez mikroskop uderza przede wszystkim splot długich rureczek, t. zw. kanalików Haversa. Są one otoczone koncentrycznymi warstwami masy kostnej. Na granicy poszczególnych warstw umieszczone są komórki, które łączą się między sobą drobnymi szczelinami w masie kostnej. Przekrój kanalika wraz

z otoczeniem przypomina przecięty pień drzewa i pierścienie ułożone wokół rdzenia drzewnego, po których poznajemy wiek drzewa.

Między komórkami znajduje się substancja międzykomórkowa, stanowiąca właściwą materię kostną. Jest to znana nam już osseina.

Kanaliki Haversa są niejako ośrodkiem życia kości. Wewnątrz nich biegną naczynia krwionośne i limfatyczne, wiozące tkance kostnej pokarm i tlen, przez nie w głąb kości zmierzają nerwy. Dokoła nich skupiły się też żywe komórki. Jedne z tych komórek rozwijają działalność z natury swej niszczycielską, dla kości jednak dobroczynną: powodują stały rozkład tkanki kostnej i współdziałają w nieustannej wymianie soli mineralnych. Pracę tych „burzycieli kości" równoważy inny zespół komórek, za sprawą których odbywa się stale proces powstawania coraz to nowych zasobów tkanki kostnej.



SCHEMAT BUDOWY KOŚCI. 1. i 3. Istota gąbczasta kości. 4. Naczynia krwionośne w kanalikach Haversa. 2. i 5. Istota spoista kości. 6. Okostna.

Tak oto współdziałają w ciele naszym elementy zasadniczo sprzeczne, dając jako wypadkową całość harmonijną, spełniającą swe funkcje z zadziwiającą sprawnością.

Z zewnątrz obleka każdą kość miękka, włóknista błona, t. zw. o k o s t n a. Poprzez tę osłonę kości przedostają się naczynia krwionośne do kanalików Haversa. Okostna pozostaje bowiem w bezpośredniej łączności z większymi rozgałęzieniami naczyń krwionośnych, które użyczają jej części swych odnóg. Te zaś, rozgałęziając się, przenikają kanalikami Haversa w głąb kości. Okostna stanowi więc niejako wrota, przez które dostają się do kości soki odżywcze. W razie poważnych uszkodzeń okostnej ogołocone z niej części całkowicie obumierają.

Rzecz jasna, że i soli mineralnych dostarczają kościom pokarmy, doprowadzane przez krew. Nieracjonalne odżywianie może więc pozbawić kości swoistej twardości i mocy. Na tle niedostatecznej zawartości soli wapiennych w kościach rozwija się bardzo rozpowszechniona wśród dzieci źle odżywianych choroba, zwana k r z y w i c ą

(w języku potocznym — *choroba angielska*). Kości dzieci dotkniętych tym schorzeniem są miękkie, giętkie, łatwo więc ulegają różnym zniekształceniom. Zdawałoby się, że najłatwiej zapobiec tej chorobie dostarczając organizmowi dostatecznych ilości soli wapiennych. W rzeczywistości jednak sprawa nie jest tak prosta. Pokarmy spożywane muszą nadto zawierać t. zw. witaminę*) przeciwkrzywiczą. Stwierdzono jej obecność w mleku, maśle, jajach, a zwłaszcza w tranie rybim. Dlatego to dzieciom chorym na krzywicę zaleca się tran.

Poznaliśmy więc zasadę budowy i źródła energii życiowej kości. Zajmiemy się z kolei ich wzajemnym powiązaniem i zgodnym współdziałaniem.

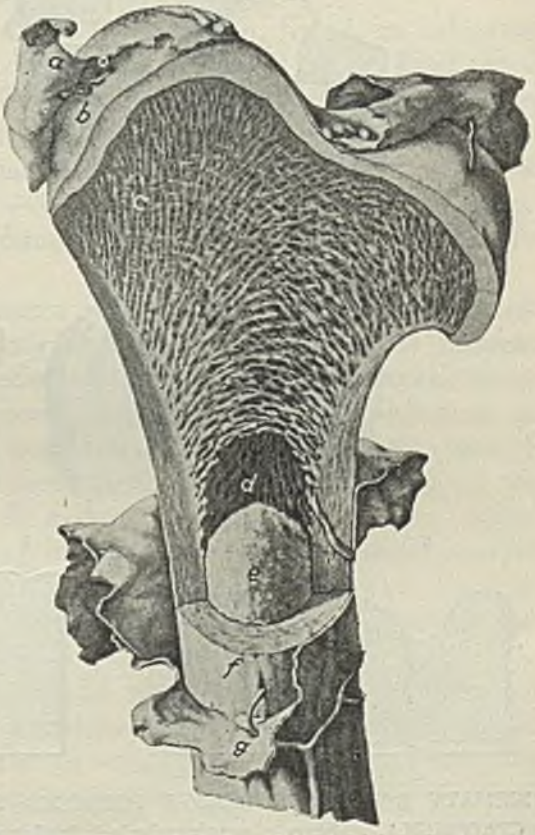
Cały nasz zespół kości tworzy organiczną całość dzięki połączeniom między poszczególnymi elementami. Połączenia te noszą nazwę s t a w ó w. Rola ich nie ogranicza się jednak wyłącznie do zespalania kości. Dzięki stawom kości mogą zmieniać wobec siebie pozycję, a cały szkielet staje się konstrukcją ruchomą we wszystkich swych częściach.

Budowa stawów — to znowu świetnie rozwiązane zadanie z dziedziny techniki. Wyobraźmy sobie bowiem, że stajemy wobec takiego zagadnienia: dają nam dwa drewniane walcowate pręty i każą połączyć je tak, aby pozostały wobec siebie ruchome. Jak to osiągnąć? Wpadamy na właściwy pomysł. Sporządzamy walec z miękkiego materiału (np. rurę gumową), nasadzamy go na przylegające do siebie końce obu prętów i brzegi walca przyklejamy. Pręty są więc połączone, a całość jest ruchoma. Zachodzi jednak obawa, że np. zbyt silne pociągnięcie prętów mogłoby spowodować zerwanie miękkiego walca. Dla wzmocnienia połączenia przeciągamy więc przez oba stykające się końce prętów wiązania ze sznurów. Niedość na tym. Dla zapewnienia naszej konstrukcji odpowiedniej sprawności działania wygładzamy jeszcze przed połączeniem nasady prętów i smarujemy je tłuszczem, aby zmniejszyć niepożądane tarcie. I oto mamy gotowy pierwowzór stawów.

Kości nasze są w miejscach zetknięcia pokryte elastyczną tkanką chrzęstną. Dzięki temu powierzchnie stawowe są zabezpieczone od nadmiernego tarcia i ścierania się. Elastyczne płytki chrząstki wspo-

*) Witaminy są to swoiste składniki pokarmów, wywierające wpływ decydujący na przebieg poszczególnych procesów życiowych. Szczegółowe omówienie roli i znaczenia witamin zawiera jeden z dalszych tomów N.E.Z.

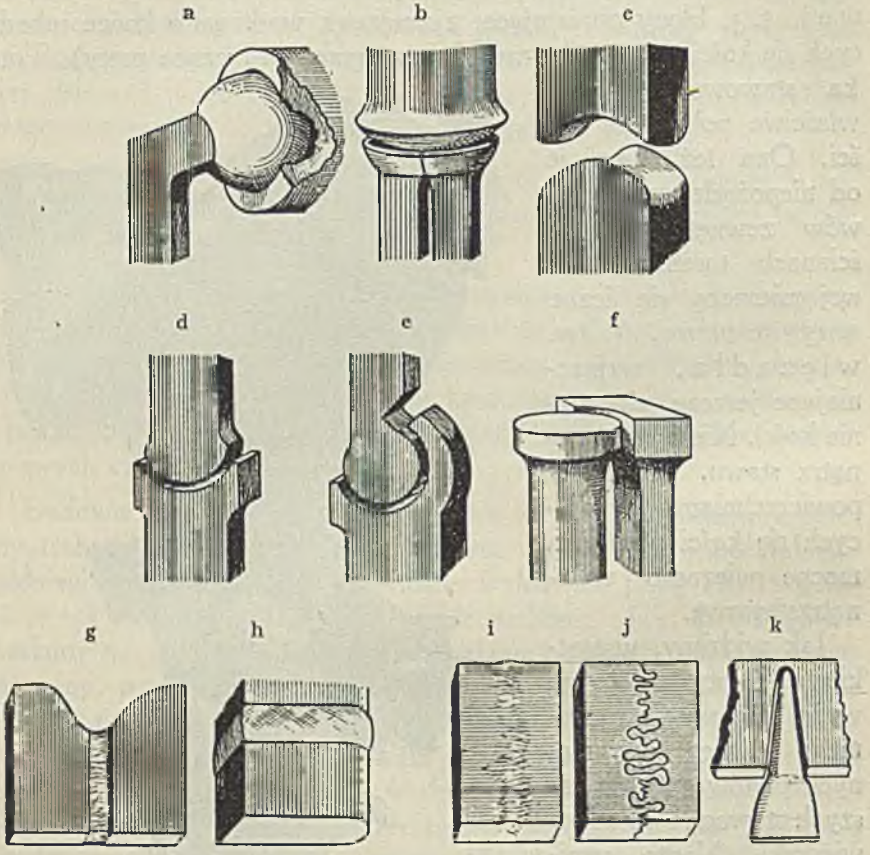
maga śliska (jak szare mydło), ciągliwa, jasna ciecz, zwana mazią stawową, która stale i automatycznie „naoliwia" stykające się ze sobą powierzchnie kostne. Jest to wydzielina gruczołów, którymi usiana jest wewnętrzna powierzchnia t. zw. torebki stawowej, t. j. błony obrastającej z zewnątrz workowato końce schodzących się kości (w naszym modelu rura gumowa łącząca pręty). Torebka stawowa stanowi właściwe połączenie kości. Ona też chroni je od niepożądanych wpływów zewnętrznych. W ścianach torebki stawowej mieszczą się liczne sprężyste pasma, t. zw. więzadła, wzmacniające jeszcze połączenie kości. Niekiedy wewnątrz stawu, pomiędzy powierzchniami stykających się kości przebiega mocne więzadło wewnątrzstawowe.



PRZEKRÓJ KOŚCI DŁUGIEJ *(w górnej okolicy — podłużny, a poniżej — poprzeczny)*. a. Brzegi przeciętej torebki stawowej. b. Chrząstka stawowa. c. Istota gąbczasta kości. d. Jama szpikowa. e. Szpik kostny. f. Istota spoista kości. g. Nadcięte i odchylone blaszki okostnej. *(Wg F. Kahna)*.

Jak widzimy, wszystkie elementy opisanego wyżej zestawienia ruchomego dwóch drewnianych prętów mają w naszych stawach swe odpowiedniki. Nadto swoistym czynnikiem wzmacniającym połączenia stawowe jest ciśnienie atmosferyczne. We wnętrzu torebki stawowej nie ma bowiem powietrza. Ciśnienie powietrza z zewnątrz przyczynia się więc wydatnie do utrzymania kości w stawie. Sytuacja ta przypomina znane doświadczenie z półkulami magdeburskimi, których nie można było rozerwać po wypompowaniu z nich powietrza.

W budowie poszczególnych stawów zaznaczają się oczywiście różnice, uwarunkowane rodzajem wykonywanych przez nie ruchów. Największą swobodę ruchu wykazuje staw barkowy. Kość ramienio-



SCHEMATY RÓŻNYCH RODZAJÓW POŁĄCZEŃ STAWOWYCH, SPOTYKANYCH U CZŁOWIEKA. a. Staw o powierzchniach kulistych — panewkowy czyli kulisty. b. Staw o powierzchniach jajowatych. c. Staw siodełkowy. d. Staw zawiasowy czyli bloczkowy. e. Staw zawiasowy z podparciem. f. Staw obrotowy. g. Więzozrost. h. Chrząstnozrost. i. Wklinowanie. j. Połączenie kości przy pomocy szwu kostnego. k. Zrośnięcie kości. *(Wg F. Kahna).*

wa jest u góry zakończona półkulistą główką (p. fig. *a* na załączonej rycinie), która wchodzi w płytkie wydrążenie łopatki, zwane p a n e w k ą s t a w o w ą. Podobną budowę posiada staw biodrowy. Połączenie takie, zwane s t a w e m k u l i s t y m, pozwala kości poruszać się we wszystkich kierunkach. Odmiennie nieco przedstawia się

np. staw łokciowy (p. fig. *e* na załączonej rycinie). Kość ramieniowa jest tu zakończona inaczej — nie okrągłą główką, lecz walcowatym bloczkiem, odpowiadającym swym kształtem powierzchni kości łokciowej. Tego rodzaju połączenie nie pozwala już na ruch we wszystkich kierunkach, lecz tylko w jednej płaszczyźnie. Jest to t. zw. staw zawiasowy (p. fig. *c*, *d*, *e* na załączonej rycinie), gdyż budową swą przypomina zawiasy u drzwi.

W t. zw. stawie obrotowym (p. fig. *f* na załączonej rycinie) kość obraca się dokoła swej osi pionowej, jak np. kości przedramienia przy zakręcaniu śruby. Ciekawie skonstruowany jest staw u nasady kciuka. Powierzchnia jednej kości jest tu osadzona na drugiej jakby na siodle. Dzięki temu kciuk posiada zdolność poruszania się w trzech kierunkach: w bok — w jedną i drugą stronę — i ku przodowi.

Pozostałe stawy przedstawiają jedynie odmiany wyróżnionych typów.

Budowa stawów wyznacza więc naszym kościom ściśle ograniczone możliwości ruchów, których rozszerzyć sztucznie nie podobna. Przypadkowe, silne przegięcie kości w niewłaściwym kierunku pociąga za sobą poważne zaburzenia w postaci t. zw. wywichnięcia stawu. Zdarza się to jednak stosunkowo rzadko, a to dzięki temu, że stawy wyposażone są w elementy hamujące. Wspomniane wyżej więzadła stawowe, napinając się podczas wykonywania ruchów, ograniczają ich swobodę. Podobną rolę odgrywa niekiedy także wyrostek kostny, jaki obserwujemy np. w stawie łokciowym. Tym na pozór krzywdzącym urządzeniom zawdzięcza jednak nasze rusztowanie kostne stałość swej konstrukcji.

Zdarzają się niekiedy u ludzi mało napięte więzadła stawowe. Ciało takich osobników o rozluźnionych stawach odznacza się niezwykłą giętkością. Bez wielkiego wysiłku potrafią wykonywać ruchy wręcz nieprawdopodobne (np. przeginać — przy wyprężonych nogach — ciało tak, aby głowa dotknęła kolan). To jednak, co tacy „ludzie z gumy" zyskują na giętkości, tracą oni na wytrzymałości. Nie potrafią unieść żadnego większego ciężaru, gdyż ich zbyt luźno połączone kości nie mogą stawić należytego oporu. Czynniki hamujące naszych stawów są więc zarazem regulatorami mocy i sprężystości naszego rusztowania kostnego.

Stawy ruchome nie są jedyną możliwą formą łączenia kości. Niekiedy kości są ściśle spojone ze sobą za pomocą chrząstki lub tkanki włóknistej, przypominającej okostną. Swoboda ruchów tak powiązanych kości jest oczywiście niewielka. Swoistą odmianę tego rodzaju

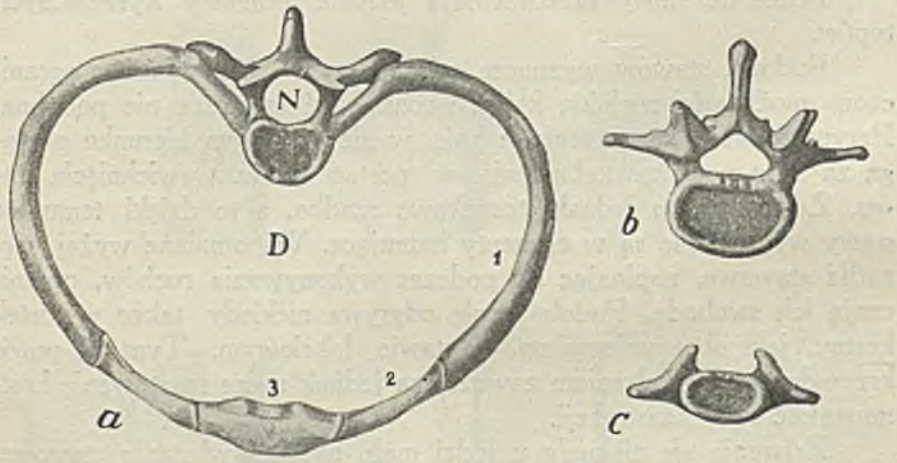
połączeń stanowią t. zw. szwy kostne. Spojenie przebiega w nich nie wzdłuż linii prostej, lecz zygzakowatej. Kości złączone szwem są ściśle ze sobą zespolone. Wszelka możliwość ruchu jest tu wykluczona. Przykładem są połączenia między kośćmi czaszki.

SZKIELET

Kręgosłup

Rusztowanie kostne, nadające ciału człowieka kształt zasadniczy, zwie się kośćcem lub szkieletem. Mocny a giętki rdzeń tego rusztowania stanowi t. zw. kręgosłup. Jest to kolumna kostna, złożona z 33—34 elementów, zwanych kręgami.

Pojedynczy krąg, oglądany z góry, kształtem swym przypomina nieregularny pierścień. Część przednia, t. j. skierowana na wewnątrz,



TRZY TYPY KRĘGÓW. a. Krąg piersiowy wraz z dwoma żebrami (1), połączonymi przy pomocy chrząstki (2) z mostkiem (3). N — otwór śródkręgowy, przez który przechodzi rdzeń pacierzowy. b. Krąg lędźwiowy. c. Krąg kości krzyżowej, nie posiadający łuku. *(Wg F. Kahna).*

t. zw. trzon, ma kształt walca, część tylna, zwana łukiem, posiada trzy odnogi. Odnogi boczne, t. zw. wyrostki poprzeczne, ułożone są symetrycznie względem nieparzystego, długiego wyrostka ościstego lub kolczastego. Wyrostki ościste można łatwo wyczuć palcem wzdłuż tylnej części pleców.

Kręgi są tak względem siebie ułożone, że poszczególne otwory łuków, leżąc jedne nad drugimi, łączą się w jeden długi kanał kostny, biegnący wzdłuż całego kręgosłupa. W tym kanale ukryty jest jeden

z najcenniejszych narządów ciała ludzkiego — r d z e ń k r ę g o w y lub p a c i e r z o w y, druga obok mózgu stacja centralna układu nerwowego. Mocne ściany kanału kręgowego osłaniają go znakomicie przed niepożądanymi wpływami z zewnątrz.

W budowie kręgosłupa uderza przede wszystkim charakterystyczne wygięcie w kształcie litery S, nie spotykane u żadnego innego zwierzęcia. Jest to swoiste znamię budowy ciała ludzkiego. Pozostaje ono w ścisłym związku z postawą pionową człowieka. Krzywiznom kręgosłupa zawdzięczamy, że oś naszego szkieletu jest sprężysta — jak resor; dzięki temu zyskujemy większą odporność na wstrząsy (np.

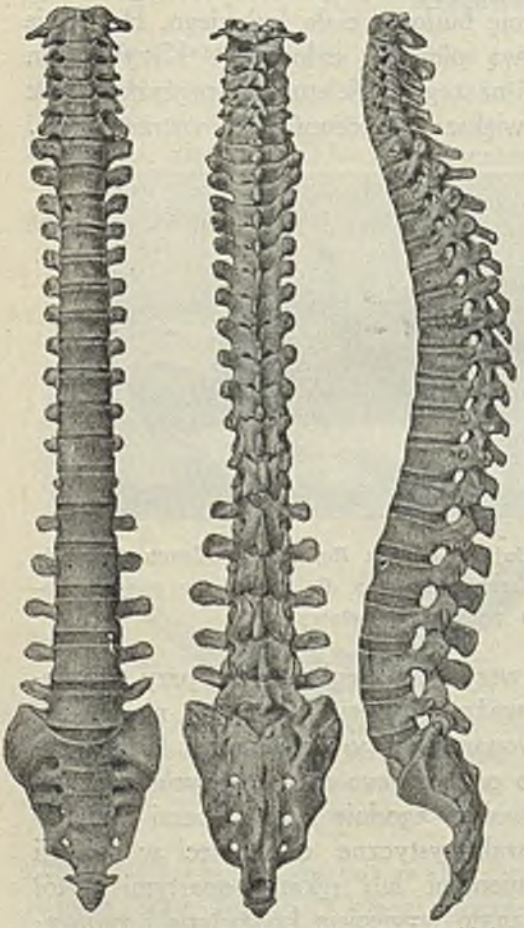
Aniołki u stóp Madonny Sykstyńskiej *(z obrazu Rafaela „Madonna Sykstyńska")*. Artysta świetnie uchwycił charakterystyczny dla dziecka w pozycji siedzącej sposób podpierania głowy.

przy skokach, biegu), a przede wszystkim kręgi są mniej przy tym narażone na uszkodzenie. Te tak ważne wygięcia kręgosłupa nie są jednak wrodzone. Kręgosłup nowonarodzonego dziecka ma kształt zupełnie pionowego pręta. Dopiero od trzeciego miesiąca życia począwszy, zaczyna on wyginać się zwolna, zgodnie z potrzebami rozwijającego się organizmu. Tak charakterystyczne dla dzieci w pozycji siedzącej podpieranie głowy ramionami lub rękami opartymi o stół tłumaczy się właśnie niedostatecznym wygięciem kręgosłupa i związanym z tym niedokształceniem mięśni grzbietowych. Świetnie uchwycił i podkreślił ten rys w wyglądzie siedzącego dziecka Rafael w swym obrazie „Madonna Sykstyńska". Wyprzedził niejako wiedzę o ciele ludzkim swą intuicją artystyczną. Oba siedzące u stóp madonny aniołki mają głowy wtulone w ramiona i podparte odpowiednio rękami.

Poszczególne kręgi oddzielone są od siebie dość grubą warstwą tkanki chrzęstnej. Dzięki elastycznym tym wkładkom kręgosłup jest

giętki i ruchomy. Ruchy jego są jednak ograniczone. Nasza podpora kostna może jedynie wyginać się łukowato. Niepożądane wychylenia i ruchy hamują znane nam już z budowy stawów więzadła.

Mocne i sprężyste połączenia między kręgami stanowią niezwykle ważny element składowy kręgosłupa. Im głównie zawdzięcza podstawa całego układu kostnego swą odporność na wstrząsy, których człowiek doświadcza podczas chodzenia, biegu czy gwałtownych skoków. Bez tego elastycznego hamulca mózg zwłaszcza byłby narażony na ustawiczne niemal a potężne wstrząsy.



KRĘGOSŁUP W 3 POŁOŻENIACH. *(Widziany od przodu, od tyłu i z boku).*

Warstwy elastycznej tkanki chrzęstnej, oddzielające kręgi, odgrywają jeszcze rolę dodatkową — wpływają w pewnej mierze na wysokość człowieka. Z biegiem lat tracą one na sprężystości, wiotczeją i spłaszczają się wydatnie. Tym tłumaczy się fakt, że w wieku podeszłym ludzie są niekiedy znacznie niżsi niż w okresie dojrzałości. Nawet w ciągu doby zresztą podlega wysokość człowieka, z tych samych przyczyn, pewnym dostrzegalnym wahaniom.

Wieczorem człowiek jest nieco niższy, niż z samego rana. W ciągu dnia napiera bowiem na kręgosłup ciężar głowy i całego tułowia, zawarta między kręgami chrząstka ulega więc spłaszczeniu. W pozycji leżącej znów człowiek jest dłuższy niż w pozycji stojącej, gdyż wtedy elastyczna chrząstka, podlegając mniejszemu zgniataniu, powraca do swej zasadniczej grubości. Wiadomo powszechnie, że rekonwalescent, opuszczający łóżko po dłuższej chorobie, wydaje się wyższy niż przedtem.

Łuki poszczególnych kręgów, schodzące się i tworzące kanał kręgowy, nie przylegają całkowicie do siebie. Niewielkie odstępy między nimi stanowią punkty wyjścia dla nerwów wychodzących z rdzenia pacierzowego.

Cały zespół kręgów wchodzących w skład kręgosłupa można podzielić na kilka grup. Każda z nich stanowi podporę innego odcinka kunsztownej budowli, jaką przedstawia ciało ludzkie. Piętro górne, podpierające koronę całego gmachu — głowę — tworzy 7 kręgów szyjnych. Właściwy trzon rusztowania kostnego tułowia stanowi 12 kręgów piersiowych, pod nimi znajduje się 5 kręgów lędźwiowych, poniżej zaś 5 kręgów zrośniętych w t. zw. kość krzyżową. Z tą ostatnią łączy się mocny zespół kostny — miednica.

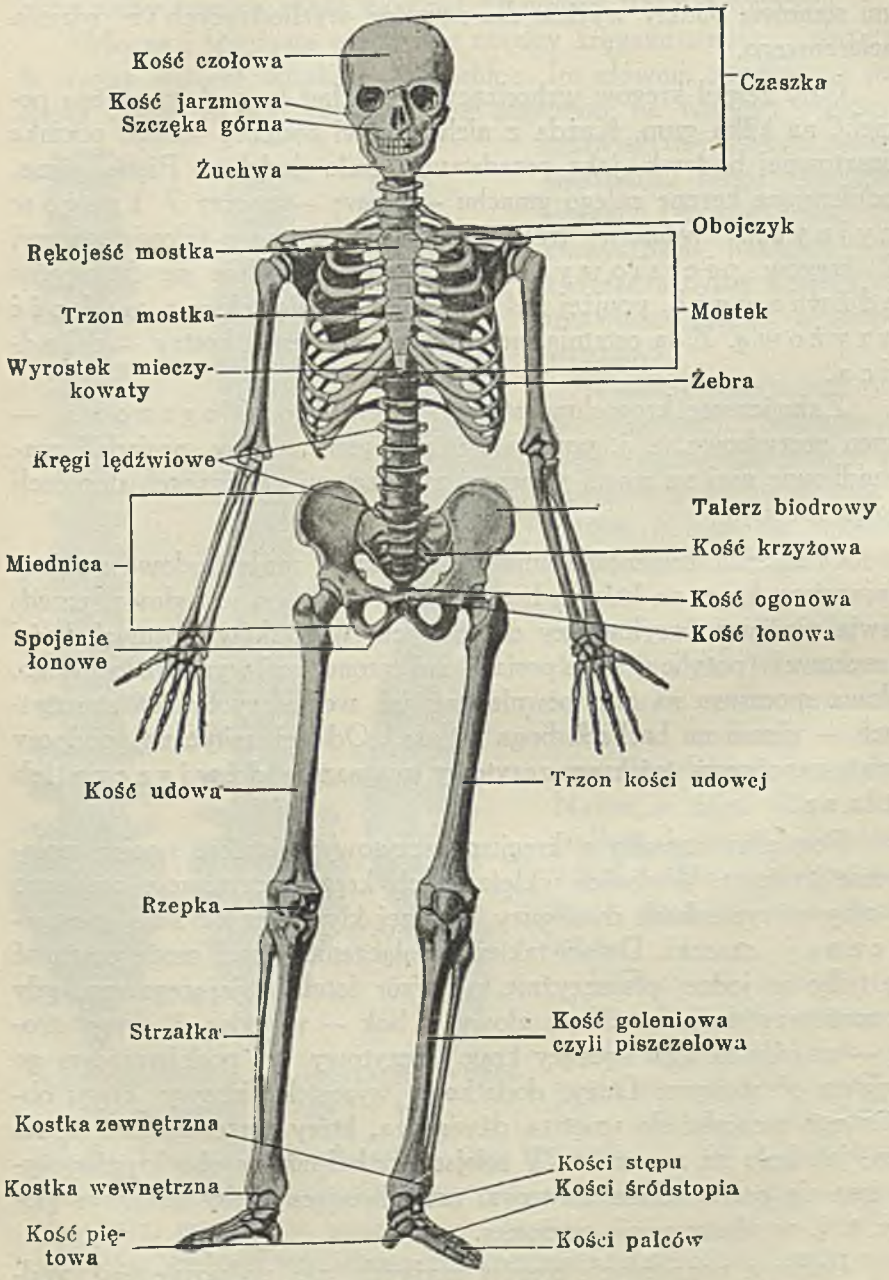
Zakończenie kręgosłupa stanowi t. zw. kość ogonowa — organ szczątkowy, t. j. pozostałość po ogonie, który posiadali praprzodkowie nasi na równi z innymi zwierzętami na niższych stopniach swego rozwoju.

U szczytu kręgosłupa umieszczone kręgi mają budowę swoistą. Najwyższy krąg, na którym bezpośrednio osadzona jest głowa, przedstawia pierścień przylegający do grubych wyrostków kostnych kości czaszkowej (potylicy); nie posiada ani trzonu, ani wyrostka ościstego. Głowa spoczywa na nim pewnie, tak jak wedle wyobrażeń starożytnych — ziemia na barkach boga Atlasa. Od tej mitycznej podpory świata zapożyczył też krąg szczytowy swą nazwę dźwigacza lub atlasa.

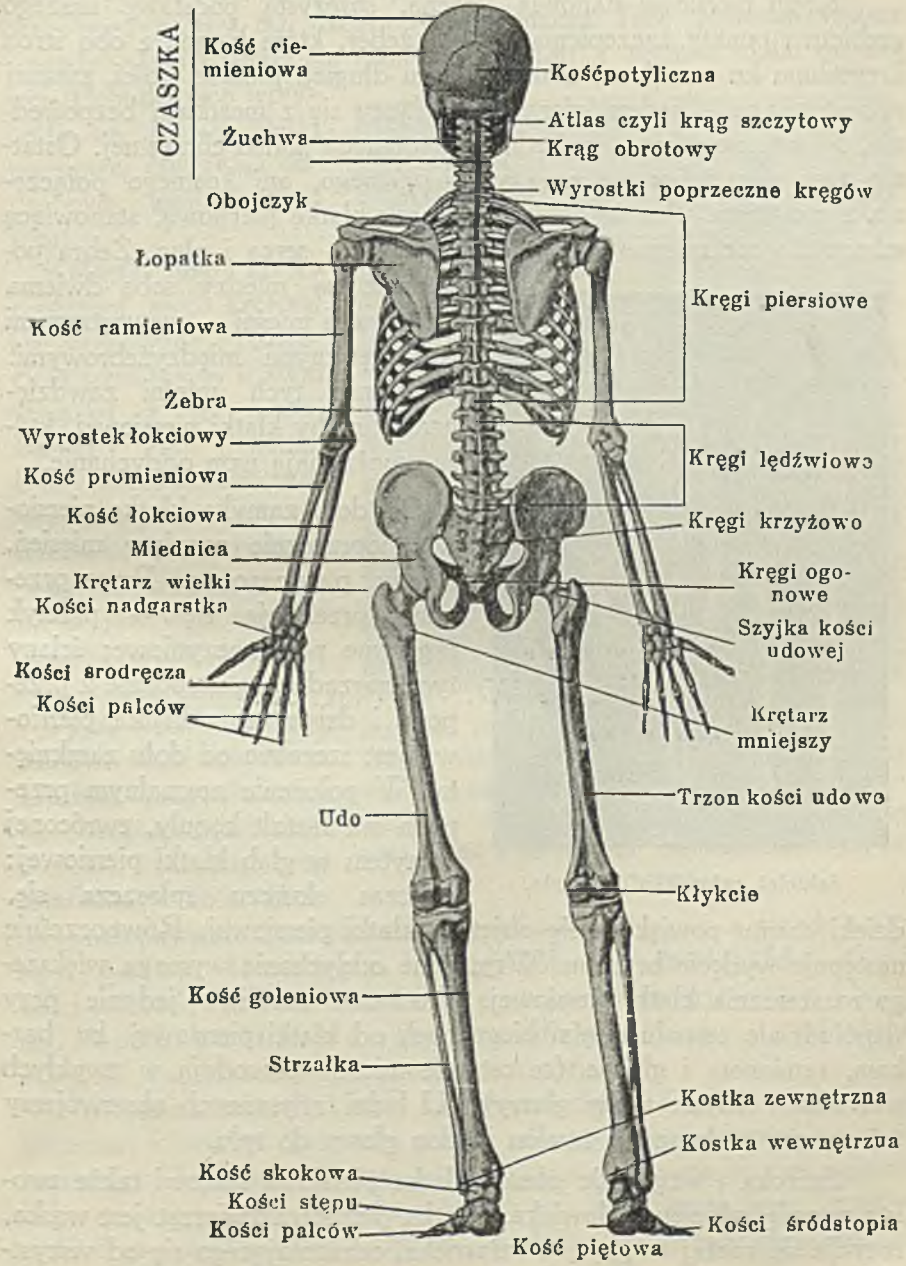
Pomiędzy czaszką a kręgiem szczytowym istnieje swoiste połączenie stawowe. W dwóch wklęśnięciach kręgu szczytowego osadzone są niby w rynienkach dwa guzy (inaczej kłykcie) kości potylicznej czaszki. Dzięki takiemu połączeniu głowa może poruszać się tylko w jednej płaszczyźnie, na wzór fotelu bujającego, np. gdy czemuś przytakujemy. Obrót głowy w bok — w jedną i drugą stronę — umożliwia staw łączący krąg szczytowy z podpierającym go kręgiem obrotowym. Duży, dodatkowy wyrostek pionowy kręgu obrotowego wchodzi do wnętrza dźwigacza, który może obracać się na nim, jak koło na sworzniu. W miejscu zetknięcia się obu kręgów wytwarza się powierzchnia stawowa, umożliwiająca ruchy obrotowe głowy, t. j. w płaszczyźnie poziomej.

Budowa pozostałych kręgów szyjnych nie wykazuje już żadnych charakterystycznych odchyleń.

Szkielet człowieka od przodu



Szkielet człowieka od tyłu



Klatka piersiowa i miednica

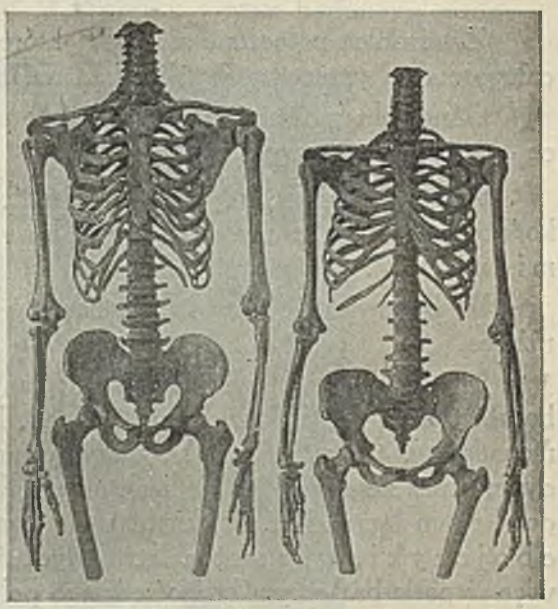
Kręgi piersiowe stanowią mocną, sprężystą podstawę naszego grzbietu i punkty zaczepienia 12 par żeber, które biegną z obu stron kręgosłupa ku przodowi, zmierzając ku długiej, płaskiej kości, zwanej mostkiem. Siedem górnych par łączy się z mostkiem bezpośrednio, 3 następne pary — pośrednio, za pomocą tkanki chrzęstnej. Ostatnie dwie pary żeber nie mają ani chrzęstnego, ani kostnego połączenia z mostkiem. Ten układ kości tworzy klatkę piersiową, stanowiącą schron dla niezmiernie ważnych narządów — serca i płuc. Żebra połączone są między sobą dwiema warstwami mięśni — wewnętrznymi i zewnętrznymi międzyżebrowymi. Działaniu tych mięśni zawdzięczamy ruchy klatki piersiowej, które umożliwiają nam oddychanie.

Szkielet człowieka i goryla.

Od dołu zamyka klatkę piersiową poprzecznie rozpięty mięsień, zwany przeponą. Przez przeponę przebijają się — przełyk i główne pnie naczyniowe; ściany tych narządów są zespolone z przeponą i dzięki temu klatka piersiowa jest szczelnie od dołu zamknięta. W położeniu normalnym przepona ma kształt kopuły, zwróconej szczytem w głąb klatki piersiowej; podczas skurczu spłaszcza się, dzięki czemu powiększa się objętość klatki piersiowej. Równocześnie następuje wydęcie brzucha. Wzmożone oddychanie wymaga większego rozszerzenia klatki piersiowej. Jest ono możliwe jedynie przy współudziale zespołu mięśni biegnących od klatki piersiowej ku barkom, ramionom i głowie (te ostatnie mięśnie powodują w zwykłych warunkach jedynie ruchy głowy). U ludzi zdyszanych obserwujemy też zawsze podnoszenie ramion i skłon głowy do tyłu.

Szeroka i względnie płaska klatka piersiowa stanowi także swoiste znamię szkieletu człowieka. Klatka piersiowa zwierząt jest wąska, rozwija się raczej w głąb; u człowieka, odróżniającego się od wszystkich zwierząt swą postawą pionową, może ona rozrastać się wszerz

Dziecko przychodzi na świat z wąską, jeszcze „małpią“ klatką piersiową. Do 20 roku życia odbywa się głównie wzrost wzwyż, dopiero okres między 20 a 30 rokiem życia oznacza fazę rozrostu wszerz i wtedy właśnie ustala się ostateczny kształt i rozmiar klatki piersiowej. Pobudzająco wpływają na rozwój klatki piersiowej ćwiczenia oddechowe, gimnastyka i sport.



KOŚCIEC TUŁOWIA MĘŻCZYZNY I KOBIETY. Na rycinie widzimy najistotniejsze różnice w budowie szkieletu tułowia mężczyzny i kobiety. Kobieta ma dłuższy tułów, szerszą a krótszą miednicę i uda o ustawieniu bardziej zbieżnym od mężczyzny.

Kobieta ma klatkę piersiową nieco krótszą, niż mężczyzna. Różnica ta pozostaje w ścisłym związku z jej powołaniem jako matki. Dla pomieszczenia rozwijającego się płodu potrzeba kobiecie większej jamy brzusznej, nadwyżka ta jest więc wyrównywana przez mniejszą klatkę piersiową.

Tylną ścianę miednicy stanowi kość krzyżowa. Do niej przytwierdzone są bezpośrednio dwie szerokie, płaskie, trójskładnikowe kości (każda z nich powstała z trzech oddzielnych kości), złączone z przodu t. zw. spojeniem łonowym. Poszczególne składniki każdej z tych kości stanowią: kość biodrowa — po stronie grzbietowej i bocznej, kość kulszowa czyli siedzeniowa — od dołu, i kość łonowa — po stronie brzusznej.

Miednica stanowi kostne zamknięcie dolnej i tylnej części jamy brzusznej i tworzy doskonały schron dla ważnych narządów ciała ludzkiego. Od dolnego brzegu klatki piersiowej biegną ku niej mięśnie, które nadają naszym powłokom brzusznym dostateczną moc i sprężystość oraz współdziałają podczas oddechu i przeginania ciała ku przodowi.

Miednica kobiety, w przeciwieństwie do klatki piersiowej, jest większa i lepiej rozwinięta od miednicy męskiej. Różnica ta jest także uwarunkowana potrzebami macierzyństwa.

Kończyny

Z miednicą połączone są nogi, które dźwigają właściwie ciężar całego ciała i przenoszą je z miejsca na miejsce.

Górne obramowanie naszego rusztowania kostnego tworzą ręce — wspaniałe narzędzie pracy ludzkiej.

Kończynę dolną łączy z miednicą staw biodrowy, kończynę górną z t. zw. pasem barkowym — staw ramieniowy.

W budowie miednicy i pasa barkowego zaznaczają się wyraźne różnice.

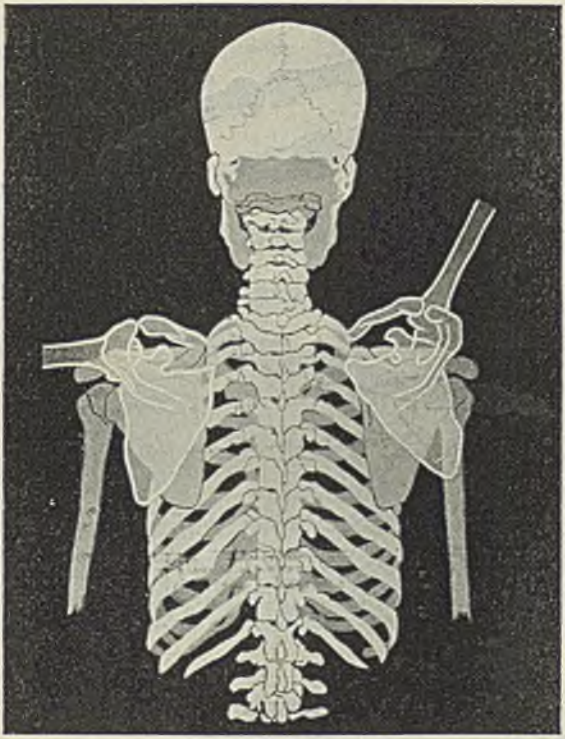
Miednica przedstawia mocno sklepiony, zamknięty pierścień, pas barkowy zaś — całość względnie „luźną". Podstawę jego tworzą dwie niepodparte, trójkątne łopatki, utrzymywane w stałym położeniu jedynie przez zespoły odpowiednich mięśni. Od łopatek biegną ku przodowi i tam łączą się z mostkiem dwie mocne, wąskie kości, t. zw. obojczyki, które można łatwo wyczuć ręką u nasady szyi. Brak więc w pasie barkowym bezpośredniego połączenia z kręgosłupem. Jest to okoliczność ogromnej wagi. Nie zespolony z kręgosłupem pas barkowy odznacza się większą swobodą ruchu, niż miednica. To samo dotyczy stawów — ramieniowego i biodrowego. Budowa obu jest, jak już wiemy, analogiczna, swobodę wychyleń kości udowej ogranicza jednak to, że główka kości udowej jest głęboko zanurzona w panewce kości biodrowej, a nadto swoiste więzadło wewnętrzne.

Charakterystyczny element pasa barkowego stanowi duży wyrostek łopatki, zamykający staw ramieniowy od góry. Wyrostek ten, zwany barkowym, służy jako miejsce przyczepu mięśni ramion i grzbietu i jest szczególnie rozwinięty u atletów. Wydatny wyrostek barkowy stał się też poniekąd oznaką siły. Epolety wojskowe miały przez rozszerzenie ramion nadawać żołnierzowi wygląd bardziej „*marsowy*". Do chwili obecnej zresztą stosuje sztuka krawiecka sztuczne podwyższanie ramion dla wyrównania braków w budowie szkieletu „wąskoramiennych" mężczyzn.

U kobiety wyrostek ten jest słabo zarysowany. Spadziste ramiona kobiece wielbią też poeci wszystkich czasów.

Oprócz wyrostka barkowego łopatka posiada haczykowaty wyrostek k r u c z y . Oba te wyrostki wraz z powierzchnią stawową kości łopatki i obojczyka tworzą obszerny i głęboki schron, w którym osadzona jest kość ramieniowa.

Ilość elementów jest więc w miednicy i pasie barkowym jedna-



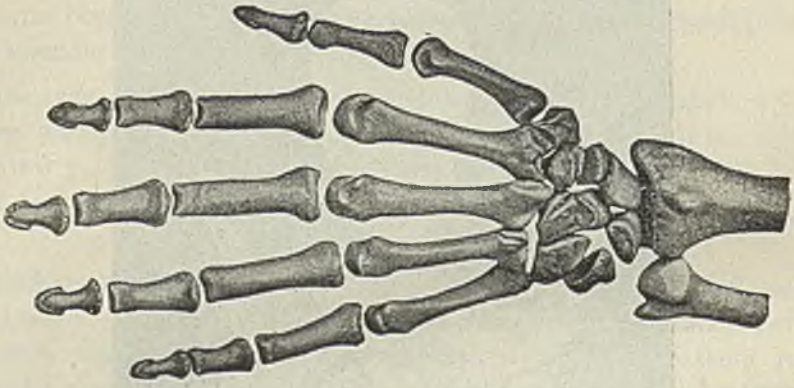
KRĘGOSŁUP I KLATKA PIERSIOWA WIDZIANA OD TYŁU. Schemat ruchu łopatki podczas ruchu ramienia. *(Wg „Die Wunder des Lebens").*

kowa. Wyrostek barkowy i kruczy łopatki oraz obojczyk stanowią niejako odpowiedniki kości biodrowej, kulszowej i łonowej.

Ułożenie obojczyka względem klatki piersiowej i łopatki nie jest stałe, zmienia się wraz z pozycją ramienia wedle ściśle określonych praw. Na podstawie ustawienia łopatek Venus milońskiej można doskonale wyobrazić sobie, jakie było położenie jej uciętych ramion, i dzięki temu podjęto próby rekonstrukcji słynnej rzeźby.

Budowa kończyn górnych i dolnych wykazuje wiele punktów

wspólnych. Ręce i nogi nasze, ogołocone z mięśni, przedstawiają dwa zupełnie analogiczne układy kości. Odpowiednikiem kości ramieniowej, ciągnącej się od stawu barkowego do stawu łokciowego, jest kość udowa, jednym końcem wchodząca w staw biodrowy, a drugim sięgająca stawu kolanowego. Kość ramieniowa schodzi się w stawie łokciowym z t. zw. przedramieniem, kość



KOŚCI DŁONI.

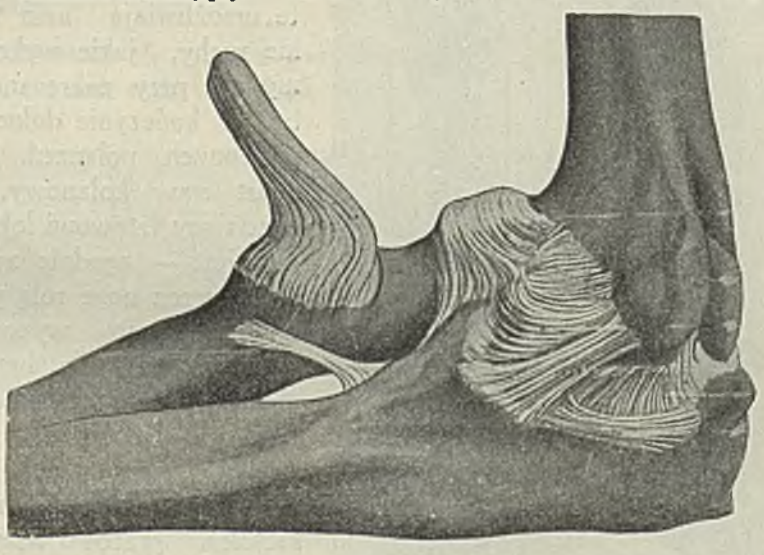
udowa łączy się odpowiednio w stawie kolanowym z podudziem. Zarówno przedramię, jak podudzie przedstawiają układ 2 kości: przedramię — łokciowej i promieniowej (inaczej szpry-

KOŚCI STOPY.

chowej), podudzie — goleniowej czyli piszczelowej i strzałki. U nasady przedramienia i podudzia widzimy znowu analogiczne zespoły 7—8 drobnych kostek, zwane — u ręki napięstkiem lub nadgarstkiem, u nogi zaś — stępem (lub *nastopkiem*). Oba te układy kostne przedstawiają niezwykle szczęśliwe połączenie wytrzymałości i „ruchliwości". Z nich wychodzą od-

powiednio t. zw. śródręcze czyli dłoń i śródnóże czyli śródstopie — grupy kości, stanowiące podstawę takiej samej u obu kończyn ilości palców.

Różnice zaznaczają się głównie w kształcie poszczególnych elementów i ich powiązaniu, które decyduje o zakresie możliwych ruchów. Kość ramieniową łączy z kośćmi przedramienia staw zawiasowy, zwany łokciowym, który pozwala jedynie na ruchy w jednej płaszczyźnie. Odginanie przedramienia ku tyłowi uniemożliwia swoisty kostny element hamujący — t. zw. wyrostek łokciowy.



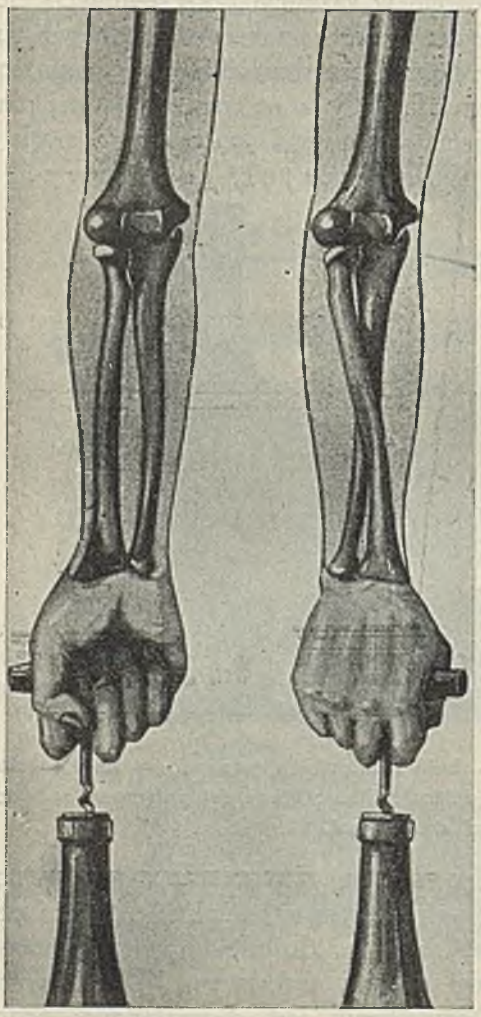
STAW ŁOKCIOWY. Pionowa kość — kość ramieniowa, poziome — kość łokciowa (bliższa) i kość promieniowa (dalsza). Wszystkie kości połączone są więzadłami stawowymi.

Kości przedramienia połączone są między sobą stawem obrotowym w dwóch miejscach — powyżej stawu z kośćmi napięstka i poniżej łokcia. Z kośćmi napięstka łączy je złożony staw zawiasowy. Palce połączone są z śródręczem stawem obrotowym, poszczególne ich człony (t. zw. palec gruby czyli kciuk jest dwuczłonowy, pozostałe zaś — trójczłonowe) między sobą — stawami zawiasowymi.

Połączenia między elementami kończyny dolnej wykazują duże analogie ze stawami kończyny górnej. Podporządkowane jednak odmiennym funkcjom, wyposażone są w elementy swoiste, nie pozwalające na taką swobodę ruchu, jaka charakteryzuje kończynę górną. Nogi nasze są przystosowane przede wszystkim do roli podpory.

Przedramię np. wyróżnia zdolność do swoistego obrotu: może-

my je, przy zupełnie nieruchomym stawie łokciowym, ułożyć tak, aby dłoń wypadła bądź u spodu, bądź na zewnątrz. W pierwszym wypadku obie kości przedramienia — łokciowa i promieniowa — są skrzyżowane, w drugim — ułożone zupełnie równolegle. Przywilej ten zawdzięcza przedramię stawom obrotowym łączącym w dwóch punktach kość promieniową z łokciową. Stawy te umożliwiają nam też takie ruchy, jakie wykonywamy np. przy zakręcaniu śruby. W kończynie dolnej brak podobnych połączeń. Natomiast staw kolanowy, odpowiadający stawowi łokciowemu, jest — zgodnie ze spełnianą przez nogę rolą podpory — bogato wyposażony w mocne więzadła, hamujące niepożądane wychylenia i ruchy.



Mechanizm ruchów przedramienia.

Dłoń góruje nad stopą, pomijając wydatne różnice kształtu, przede wszystkim zdolnością odchylania kciuka. Osadzony w stawie siodełkowym, palec ten może swobodnie od dłoni oddalać się lub do niej zbliżać, przechylać się w rozmaitych kierunkach i dotykać końcem każdego z pozostałych palców. W zetknięciu z końcem palca wskazującego tworzy on jakby obcęgi, umożliwiające nam utrzymywanie w ręku najrozmaitszych narzędzi.

Z pomocy kciuka korzysta zarówno mistrz sztuki stosowanej czy poeta w natchnieniu przelewający na papier swe myśli i uczucia, jak woźnica umiejętnie kierujący końmi czy też żołnierz zręcznie manipulujący bronią.

W starożytności doceniano w całej pełni znaczenie tego krępego, grubawego palca i obcinano go jeńcom, aby uczynić ich niezdolnymi do rzemiosła wojennego.

Pozostałe palce ręki wykazują wprost niezwykłą giętkość i ruchliwość. Umiemy przeginać je aż do zetknięcia z powierzchnią dłoni, ujmować nimi jak w obręcz najrozmaitsze przedmioty, wykonywać najbardziej subtelne i skomplikowane ruchy. Te to właściwości palców u rąk uczyniły człowieka twórcą dzieł zdumiewających precyzją wykonania.

Palce stały się też dla wszystkich ludów podstawą układu liczbowego. Kształt cyfr rzymskich wytworzył się w związku z metodą

JAK POWSTAŁY CYFRY RZYMSKIE. *(Wg F. Kahna).*

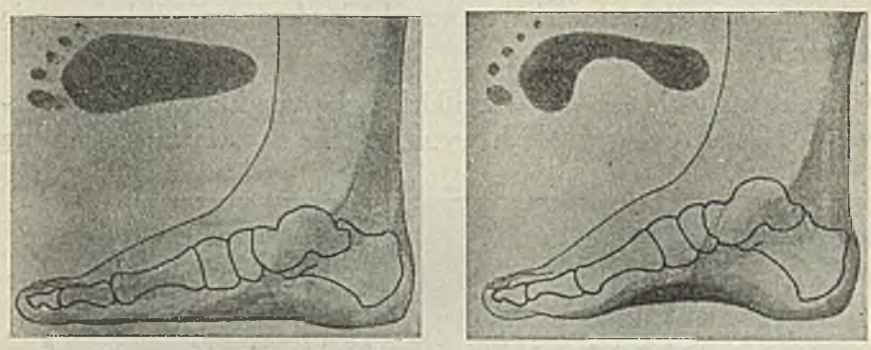
liczenia na palcach. Każda z cyfr podstawowych — I, II, V, X — jest jedynie odpowiednikiem danego ustawienia palców.

Możliwości palców u nóg są stosunkowo skromne. Nie potrafimy wykonywać nimi ruchów skomplikowanych, a przeginać możemy je jedynie lekko ku przodowi lub ku tyłowi. Mimo to stopa ludzka nie ustępuje bynajmniej dłoni pod względem celowości budowy.

Dłoń przedstawia świetnie skonstruowany narząd chwytny, stopa jest znakomicie przystosowana do roli podpory. W trzech punktach — podobnie jak trójnóg — wspiera się ona o podłoże. Punkty oparcia stanowią: pięta oraz nasada dużego i małego palca. W pozycji stojącej obie stopy tworzą rodzaj trójnogu; schodzące się pięty — to jeden punkt oparcia, pozostałe dwa tworzą nasady palców każdej stopy.

„Trójnogi" te nie są jednak sztywne ani nieruchome. Jednoczą w sobie niepoślednią siłę nośną, wytrzymałość, elastyczność i „ruchliwość". Cenny ten zespół cech zawdzięcza nasza stopa przede wszy-

stkim swej oryginalnej budowie. Jako całość przedstawia ona nader skomplikowane, kopulaste sklepienie. Kopułę stanowi wewnętrzna powierzchnia stopy, która do ziemi nie przylega. Tylną granicę tej kopuły tworzy kość piętowa, do której od góry przylega kość skokowa. Na kości skokowej spoczywa niejako cały ciężar naszego ciała. Ona jest bezpośrednim odbiorcą obciążenia, które rozkłada się na całe sklepienie stopy i jego punkty oparcia. Kopulasty kształt



Na lewo — płaska stopa. Na prawo — stopa normalna. (Szkielet, a w rogu górnym rysunku ślad stopy na twardym podłożu).

sklepienia utrzymuje się dzięki napięciu więzadeł łączących poszczególne kości stopy między sobą. W wypadkach obluźnienia się tych więzadeł całe sklepienie zapada się, stopa spłaszcza się i całą swą powierzchnią dotyka podłoża; powstaje t. zw. płaska stopa *(platfus)*. Chód człowieka o płaskiej stopie jest ciężki i niezgrabny, a nadto wielce dla danego osobnika męczący. Wytworzeniu się płaskiej stopy sprzyjają szczególnie pewne zawody (fryzjera, dentysty, zecera) — wymagające długotrwałej pozycji stojącej — oraz nieodpowiednie obuwie.

Poznaliśmy więc w zarysie budowę kończyn górnych i dolnych. Na zakończenie musimy przypomnieć, że zdolność do ruchu zawdzięczają ręce i nogi nasze nie tylko swej budowie, lecz — w ostatecznej instancji — mięśniom.

Czaszka

Na samym szczycie wieńczy nasze rusztowanie kostne czaszka, t. j. ogołocona z mięśni i narządów zmysłowych — głowa.

Na widok czaszki ludzkiej ogarnia nas dziwne uczucie. Jesteśmy wstrząśnięci, nie wiemy jednak, co nas właściwie wzrusza: tajemnicze

sklepienie kostne, pustką ziejące oczodoły czy myśl, że w tym oto pudle kostnym tętniło kiedyś życie?

Nic też dziwnego, że czaszka interesowała zawsze nie tylko anatomów, ale i artystów. Opiewali to siedlisko myśli ludzkiej niejednokrotnie poeci (Goethe), a piękny i dokładny wizerunek czaszki wykonał sławny malarz i rysownik, mistrz Odrodzenia — Dürer.

„ILEŻ PIĘKNA W TYCH TAJEMNICZYCH KSZTAŁTACH!".
(Goethe oglądając czaszkę Schillera).

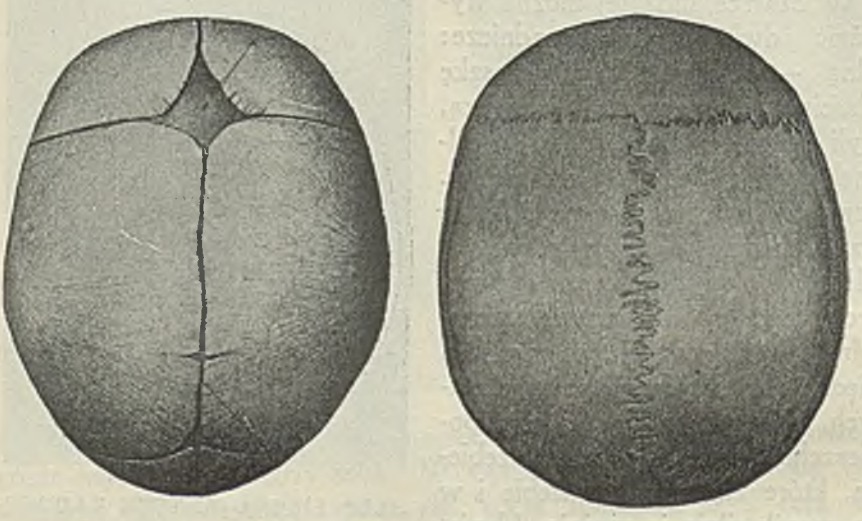
W czaszce ludzkiej można wyróżnić dwie części zasadnicze: tylną — większą, czyli czaszkę właściwą, i przednią — mniejszą, czyli czaszkę twarzową. Tylny odcinek czaszki — to siedlisko mózgu. Czaszka właściwa jest też świetnie przystosowana do swej doniosłej roli. Jest to pudło kostne o twardych, mocnych ścianach. Poszczególne kości czaszki połączone są między sobą za pomocą szwów kostnych. Brzegi stykających się powierzchni kostnych tworzą zazębienia, które zachodzą na siebie i w ten sposób silnie je spajają. U niemowląt szwy te nie są jeszcze zrośnięte, miejsca na pograniczach kilku kości czaszki są miękkie i noszą nazwę c i e m i ą c z e k. Dzięki ciemiączkom czaszka, a wraz z nią i mózg mogą się rozrastać. W ciągu 1.—2. roku życia miękkie te połączenia ulegają skostnieniu. Przedwczesne skostnienie ciemiączek uniemożliwia rozwój mózgu i staje się przyczyną niedorozwoju umysłowego.

Niekiedy jednak zachodzi zjawisko wręcz przeciwne. Przedwczesny rozwój mózgu utrudnia zrastanie się szwów kostnych w czaszce.

Czaszka dziecka jest — dzięki nie zrośniętym szwom i giętkości poszczególnych kości — tak miękka, że można nadawać jej dowolne kształty. Ta jej właściwość umożliwia w ogóle poród; miękka, ustępliwa czaszka deformuje się niekiedy podczas przejścia przez ciasną miednicę, ale płód może się przedostać na zewnątrz ciała matki.

Ludy dzikie wyzyskiwały tę właściwość czaszki dziecięcej od czasów najdawniejszych i modelowały ją odpowiednio wedle swych pojęć estetycznych. Wydłużona czaszka uchodziła często za oznakę wysokiego pochodzenia, kształt ten osiągano więc sztucznie przez umieszczanie dzieci w odpowiednio skonstruowanej foremce, działającej jako prasa.

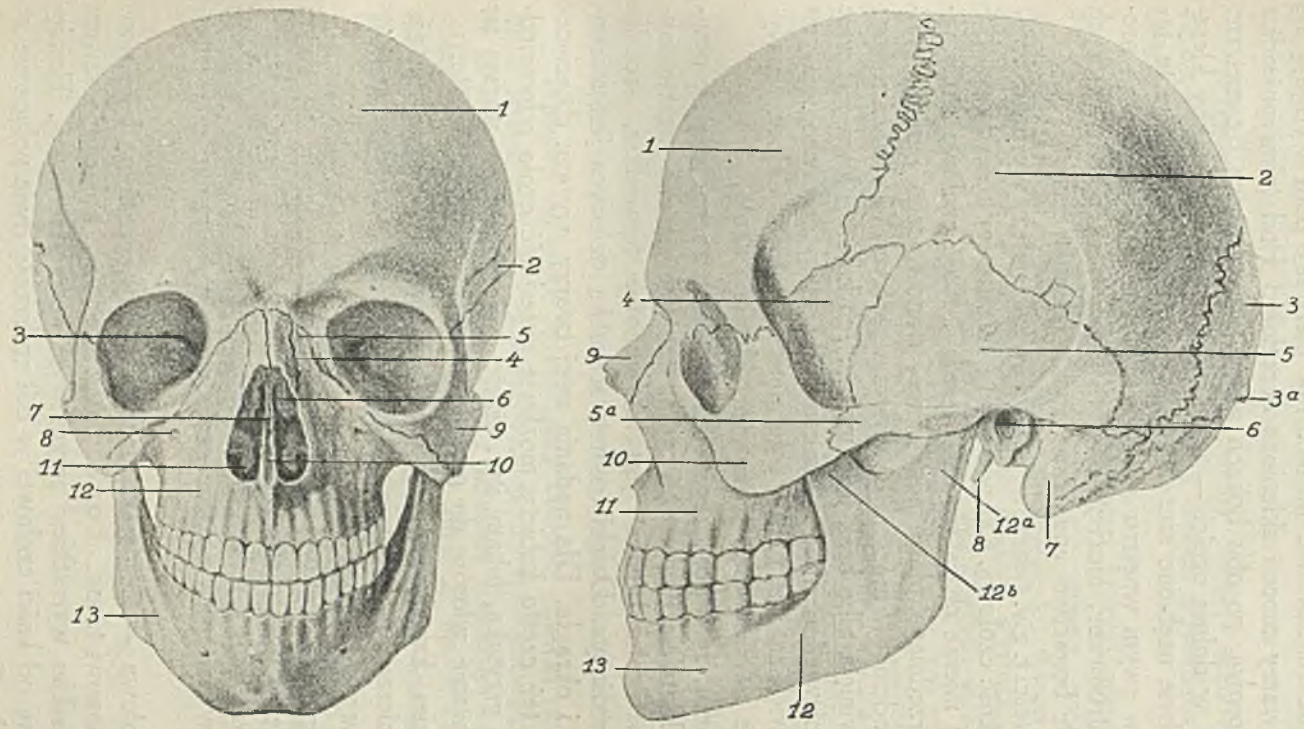
Tylna część czaszki, czyli schron mózgu, składa się z ośmiu kości: przednie jego oparcie stanowi łukowato zgięta ku tyłowi kość



Na lewo — czaszka noworodka. *(Widziana od góry).* Widać ciemiączka na granicy kości czołowej i kości ciemieniowych. Na prawo — czaszka dorosłego człowieka. (Widać wykształcone ostatecznie szwy).

czołowa, z nią łączą się dwie zmierzające ku tyłowi, spłaszczone nieco kości ciemieniowe. Po bokach przylegają do kości czołowej i kości ciemieniowych dwie kości skroniowe. Tylną a częściowo i dolną ścianę sklepienia czaszki stanowi kość potyliczna. Kość klinowa łączy się z nią i wraz z licznymi swymi wyrostkami wsunięta jakby klinem między wszystkie kości czaszki, zamyka ją od dołu. Kość sitowa wypełnia przestrzeń ograniczoną przez kość czołową i klinową. Wszystkie te kości, ściśle połączone ze sobą przez mocne szwy, tworzą całość o wielkiej wytrzymałości, osłaniającą mózg przed wszelkimi niepożądanymi wpływami z zewnątrz.

W przeciwstawieniu do tylnej części czaszki — mocnej i masywnej — przedstawia część przednia — podstawa naszej twarzy — de-



Na lewo: CZASZKA LUDZKA OD PRZODU. 1. Kość czołowa. 2. Kość skroniowa. 3. Oczodół. 4. Kość nosowa. 5. Kość łzowa. 6. Muszla środkowa. 7. Blaszka pionowa kości sitowej. 8. Otwór w kości szczęki górnej, przez który przechodzi druga gałąź nerwu trójdzielnego. 9. Kość jarzmowa. 10. Lemiesz. 11. Muszla dolna. 12. Szczęka górna. 13. Szczęka dolna (żuchwa).

Na prawo: CZASZKA LUDZKA Z PROFILU. 1. Kość czołowa. 2. Kość ciemieniowa. 3. Kość potyliczna. 3a. Guzek kości potylicznej. 4. Skrzydła kości klinowej. 5. Łuska kości skroniowej. 5a. Wyrostek jarzmowy kości skroniowej. 6. Zewnętrzny kostny przewód słuchowy. 7. Wyrostek sutkowy. 8. Wyrostek szydłowy kości skroniowej. 9. Kość nosowa. 10. Kość jarzmowa. 11. Szczęka górna. 12. Szczęka dolna. 12a. Wyrostek kłykciowy szczęki dolnej. 12b. Wyrostek wieńcowy szczęki dolnej. 13. Otwór zewnętrzny kanału szczękowego.

likatne, misterne rusztowanie kostne. Na pierwszy plan wybijają się w szkielecie twarzy mocno sklepione oczodoły. Pod nimi pośrodku widać jamę nosową, po obu bokach głowy dwa otwory zewnętrzne uszu, wreszcie w dolnej części — jamę ustną, zamkniętą jakby kleszczami przez dwie uzębione szczęki, górną i dolną. Wszystkie te jamy mieszczą w swym wnętrzu za życia człowieka pomysłowo i precyzyjnie skonstruowane, niezwykle czułe aparaty, za pomocą których odbieramy całe bogactwo wrażeń ze świata zewnętrznego.

Spośród kości t. zw. twarzowej części czaszki należy wyróżnić przede wszystkim kość czołową. Od wielkości i kształtu tej kości zależy bowiem w dużej mierze charakter całej twarzy. Kość czołowa służy jako ochrona przedniego płatu mózgowego, stanowiącego jeden z najważniejszych odcinków mózgu. U zwierząt niższych ta okolica mózgu jest słabo rozwinięta albo brak jej zupełnie. Ich kość czołowa jest więc odpowiednio niewielka, silnie spłaszczona. U małp kość czołowa jest już znacznie większa, ale płaska i cofnięta ku tyłowi. Człowieka wyróżnia wysokie i w kierunku pionowym sklepione czoło.

Rzecz jasna, że u poszczególnych jednostek zaznaczają się pewne różnice w kształcie i wielkości czoła. Zmienia się ono zresztą także z wiekiem. Czoło dziecka jest stosunkowo niewielkie, szczęka i nos — niewyrośnięte. Dzięki temu twarzyczka dziecięca jest stosunkowo szeroka i okrągła. Dla nadania swej twarzy wyrazu dziecięcego starają się też często kobiety możliwie przesłonić czoło odpowiednią fryzurą — grzywką, lokami itp., artyści zaś, przeciwnie, starają się przez zaczesywanie włosów do góry uwydatnić „myślące“ czoło.

Z wysokim, kształtnym, harmonijnie sklepionym czołem nie należy jednak mieszać chorobliwie powiększonego czoła, będącego skutkiem t. zw. w o d o g ł o w i a .

W warunkach zwykłych komory mózgowe zawierają w swym wnętrzu niewielką ilość płynu mózgowo-rdzeniowego. Pewne zaburzenia spowodować mogą jednak nagromadzenie się w nich większej ilości cieczy, w następstwie czego czoło rozrasta się ponad miarę normalną.

Kość czołowa — to niejako dach ochronny oczodołu. Jego podstawę dolną stanowi t. zw. k o ś ć j a r z m o w a , połączona szwem kostnym z płaskim wyrostkiem jarzmowym kości skroniowej. Pomiędzy oczodołami od kości czołowej w dół zmierzają dwie połączone ze sobą szwem k o ś c i n o s o w e .

Przez środek jamy nosowej przechodzi pionowo ustawiona kost-

ka, zwana lemieszem, po bokach zaś zwisają od brzegów kości sitowej trzy blaszki kostne — t. zw. muszle nosowe.

Przednią część sklepienia jamy ustnej stanowi nieruchoma szczęka górna. Za pomocą dwóch wyrostków łączy się ona bezpośrednio z kośćmi nosowymi.

W przeciwstawieniu do nieruchomej szczęki górnej przedstawia szczęka dolna (inaczej *żuchwa)* jedyny ruchomy element szkieletu twarzy. Żuchwa ma kształt zgiętej ku tyłowi podkowy, jej końce, zwrócone w tył, rozwidlają się na dwa wyrostki. Jeden z nich, t. j. kłykciowy, spoczywa przy zamkniętych ustach w zagłębieniu wyrostka jarzmowego kości skroniowej, gdy zaś usta otwieramy, wysuwa się nieco poza obręb tego wgłębienia. Nadmierne wychylenie szczęki może pociągnąć za sobą zbytnie wysunięcie wyrostka. Wtedy nie podobna przywrócić mu przez skurcz mięśni właściwego położenia — i następuje wywichnięcie szczęki (podczas ziewania).

W obu szczękach — górnej i dolnej — znajdują się charakterystyczne wyżłobienia — zębodoły — w których osadzone są zęby.

Kształtem i wielkością szczęki dolnej różni się człowiek także od wszystkich zwierząt. Słabo rozwinięta żuchwa zakończona wydatnym podbródkiem stanowi jedno ze swoistych znamion ludzkiej twarzy.

Nasuwa się teraz pytanie, czy budowa czaszki jest u wszystkich ludzi jednakowa. W punktach zasadniczych — niewątpliwie. Jednakże pewne odchylenia w kształcie i układzie wykazują czaszki poszczególnych jednostek i ras, każdej z płci, a nawet czaszka tej samej jednostki w różnych okresach życia. Dlatego właśnie służy czaszka jako podstawa badań antropologicznych.

Szczególnie duże zróżnicowanie wykazuje układ kości twarzy. Czyż nie po twarzy rozpoznajemy ludzi? Już samo zestawienie poszczególnych kości nadaje twarzy swoiste piętno, które pozwala ją odróżnić od wszystkich innych. O ostatecznym jednak wyrazie ludzkiego oblicza decydują mięśnie, no i skóra.

MIĘŚNIE

UWAGI WSTĘPNE

Kości i stawy stwarzają jedynie możliwości ruchów i decydują o budowie schematycznej ciała ludzkiego. Elementem, za którego sprawą ruchy ciała dochodzą do skutku, a cała misterna żywa „budowla" otrzymuje kształty pełne, harmonijne i plastyczne, są mięśnie.

Połóżmy lewą rękę na prawym ramieniu, prawe ramię zaś zegnijmy pod kątem prostym, a następnie wyprostujmy. Przy każdym z tych ruchów czujemy wyraźnie, że coś się wewnątrz podczas zginania skraca i napręża, w chwili wyprostowania zaś — spłaszcza i wydłuża. To kurczą się i rozkurczają mięśnie, przytwierdzone końcami swymi do odpowiednich kości.

Z wyglądu znamy wszyscy dobrze ten „ruchliwy" element ciała każdego zwierzęcia. Oglądamy go nieraz w stanie surowym, a zjadamy codziennie, najrozmaiciej przyprawiany, jako t. zw. „mięso". Już gołym okiem wyróżniamy w mięśniu z łatwością poszczególne wiązki czerwonych włókien mięsnych, otoczone błoną, zwaną o m i ę s n ą. Oglądane przez mikroskop okazują się jednak rzekomo jednolite włókna mięsne wiązkami drobnych włókien (o przekroju 0,01—0,1 mm), ułożonych równolegle. W każdym z tych drobnych w ł ó k i e n p i e r w o t n y c h znajduje się snop cieniutkich, o grubości ledwo dostrzegalnej przez mikroskop (około 0,002 mm) włókienek. W włókienkach tych można wyróżnić odcinki ciemne i jasne, które w sumie tworzą jakby prążki przebiegające poprzecznie przez włókna mięsne.

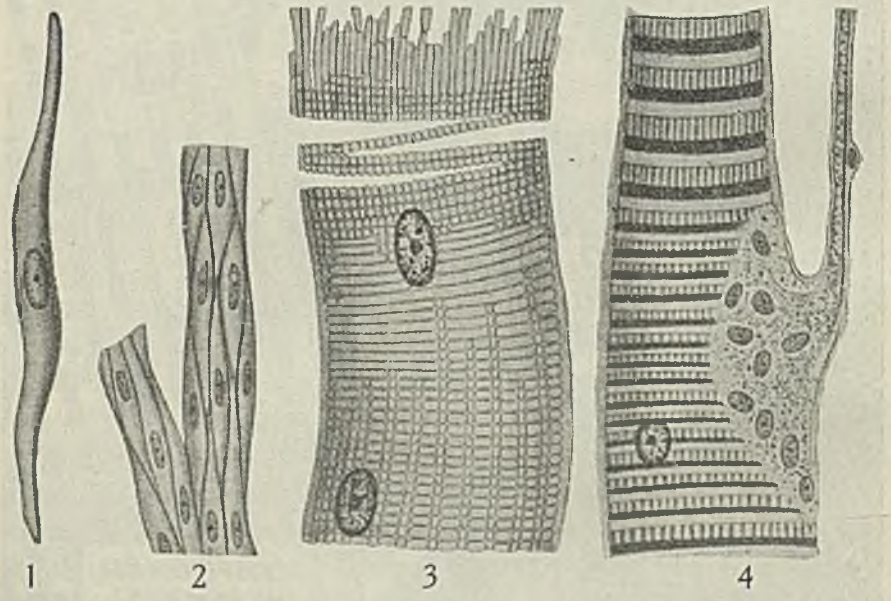
Włókienka mięsne stanowią najważniejszy składnik mięśni. Te to cieniutkie pasemka obdarzone są zdolnością kurczenia się i rozkurczania.

Budowę p o p r z e c z n i e p r ą ż k o w a n ą wykazują wszystkie mięśnie podległe naszej woli, t. zn. mięśnie połączone z kośćmi czyli szkieletowe. Oto postanawiamy np. wzruszyć ramionami, wy-

CZŁOWIEK
POSIADA
639
MIĘŚNI
6 MILIARDÓW
WŁÓKIEN
MIĘSNYCH
6 BILIONÓW
WŁÓKIENEK
MIĘSNYCH

(Wg F. Kahna)

prężyć rękę czy podnieść do góry nogę. Ruchy te wykonywamy bez istotnej przeszkody: mięśnie posłuszne są naszym wewnętrznym nakazom. Gdybyśmy jednak zapragnęli zwolnić bicie serca czy przyśpieszyć ruchy jelit, napotkalibyśmy istotną przeszkodę i musielibyśmy poprzestać jedynie na chęciach. Mięśnie powodujące ruchy narządów wewnętrznych są bowiem całkowicie wyjęte spod naszych wpływów, działanie ich odbywa się zupełnie niezależnie od naszej woli. Odmienna jest też budowa tych mięśni. Składają się one z podłuż-



TKANKA MIĘSNA *(1 i 2 — mięsień gładki, 3 i 4 — mięsień prążkowany)*. 1. Komórka mięśnia gładkiego. 2. Komórki mięśnia gładkiego, zespolone w włókno mięsne. 3. Włókno mięśnia prążkowanego. Włókno zawiera włókienka prążkowane otoczone plazmą. Blisko powierzchni włókna widać dwa jądra. Górna część włókna pod wpływem zadziałania słabego ługu rozpuszcza się na krążki poprzeczne. 4. Połączenie włókna mięsnego prążkowanego z włóknem nerwowym, które wytwarza na powierzchni włókna mięsnego płytkę końcową.

nych, wrzecionowatych komórek, ułożonych gęsto tuż obok siebie. W odróżnieniu od mięśni prążkowanych, noszą one nazwę mięśni gładkich. Mięsień sercowy nie podpada pod żadną z wyróżnionych grup, posiada bowiem budowę swoistą. Składa się wprawdzie z poprzecznie prążkowanych włókien (które są pojedynczymi komórkami), te jednak nie przylegają ściśle do siebie, lecz stykają się spłaszczonymi brzegami, tworząc splot siatkowaty.

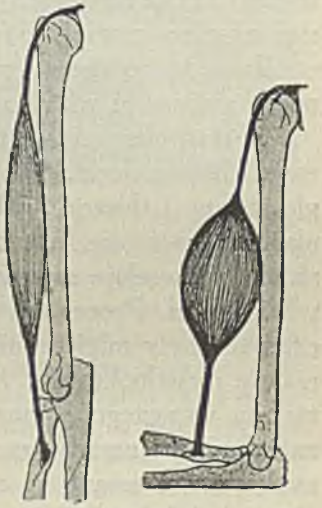
Skurcze i rozkurcze włókien mięsnych stanowią istotę pracy mięśni. Niekiedy następują one po sobie ze zdumiewającą szybkością. Grający w szybkim tempie na skrzypcach wykonywa nieraz swymi 10 palcami 600 ruchów na minutę. U wybitnych pianistów można w ciągu jednej minuty naliczyć przeszło 1200 uderzeń palcami o klawisze. Rekordową szybkość — 1500 ruchów na minutę — osiąga zespół mięśni narządów mowy. Trudno byłoby im jednak współzawodniczyć z mięśniami skrzydeł muszych, które kurczą się 19800 razy w ciągu jednej minuty.

Siła poszczególnych mięśni zależy od ilości włókien mięsnych. Im więcej jest ich w mięśniu, tym większą moc potrafi on rozwinąć. Dlatego oblicza się siłę mięśni na 1 cm^2 przekroju. Jak wykazały badania, na 1 cm^2 przekroju ludzkiego mięśnia przypada siła 3—10 kg.

Od długości mięśnia zależy wielkość możliwego skurczu. Niekiedy mięsień podczas skurczu skraca się aż pięciokrotnie.

Dla zrozumienia mechanizmu działania mięśni musimy jeszcze przyjrzeć się ich połączeniom z kośćmi.

Niekiedy mięśnie przytwierdzone są do kości bezpośrednio. Włókna mięsne przechodzą stopniowo w krótkie pasma mocnej tkanki łącznej, t. zw. ścięgna, które łączą się ściśle z włókienkami okrywającej kość okostnej. Nie zawsze jednak tego rodzaju połączenie jest możliwe. Napotyka ono często trudności techniczne, dobrze znane inżynierom budowy maszyn. Zdarza się, że nie podobna pomieścić na tym samym odcinku przestrzeni źródła siły i instalacji przetwarzających siłę tę na pracę. Często jest się zmuszonym ustawić w piwnicy silnik maszyny pracującej na górnych piętrach domu. Podobne zjawisko przenoszenia sił obserwujemy w układzie niektórych mięśni. Uskuteczniają je także długie a cienkie i mocne ścięgna. Dłoń np., obdarzona niezwykłą ruchliwością, jest wyjątkowo skąpo wyposażona w mięśnie. Większość swych ruchów zawdzięcza ona mięśniom przymocowanym do przedramienia. Długie ścięgna, wychodzące od tych mięśni i przy-



ZMIANA KSZTAŁTU MIĘŚNIA. Na lewo — mięsień w spoczynku. Na prawo — mięsień w stanie skurczu; długość mięśnia zmniejsza się, średnica wzrasta, objętość pozostaje ta sama.

twierdzone do kości dłoni, spełniają rolę pośrednika między obu elementami.

Mięśnie i ścięgna są sprężyste i dzięki temu nawzajem się ochraniają. Mogą bowiem, niby sznury gumowe, rozciągać się i wracać natychmiast do poprzedniej długości. Dzięki tej właściwości nie ulegają one zerwaniu przy gwałtownych ruchach.

Ścięgna stanowią jakby zakończenia mięśni; w odróżnieniu od nich nazywamy właściwy zespół włókien mięsnych b r z u ś c e m mięśnia.

Działanie poszczególnych mięśni zależy od ich kształtu i ułożenia. Mięśnie przyczepione swymi końcami do dwóch różnych kości, połączonych stawami (t. j. mięśnie szkieletowe, których mamy najwięcej), powodują ruch obu kości względem siebie pod kątem. Mięsień okrężny zmniejsza światło (przekrój) np. jelita, które okala, naczynia krwionośnego czy pęcherza. Zmarszczki na czole wywoływane są skurczami włókien mięsnych rozsianych pod skórą.

Skład chemiczny mięśnia jest bardzo skomplikowany: 75% jego wagi stanowi woda, 1% — bogaty zespół soli mineralnych, 4% — węglowodany i tłuszcze, 20% zaś — białko. Zawartością białka w mięśniach tłumaczy się fakt sztywnienia ciała po śmierci: białko mięsne ścina się i powoduje stężenie zwłok. Stężenie zwłok — to nieomylny dowód śmierci. Proces ten dokonywa się tym szybciej, im bardziej wyczerpane były mięśnie umierającego. Podczas wypraw wojennych zdarza się niejednokrotnie, że śmierć zaskoczy nagle po wyczerpującym marszu wspartego o mur żołnierza. Zmęczone mięśnie zesztywniały natychmiast i umarły trwa nadal w tej samej postawie. Na tle podobnych faktów osnute są opowiadania, na pozór fantastyczne, o bezgłowych żołnierzach, sterczących z okopów w postawie stojącej, z niedopitym kieliszkiem w ręku, lub umarłych wodzach, budzących groźną, bojową postawą panikę wśród wrogów.

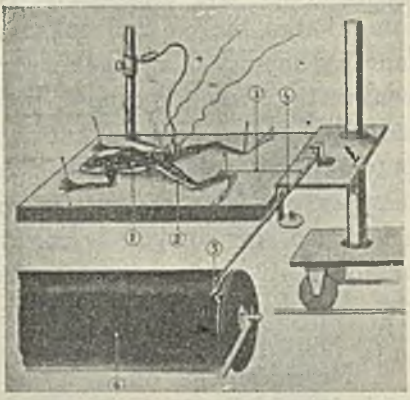
Swą barwę czerwoną zawdzięczają mięśnie zawartemu w nich barwikowi. R o z m i e s z c z e n i e jego nie jest jednak we wszystkich mięśniach jednakowe. Istnieją mięśnie c z e r w o n e i b i a ł e. Te ostatnie posiadają mało barwika, stosunkowo niewiele plazmy, a dużo włókienek.

Drogą licznych badań udało się stwierdzić, że zabarwienie mięśnia jest uwarunkowane spełnianą przezeń funkcją.

Zawieśmy obok siebie dwa mięśnie — jeden typu białego, a drugi typu czerwonego — i poddajmy je działaniu prądu elektrycznego. Cóż się okaże? Mięsień biały zareaguje żywiej i skurcze jego będą szybsze od skurczów mięśnia czerwonego. Obciążmy następnie

oba mięśnie jednakowymi ciężarami, a stwierdzimy, że mięsień o czerwonym odcieniu przerasta siłą mięsień biały. W tym ostatnim znacznie wcześniej wystąpią objawy zmęczenia.

Lekko zabarwionym włóknom zawdzięczają więc mięśnie swą „ruchliwość", czerwonym zaś — wytrzymałość. U kury czy koguta np. mięśnie skrzydeł mają barwę mało nasyconą, należą więc do typu białych, mięśnie u nasady nóg zaś są czerwone. Gołębie natomiast, o słabych nóżkach a świetnie rozwiniętych skrzydłach, przystosowanych do długotrwałych lotów, wykazują wręcz przeciwne rozmieszczenie barwika w mięśniach. Podobnie u człowieka mięśnie np. klatki piersiowej, zawiadujące nieustającymi a powolnymi ruchami oddechowymi, są barwy czerwonej, odcień zaś bladoczerwony mają mięśnie palców u rąk, którymi potrafimy poruszać wręcz błyskawicznie (np. podczas gry na fortepianie).



MYOGRAF MAREYA. Żabę (1), której zniszczono mózg i rdzeń, by znieść wszystkie ruchy dowolne i odruchy, umocowano za pomocą szpilek na płytce. Mięsień nogi (2) odsłonięto, ścięgno jego przecięto i połączono za pomocą nitki (3) z dźwignią (4), opatrzoną na końcu rysikiem (5). Dźwignia porusza się w płaszczyźnie poziomej. Przez druty + i — doprowadza się prąd elektryczny jako podnietę; kurczący się mięsień wprawia w ruch dźwignię, która rysikiem rejestruje swe ruchy na okopconym i obracającym się walcu. W ten sposób uzyskuje się graficzny wykres skurczu mięśnia, na podstawie którego można określić czas trwania skurczu, wielkość skurczu a nawet okres utajonego pobudzenia. *(Wg Tout le corps humain).*

Różnice w stopniu nasycenia barwy występują nie tylko w zespołach mięśni spełniających określone a zasadniczo odmienne funkcje. Włókna obu wyróżnionych rodzajów zawiera też każdy mięsień poszczególny. Dzięki temu powiązaniu obu typów włókien mięsnych mięsień jednoczy w sobie obie cenne właściwości — ruchliwość i wytrzymałość. Pod wpływem podrażnienia następuje przede wszystkim skurcz włókien bladoczerwonych. One zapoczątkowują pracę mięśnia. Włóknom czerwonym przypada jedynie rola utrzymywania mięśnia w danej pozycji.

Do ruchu pobudzają nasze mięśnie impulsy wysyłane przez układ nerwowy. Coraz to biegną do nich pobudzenia z mózgu lub

rdzenia pacierzowego. W ciągu ułamka sekundy dociera podnieta nerwowa do mięśni nieraz poprzez długie szlaki nerwowe. Reakcja następuje prawie natychmiast. Ta zdolność reagowania stanowi istotną właściwość mięśni.

Czyż zawsze jednak mięśnie są posłuszne nakazom ośrodków nerwowych? Oto uszkodzone zostały zakończenia nerwowe w mięśniu. Nadal biegną doń nakazy, ale on ich nie odbiera. Stale wysyłane są impulsy z mózgu czy rdzenia, a mięsień nie reaguje. Takie właśnie przerwanie łączności fizjologicznej między nerwem a mięśniem następuje pod działaniem k u r a r y — jadu wynalezionego i używanego przez Indian południowo-amerykańskich do zatruwania strzał. Przeniknąwszy w głąb organizmu trucizna ta powoduje jedynie porażenie zakończeń nerwowych w mięśniach. Toteż mimo nieuszkodzonego układu nerwowego i nieuszkodzonych mięśni stają się niemożliwe ruchy dowolne i odruchy. Ustaje więc również czynność oddychania i następuje śmierć.

Praca mięśni odbywa się wedle pewnego określonego rytmu: napięcie — odprężenie — spoczynek. Potrafimy bez zbytniego zmęczenia odbywać dalekie spacery, rozmawiać czy grać godzinami na fortepianie, nie ustają w pracy mięśnie klatki piersiowej, mimo że proces oddychania odbywa się stale, nieprzerwanie pracuje serce — jedynie dlatego, że we wszystkich tych czynnościach poszczególne skurcze mięśni przedzielane są króciutkimi przerwami. Po każdym wysiłku musi nastąpić moment wytchnienia, w ciągu którego mięsień mógłby zaopatrzyć się w nowy ładunek energii. We wnętrzu mięśnia odbywa się bowiem proces gromadzenia energii — podobnie jak w akumulatorze elektrycznym. Zapasy energii przybywają doń wraz z krwią w postaci składników odżywczych — białka, węglowodanów, tłuszczu oraz tlenu. Podczas pracy wyzwala się z nich energia, następuje rozpad g l i k o g e n u (węglowodanu, zwanego też *skrobią zwierzęcą)* i zużycie tlenu. Jako produkty tych przemian pojawiają się k w a s w ę g l o w y i t. zw. k w a s m l e k o w y. Pierwszą z tych substancji wchłania krew, która po okrążeniu organizmu oczyszcza się w płucach. Większa ilość kwasu węglowego we krwi wywołuje podrażnienie narządów oddechowych, co z kolei wpływa na przyśpieszenie procesu oddychania. Przy większych wysiłkach mięśni obserwujemy zawsze oddech wydatnie przyśpieszony. Po przebyciu szybkim krokiem większego szmatu drogi jesteśmy zdyszani, brak nam tchu i ledwo potrafimy przemówić.

Wydzielający się podczas skurczu mięśnia kwas mlekowy łączy się z zawartym w nim białkiem i staje się produktem szkodliwym,

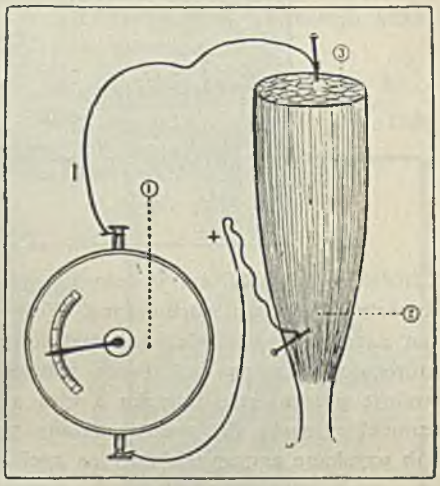
powoduje zmęczenie, a przy wytężonej pracy — stan, który nazwać by można zatruciem mięśnia.

Obok kwasu węglowego i mlekowego pojawiają się w mięśniu podczas pracy, jako produkty rozpadu białka, swoiste jady, t. zw. t o k s y n y. Jady te przenikają do krwi i powodują zmęczenie nie tylko mięśnia, ale całego ciała. Po długotrwałym marszu opadamy niekiedy zupełnie z sił, nie jesteśmy w stanie poruszyć nawet palcem, mimo że pracowały tylko mięśnie nóg.

Nadmierny wysiłek mięśni może nawet stać się przyczyną śmierci. Jako skutek nagromadzenia się większej ilości „produktów zmęczenia" następuje bowiem zatrucie całego organizmu.

Dzieje przekazały nam piękny przykład bohaterskiej śmierci, spowodowanej przemęczeniem mięśni.

W V w. przed Nar. Chr. Ateny prowadziły wojnę z Persami. Wróg zbliżał się ku stolicy. Obywatele, zgromadzeni na rynku, czekali z trwogą na wieści z pola walki. Wtem w bramy miasta wpadł okryty kurzem, zdyszany żołnierz ateński w pełnym uzbrojeniu. Zdążył jedynie wydać okrzyk: „Zwycięstwo!" i padł bez życia.



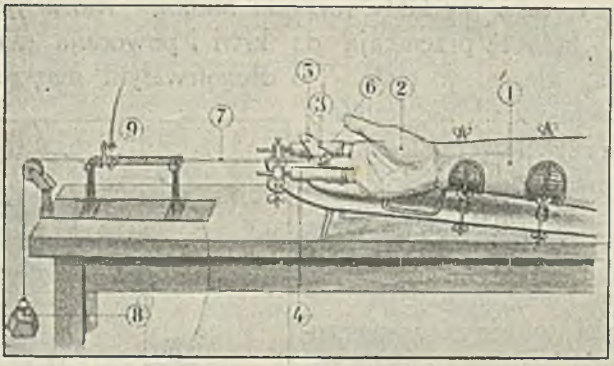
ELEKTRYCZNOŚĆ TKANKOWA. O istnieniu elektryczności tkankowej, np. mięśniowej, przekonać się można łącząc czuły galwanometr za pomocą dwu przewodników z powierzchnią nieuszkodzoną mięśnia i jego przekrojem. Stwierdzamy wtedy ruch wskazówki galwanometru, a więc obecność sił elektrycznych. 1. Galwanometr; powierzchnia mięśnia (2) jest elektrododatnia wobec przekroju (3).

Ateńczycy pobili wroga pod Maratonem, odległym od Aten o 40 km. Żołnierz przebiegł tę przestrzeń w pełnym rynsztunku, nie zatrzymując się ani razu.

Poza pracą fizyczną wpłynąć mogą na obniżenie sprawności działania mięśni jeszcze inne czynniki. W pierwszej linii — praca umysłowa i narkotyki. W tych wypadkach przyczyn zmęczenia należy doszukiwać się nie w mięśniach samych, lecz w mózgu, którego nakazy wtedy wydatnie słabną.

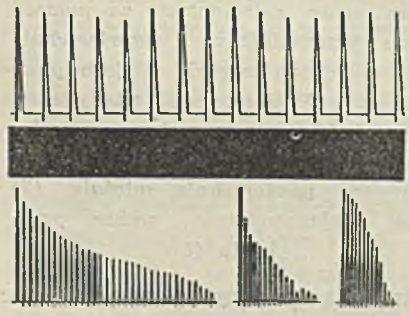
Fakt męczenia się mięśni można stwierdzić przy pomocy bardzo prostego doświadczenia. Każemy osobie badanej w określonych

odstępach czasu podnosić na pewną wysokość jakiś ciężar. Początkowo ruchy będą śmiałe, pełne i rozległe. Powoli jednak słabną, aż wreszcie nadchodzi moment, gdy mięsień nie jest już w stanie unieść



ERGOGRAF MOSSO'A. Przedramię (1), dłoń (2), palec wskazujący (3) i palec czwarty (4) są unieruchomione. Wolny jest jedynie palec średni (5). Na palec ten nasadzony jest pierścień metalowy (6), połączony ze sznurkiem, na końcu którego zawieszony jest (przy pomocy bloku) ciężarek (8). Zgięcie palca powoduje przesunięcie sznurka a tym samym podniesienie ciężarka. Połączony ze sznurkiem rysik (9) notuje zmiany położenia sznurka i ciężarka. (W ten sposób uzyskane zarysy widzimy na rycinie następnej). *(Wg Tout le corps humain).*

ciężaru. Jeżeli oznaczymy kolejno punktami na osiach współrzędnych (t. j. na dwóch prostych przecinających się pod kątem prostym) wysokość osiągniętą przy poszczególnych ruchach, a następnie je połączymy, otrzymamy krzywą opadającą w dół równomiernie. Będzie to t. zw. krzywa znużenia.



Krzywa znużenia otrzymana za pomocą ergografu Mosso'a.

Dla otrzymania zupełnie ścisłych wyników posługujemy się w takich doświadczeniach specjalnym przyrządem, zwanym ergografem.

Przemęczenia mięśni można łatwo uniknąć przestrzegając właściwego rytmu pracy, t. j. przeplatając ją odpowiednio odpoczynkiem.

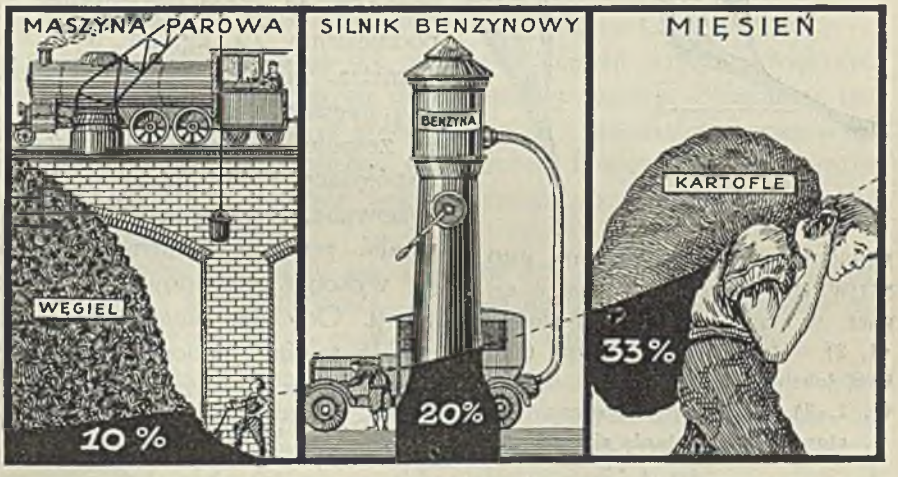
Racjonalna praca rozwija i wzmacnia mięśnie, czyni je jędrnymi, silnymi i wytrzymałymi. Jest rzeczą wiadomą, że pracownicy fizyczni mają mięśnie świetnie rozwinięte. Znane jest też powszechnie dobroczynne działanie gimnastyki, sportu i gier ruchowych.

Na czymże polega owo doniosłe znaczenie odpoczynku podczas pracy?

W momentach wytchnienia kwas mlekowy i inne produkty znużenia wytworzone w mięśniu powoli znikają. Łącząc się z dowożonym przez krew tlenem częściowo się spalają, częściowo zaś zamieniają we wspomniany już wyżej glikogen.

Spalaniu się kwasu mlekowego towarzyszy oczywiście wytwarzanie się ciepła. Współdziała ono w utrzymywaniu naszego ciała w stałej temperaturze około 37° C.

W mięśniach naszych dokonywa się więc, podobnie jak w każdej maszynie, stały proces przemiany energii na pracę i ciepło. W ma-

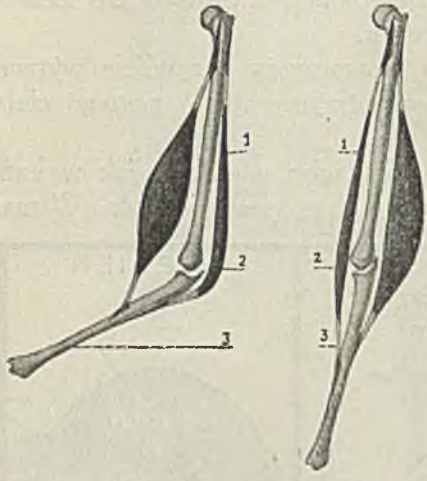


Stopień użyteczności (t. j. procent energii mechanicznej w stosunku do ogólnej przemiany energii) pracy mięśniowej w porównaniu ze znanymi silnikami. Na rycinie wskazane są źródła energetyczne pracy mięśniowej (kartofle, względnie inne materiały odżywcze) i silników (węgiel, benzyna). *(Wg F. Kahna).*

szynie jednak ważna jest jedynie praca. Ciepło jest nieużytecznym dodatkiem, widomą oznaką nieuniknionej a niepożądanej straty energii. W mięśniach sprawa przedstawia się inaczej. Ciepło nie jest tu produktem ubocznym i zbędnym, lecz jednym z podstawowych czynników życia organizmu.

Praca mięśni ludzkich nie ustaje całkowicie nawet podczas snu. W stanie najzupełniejszego spoczynku wykazują one jeszcze lekkie napięcie. Jest to jedno ze znamion charakterystycznych żywego ciała. Wyraz spokoju i pogody na twarzy umarłego jest często skutkiem odprężenia mięśni, które za życia, napięte, nadawały pewną surowość rysom.

Największe napięcie wykazują mięśnie, rzecz jasna, podczas pracy. W momentach spoczynku nie odprężają się wprawdzie całkowicie, obluźniają się jednak znacznie i wiotczeją. Tak często obserwowany fakt opadania głowy w dół podczas drzemki w pozycji siedzącej tłumaczy się właśnie osłabieniem mięśni, które nie są w stanie utrzymać głowy w równowadze.



MIĘŚIEŃ ZGINACZ I MIĘŚIEŃ PROSTOWNIK. Na lewo — mięsień zginacz w stanie skurczu, prostownik (1. 2) — w stanie rozkurczu (3 — kość łokciowa). Na prawo — zginacz (1, 2, 3) w stanie rozkurczu, prostownik — w stanie skurczu.

Siła naszych mięśni jest znaczna. Przy tak niepozornej czynności, jak rozłupywanie orzecha zębami, odpowiedni mięsień potrafi wykonać pracę, której starczyłoby na podniesienie 75 kg na wysokość 1 metra. Najczęściej jednak działają mięśnie nie pojedynczo, lecz w zespole. Dzięki ich zgodnej współpracy ruchy nasze są skoordynowane, harmonijne. Chcemy np. ustalić pozycję ramienia czy nogi, wykonać ruch powolny, hamowany. Od razu biegnie impuls do dwóch mięśni jednocześnie: następuje skurcz t. zw. z g i n a c z a i p r o s t o w n i k a — dwóch zdecydowanych przeciwników *(antagonistów)*. Siła obu skurczów nie jest jednakowa, przewaga jest po stronie zginacza; prostownik odgrywa jedynie rolę hamulca. Oba mięśnie działają niejako jak cugle. Należycie pokierować koniem można napinając odpowiednio cugle. Pożądany ruch ramienia osiągamy dzięki wzajemnej regulacji odpowiednich mięśni.

Przy ruchach szybkich mięsień antagonistyczny ułatwia ruch, czynnie się rozluźniając.

Rzecz jasna, że ruchy bardziej skomplikowane wymagają współudziału nie tylko dwóch przeciwstawnych, lecz wielu rozmaicie ze sobą powiązanych grup mięśniowych. Na chód czy bieg np. składa się cały szereg odpowiednio skoordynowanych ruchów, z których każdy jest skutkiem skurczów innego zespołu mięśni. W analizie ruchów złożonych wielkie usługi oddaje nam film. Pozwala on na dowolne zwalnianie tempa chodu czy biegu, co umożliwia wyodrębnianie poszczególnych elementów.

Wejrzeliśmy więc w tajniki działania mięśni. Wiemy już, że żywiołem ich jest ruch, praca.

A cóż się stanie, jeżeli wskutek nieodpowiedniego trybu życia mięsień skazany zostanie na przymusową bezczynność? Przede wszyskim straci on swą jędrność i sprężystość — zwiotczeje. W wypadkach zaś, gdy próżniaczy tryb życia wiąże się z nadmiernym, zbyt obfitym odżywianiem, skutki mogą być wręcz katastrofalne.

Należy bowiem pamiętać o tym, że praca mięśni nie odbywa się w odosobnieniu, lecz ożywia działalność niemal wszystkich narządów ciała. Gdy mięśnie pracują, zużywają więcej tlenu, zarazem wzmaga się, siłą rzeczy, wydzielanie kwasu węglowego. Oba te procesy pociągają za sobą przyśpieszone oddychanie.

Jednocześnie wymaga też pracujący mięsień dopływu większych ilości materiałów potrzebnych do przemiany materii. Substancji tych dostarcza mu krew, która z kolei czerpie ją z materiałów zapasowych, np. glikogenu nagromadzonego w wątrobie. Podczas pracy fizycznej organizm zapasy te zużywa, wskutek czego wzrasta zapotrzebowanie na materiały odżywcze.

Pojemność organizmu na glikogen jest ograniczona. Gdy więc mięśnie trwają w bezczynności, nadmiar nie zużytych materiałów odżywczych zamienia się na zapasy tłuszczu (nadmierne tycie).

Wielkie niebezpieczeństwo dla zdrowia człowieka kryje w sobie mechanizacja powszechna. Posiadaczom pięknych aut nie wolno zapominać o nogach, których powołaniem jest chodzenie. Wiele przyjemności daje niewątpliwie przebywanie w ciągu krótkiego czasu olbrzymich przestrzeni, należy jednak od czasu do czasu „ponieść ofiarę" na rzecz nóg i pospacerować pieszo. Mięśnie — to z natury swej element „pracowity".

Oprócz ruchów lokomocyjnych (poruszanie całego ciała) pełnią mięśnie ważne funkcje w takich procesach, jak oddychanie, krążenie, przeprowadzanie pokarmu przez przewód pokarmowy, fonacja (wydawanie głosu) i związana z tym mimika. Gdy z zachwytem i w napięciu śledzimy bogatą a subtelną mimikę twarzy aktora na scenie czy na ekranie, która umie wyrazić najsubtelniejsze, najbardziej nieuchwytne odcienie uczuć, podziwiamy właściwie ruchy mięśni.

Mięśnie czynią też z nas ciekawy model dla artysty. One przyoblekają nasz szkielet kostny w żywe, jędrne „ciało". Artyzm pięknej rzeźby polega często właśnie na tym, że oddaje ona w całej pełni plastykę mięśni.

PRZEGLĄD MIĘŚNI

Powłoka mięśniowa ludzkiego szkieletu składa się aż z 639 elementów, a waga jej wynosi przeciętnie u mężczyzny 23—25, u kobiety zaś 15—20 kg. Na sam szkielet twarzy przypada około 50 mięśni. Rozsiane obficie pod skórą lub przyczepione do kości, pozwalają one wyrazić natychmiast każde niemal uczucie. Za sprawą mięśni gości na twarzy naszej uśmiech, ściągają się brwi na znak gniewu, opadają kąciki ust, gdyśmy bliscy płaczu, przymykają się ze znużenia powieki, marszczy się czoło, gdy myślimy o czymś z natężeniem. Zmienność wyrazu ruchliwej twarzy — to najlepszy drogowskaz dla psychologa, usiłującego wedrzeć się w zakamarki duszy ludzkiej.

KLASYCZNY WYRAZ CIERPIENIA i BÓLU — twarz Laokoona (40—20 lat przed Nar. Chrystusa).

Rzecz jasna, że u każdej jednostki pewne reakcje psychiczne, a więc i skurcze pewnych mięśni powtarzają się szczególnie często. Dzięki temu z biegiem lat ustala się wyraz twarzy, tworząc t. zw. fizjonomię człowieka.

Spośród mnóstwa mięśni okrywających twarz wymienimy tylko najważniejsze: mięśnie okrężne oka okalające oczodoły, za sprawą których zwierają się powieki; mięsień okrężny ust powodujący zwarcie się ust; mięśnie jarzmowe czyli licowe, zmierzające od kości jarzmowych ku ustom i czynne przy uśmiechu; mięsień trójkątny brody, ściągający kąciki ust ku dołowi, a więc współdziałający przy objawianiu pogardy lub zapowiadający wybuch płaczu. Wreszcie t. zw. żwacze, powodujące ruchy szczęki dolnej, a wspomagane przez mięsień skroniowy.

Tylna część czaszki jest skąpo wyposażona w mięśnie i służy jedynie jako miejsce przyczepu mięśni szyi i grzbietu, a właściwe jej nakrycie stanowi ścięgnisty czepiec. Pod skórą czaszki rozpięta cienka warstwa mięśni znajduje się w stanie zanikowym.

Szyję okrywają dwa zespoły mięśni: jeden z nich ma swe punkty przyczepu na kościach czaszki oraz górnych kręgach, a zmierza do mostka i górnych żeber, drugi stanowi przedłużenie mięśni grzbietu.

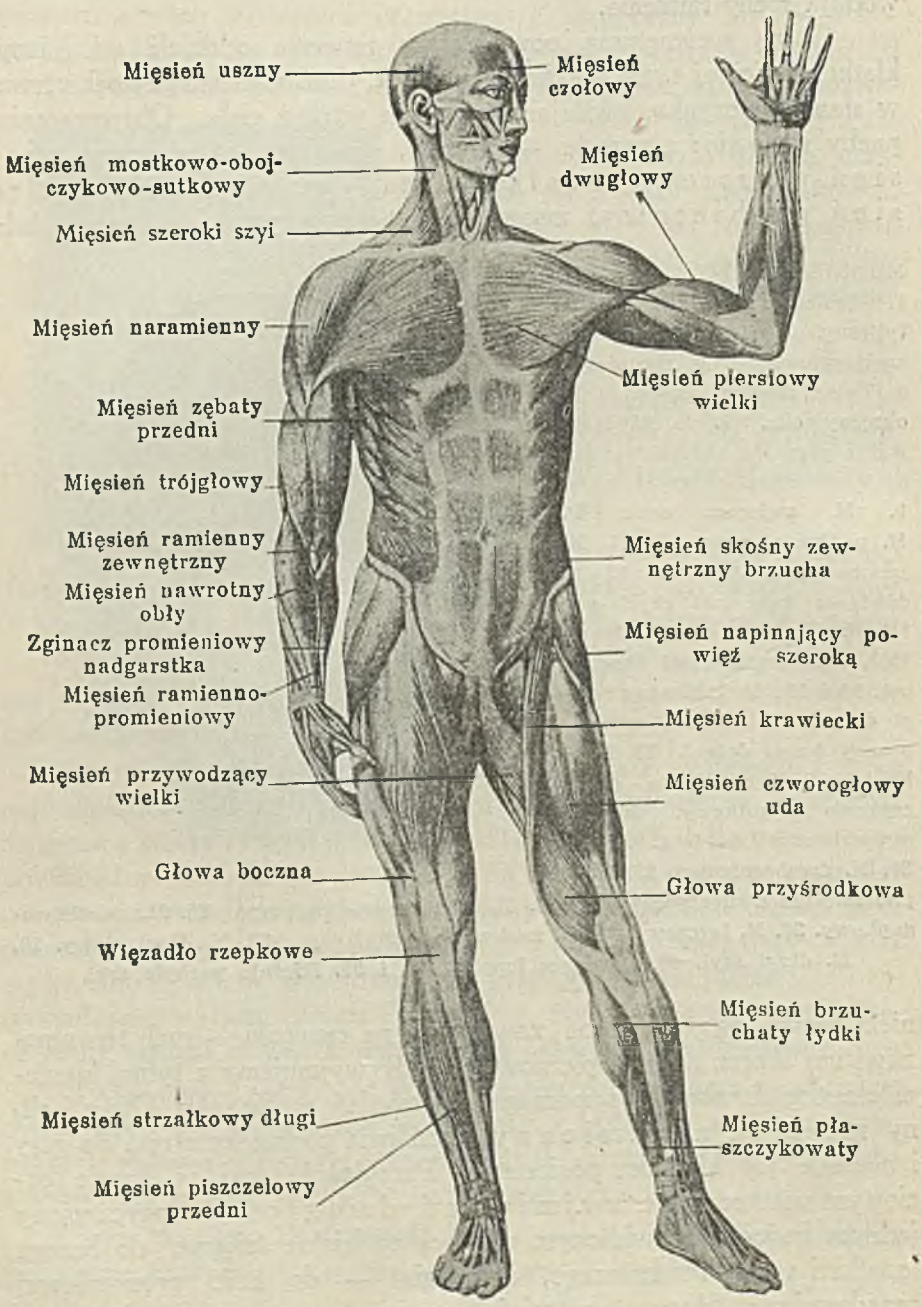
Grzbiet pokryty jest grubym pokładem masywnych mięśni, które wespół z mięśniami okrywającymi powierzchnię klatki piersiowej powodują ruchy ramienia.

Górną wewnętrzną powierzchnię ramienia oddziela od ściany klatki piersiowej t. zw. pacha, t. j. dołek, dość głęboki, gdy ręka trwa w stanie spoczynku, zwisając swobodnie wzdłuż ciała. Obramowanie pachy stanowią: z przodu — szeroki, wachlarzowo rozpięty mięsień piersiowy wielki, z tyłu — sporych rozmiarów mięsień grzbietowy, zwany kapturowym. Zechce np. żoł-

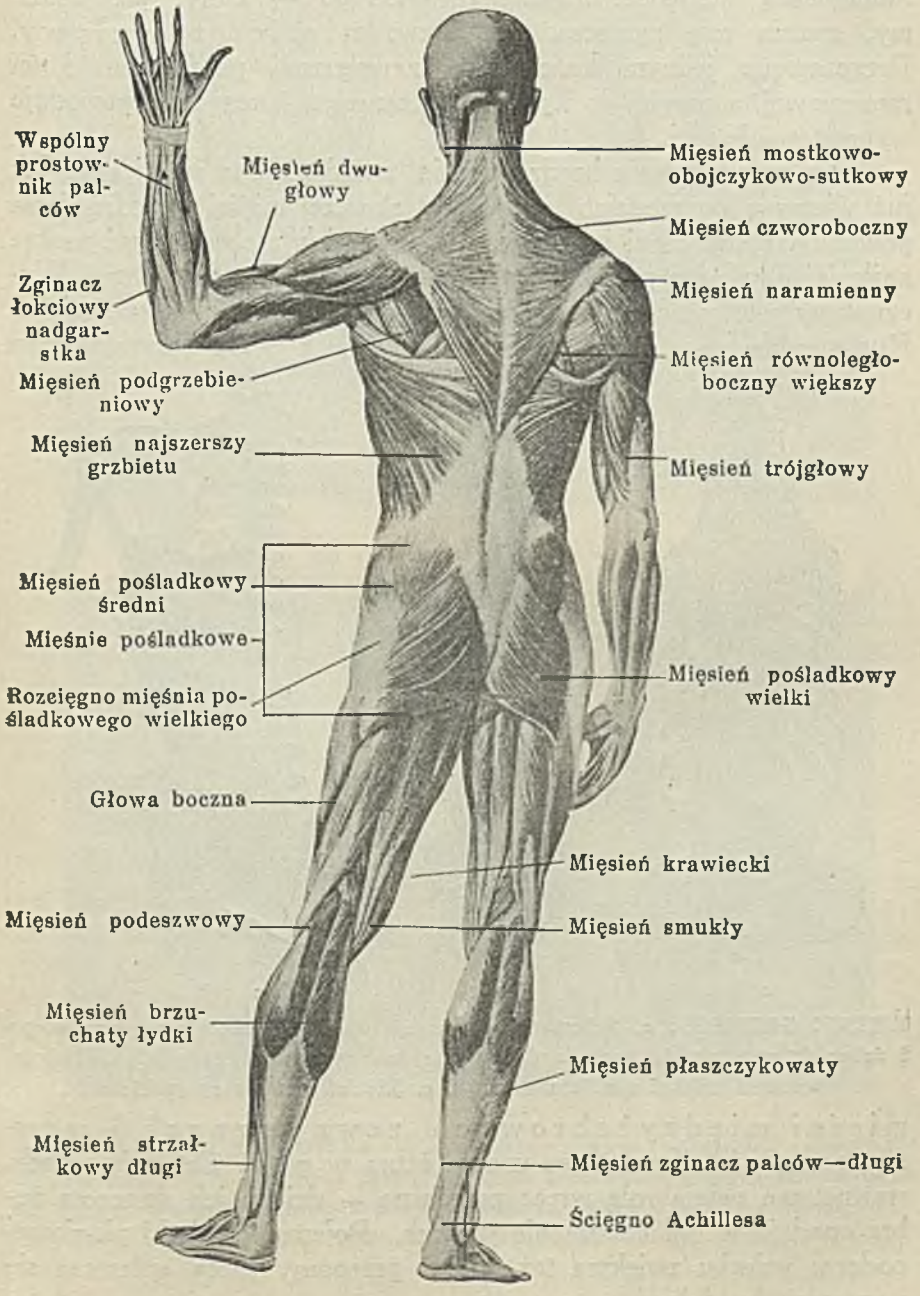
MIĘŚNIE GŁOWY I SZYI. 1. Mięsień czołowy. 2. M. potyliczny. 3. Czepiec ścięgnisty czyli ogłowie. 4. M. skroniowy. 5. Tylny mięsień uszny. 6. M. okrężny oka. 7. M. dźwigacz wargi górnej i skrzydeł nosa. 8. M. zwieracz skrzydeł nosa. 9. M. zwieracz nosa, 9'. M. podłużny nosa. 10. 11. M. jarzmowy. 12. M. żwacz. 13. M. dźwigacz kąta ust czyli psi. 14. M. dźwigacz wargi górnej. 15. M. zwieracz czyli okrężny ust. 16 i 16'. M. trójkątny wargi dolnej. 17. Mięsień czworoboczny wargi dolnej. 18. Podbródek. 19. M. mostkowo - obojczykowo - sutkowy. 20. M. czworoboczny grzbietu. 21 — 21. M. dwubrzuścowy. 23. Ścięgno mięśnia dwubrzuścowego. 24. M. łopatkowo - gnykowy. 25. M. mostkowo-gnykowy. 26. M. tarczowy. 27. M. żuchwowo - gnykowy. 28. M. długi głowy. 29. M. długi szyi. 30. Dźwigacz łopatki. 31. i 32. Mięśnie pochyłe szyi.

nierz prawą ręką ująć broń zawieszoną na ramieniu — ruch ten umożliwi mu skurcz mięśnia piersiowego; gdy wyjmujemy z tylnej kieszeni chustkę do nosa — wspomaga nas mięsień grzbietowy. Duży i silny mięsień naramienny umożliwia podniesienie ręki do góry i nadanie jej kierunku poziomego. Przeginanie ręki w stawie łokciowym uskutecznia t. zw. mięsień dwugłowy przyczepiony jednym końcem, rozwidlonym na dwa oddzielne ścięgna, do brzegu łopatki i wyrostka kruczego, a drugim — do kości promieniowej przedramienia. Skurcz tego mięśnia pociąga za sobą zbliżenie przed-

Mięśnie i ścięgna od przodu

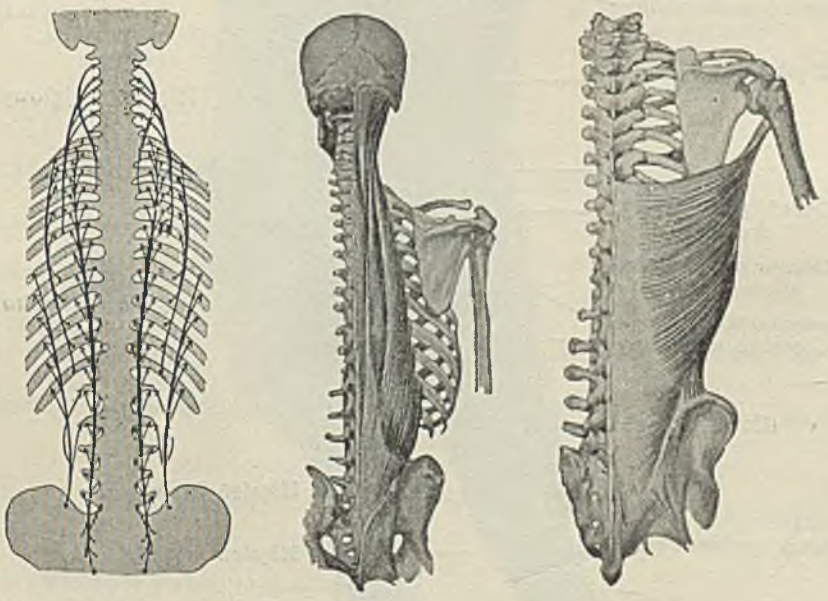


Mięśnie i ścięgna od tyłu



ramienia do ramienia. Następuje zgięcie ręki w łokciu pod kątem. Antagonistą względem mięśnia dwugłowego — który, jak widzimy, spełnia rolę zginacza, jest t. zw. mięsień trójgłowy. Przyczepiony jednym końcem do zewnętrznej powierzchni kości ramieniowej, a drugim do wyrostka łokciowego, kurcząc się, powoduje wyprostowanie ręki.

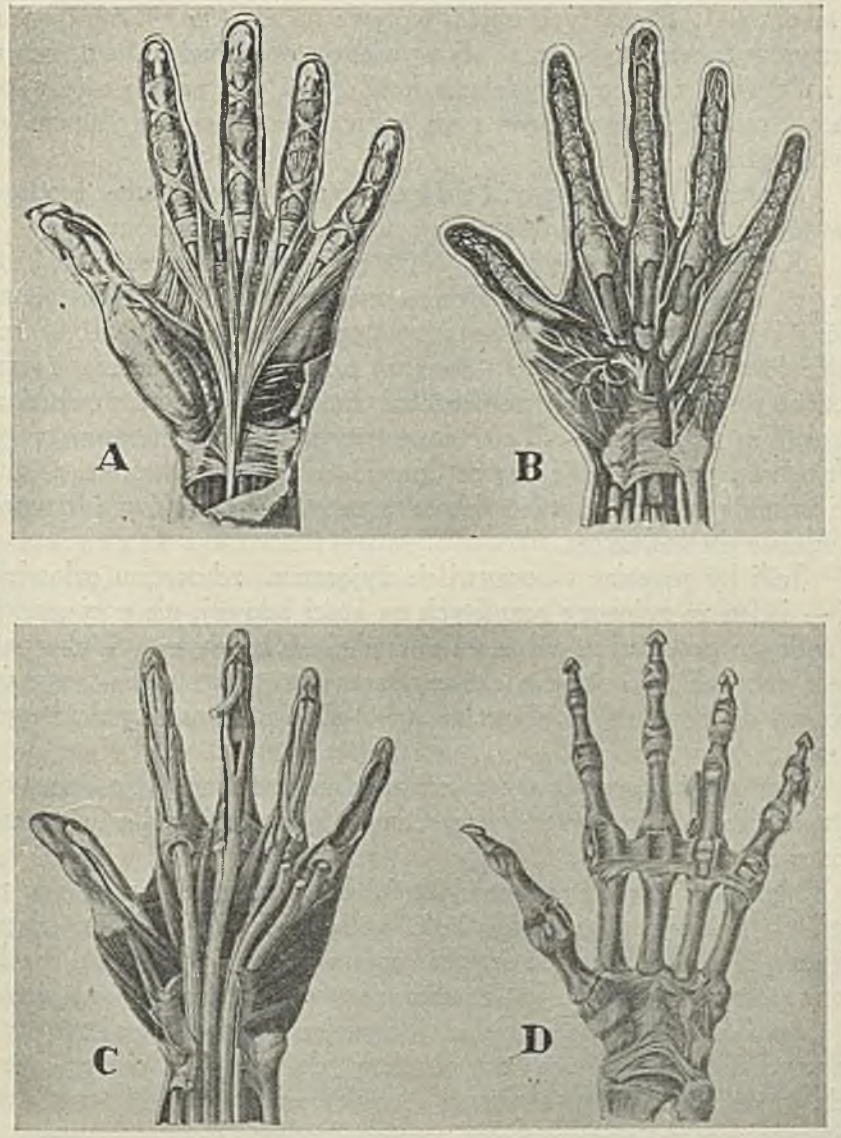
Na przedramieniu bardzo licznie rozmieszczone są mięśnie. Jak już wiemy z poprzednich rozważań, skurcze mięśni przedramienia powodują ruchy dłoni i palców. Działanie ich zaobserwować można najlepiej dotykając przedramienia osoby grającej na fortepianie. Wyczuwamy wtedy wyraźnie skomplikowaną a harmonijną grę mięśni. Ruchy oddechowe klatki piersiowej odbywają się dzięki skurczom



MIĘŚNIE GRZBIETU. a. Schemat najgłębszej warstwy mięśniowej kręgosłupa i żeber (strona grzbietowa), uwidocznionej na rysunku sąsiednim. b. Głębsza warstwa mięśni grzbietu i karku. c. Mięsień najszerszy grzbietu.

mięśni międzyżebrowych zewnętrznych i wewnętrznych. Zewnętrzne unoszą żebra w górę i ułatwiają wdech, wewnętrzne pełnią rolę wręcz przeciwną — dzięki ich skurczom żebra opadają w dół i następuje wydech. Pojemność klatki piersiowej podczas wdechu zwiększa też skurcz przepony, która spłaszcza się i opuszcza ku dołowi.

Jama brzuszna jest otoczona czterema parami mięśni, współczyn-



ANATOMIA RĘKI CZŁOWIEKA. A. Pierwsza warstwa (zewnętrzna): rozcięgno dłoniowe. B. Druga warstwa: nerwy, naczynia i pochewki ścięgien mięśniowych. C. Trzecia warstwa: mięśnie i ścięgna dłoni. D. Czwarta warstwa (najgłębsza): kości i więzadła dłoni.

nych przy wytwarzaniu t. zw. tłoczni brzusznej (przy nadymaniu się). Praca tych mięśni wpływa na niektóre elementy pracy narządów trawienia. Kurcząc się wywierają one bowiem ucisk na jelita i ułatwiają czynność wydalania kału. Poza tym nadają moc i sprężystość powłokom brzusznym i nie pozwalają osuwać się jelitom własnym ciężarem.

Skurcz mięśni pośladkowych prostuje staw biodrowy i współdziała w utrzymywaniu ciała w postawie wyprężonej.

Kończynom dolnym natura także nie poskąpiła mięśni. Kość udowa jest cała przyobleczona w duże, masywne mięśnie. Rozkład zginaczy i prostowników jest tu przy tym zupełnie inny niż w kości ramieniowej, ściślej mówiąc — wręcz przeciwny. Zginacze rozmieszczone są wzdłuż tylnej powierzchni kości udowej, prostowniki zaś rozpięte są na przedniej. Te ostatnie tworzą główną masę mięśniową. Wagą swą przewyższają swych „przeciwników" trzykrotnie. Zginacze zajmują tu niejako stanowisko drugorzędne, rola główna przypada w udziale prostownikom.

Jeśli by przeciąć — oczywiście żyjącemu, zdrowemu człowiekowi — jeden ze zginaczy rozpiętych na kości udowej, nie pociągnęłoby to żadnych poważnych zaburzeń w funkcjach kończyny. Gdyby natomiast dokonać tego samego eksperymentu na prostowniku przytwierdzonym do przedniej powierzchni uda, ciało załamałoby się natychmiast.

Ten nierówny podział ról jest zupełnie zrozumiały, jeśli zważyć, że zadaniem nóg jest przede wszystkim utrzymywanie ciała w postawie pionowej.

Masywny mięsień przedniej części uda, utrzymujący nogę w pozycji wyprężonej, sięga aż do kości goleniowej. W pobliżu miejsca przyczepu wychodzące zeń ścięgna oplatają t. zw. rzepkę kolanową, której zadaniem jest zamknięcie stawu kolanowego od przodu.

Spośród mięśni podudzia najważniejszy jest mięsień łydkowy, dolnym końcem przyczepiony do pięty za pomocą szerokich, mocnych ścięgien, zwanych Achillesowymi. Dzięki temu stopa utrzymywana jest stale w stanie pewnego napięcia.

Silnie sklepiona stopa stanowi swoisty element nogi ludzkiej i przystosowana jest do trwałego dźwigania wielkiego obciążenia, t. j. ciężaru całego ciała. Na samej stopie jest niewiele słabych mięśni. Natomiast na podudziu stwierdzamy układ licznych mięśni o długich ścięgnach, za sprawą których dochodzą do skutku ruchy stopy i palców.

KRĄŻENIE KRWI I LIMFY

KREW

Komu z nas nie zdarzyło się pokaleczyć sobie palca?

W miejscu skaleczenia pojawia się krew — gęstawa, czerwona, nieprzezroczysta, jednolita na pozór ciecz. Gdy jednak obejrzymy kroplę krwi przez mikroskop, przekonamy się, że płynna krew zawiera cały szereg składników stałych.

Przede wszystkim wyróżniają się pod mikroskopem bladożółte krążki, skupiające się na kształt monet w ruloniki. Są to t. zw. czerwone ciałka krwi *(krwinki czerwone*, w języku naukowym — *erytrocyty)*. Bezbarwne komórki, przyjmujące kształt pełzaka *(ameby)*, noszą nazwę białych ciałek krwi i dzielą się na leukocyty (jeszcze inaczej — *fagocyty)* i limfocyty. Wreszcie trzecim elementem stałym krwi są t. zw. płytki krwi. Wszystkie te ciałka krwi unoszą się swobodnie, są zawieszone w osoczu, stanowiącym istotny składnik ciekły krwi.

Krew spełnia w organizmie niezwykle doniosłe funkcje: rozprowadza po całym ciele produkty odżywcze i tlen — niezbędne do życia — i oczyszcza organizm z nie zużytych resztek.

Zawartość tego bezcennego soku żywotnego w organizmie nie przekracza 5 litrów. Z tego jest dopuszczalna utrata najwyżej dwóch litrów. Już jednak zubożenie organizmu o 2 litry krwi wystawia życie człowieka na poważne niebezpieczeństwo.

Jak broni się organizm przed nadmierną utratą krwi?

Wiadomo, że każde skaleczenie powoduje upływ krwi. Upływ ten trwa jednak na ogół krótko — gdy minie kilka chwil, krew gęstnieje, ciemnieje, zamienia się w galaretowatą masę. W miejscu zadraśnięcia powstaje skrzep.

Dlaczegoż tak się dzieje, że krew prawie natychmiast po wydostaniu się z ranki krzepnie, a nie czyni tego jeszcze w naczyniach krwionośnych, wewnątrz naszego ciała?

Dla wyjaśnienia tego ciekawego zjawiska przeprowadzono cały szereg doświadczeń. Okazało się, że do krzepnienia pobudza krew ze-

tknięcie z ciałem chropowatym, a więc w wypadku skaleczenia — z brzegami powstałej rany.

Gdy przewiązywano na przykład w dwóch miejscach jedno z głównych naczyń krwionośnych psa, w przewiązanej części krew pozostawała nadal płynna. Wystarczyło jednak wprowadzenie czegokolwiek z zewnątrz, np. drzazgi, a krew krzepła natychmiast. Podobne wyniki dały inne doświadczenia. Krew nie krzepła, jeżeli wlewano ją do naczynia posmarowanego wewnątrz tłuszczem; żadnych zmian nie wywoływało też zanurzanie do naczynia z krwią gładkiej sztabki szklanej; krzepnienie następowało jednak natychmiast, gdy sztabkę szklaną zastępowano drewnianą.

Jakie zachodzą przemiany w krzepnącej krwi?

Trudno zbadać dokładnie proces krzepnienia na małej ilości krwi, jaka wydostaje się z drobnej ranki. Wlejmy jednak do szklanki większą ilość krwi świeżo zarżniętego zwierzęcia i odstawmy ją na pewien czas, a przekonamy się, że cała zawartość szklanki zamieni się w galaretę. Po dłuższym czasie jednolita początkowo galareta rozdzieli się na przejrzysty płyn — s u r o w i c ę i bezkształtną, zwartą, ciemno zabarwioną masę — s k r z e p.

Proces krzepnienia krwi polega więc na skupianiu się i wyodrębnianiu z niej ciał stałych.

Pod wpływem zetknięcia z brzegami rany następuje rozpad płytek krwi, który z kolei — w obecności zawartej w osoczu soli wapnia — wywołuje wytwarzanie się włókienek, t. j. przemianę rozpuszczonego w osoczu c i a ł a w ł ó k n i k o r o d n e g o w nierozpuszczalny włóknik. Włókienka te chwytają w swe „sidła" czerwone ciałka krwi, zlewają się z nimi w gęstą, zwartą masę, dokoła której tworzy się otoczka z ciałek białych. Powstały w ten sposób skrzep zamyka ranę i uniemożliwia dalszy upływ krwi.

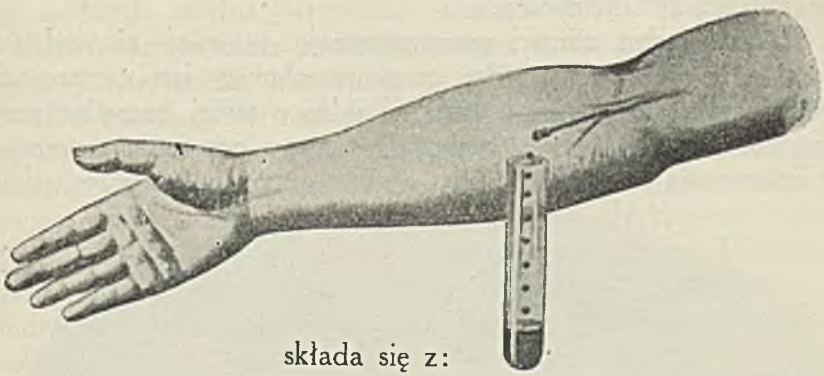
Ponadto zwężają się wtedy naczynia krwionośne, przez co zmniejsza się ich ujście, a tym samym otwór w ranie, przez który wydobywa się krew.

Krzepliwość krwi stanowi jeden z najdonioślejszych środków obronnych organizmu. Bez tej naturalnej klapy bezpieczeństwa człowiek żyłby w ustawicznej trwodze. Niewielkie skaleczenie, np. wyrwanie zęba, groziłoby mu utratą całego zasobu krwi.

Zdarza się niestety u ludzi mała krzepliwość krwi jako wada organiczna, wrodzona. Osobniki dotknięte tym schorzeniem, zwanym h e m o f i l i ą, żyją pod znakiem ciągłego niebezpieczeństwa. Lekkie skaleczenie może bowiem położyć kres ich życiu. Jak wiadomo, na hemo-

KREW LUDZKA

(Wg „D. Leben d. Menschen").



składa się z:

OSOCZE SKŁADA SIĘ z:

surowicy

włóknika

CIAŁKA KRWI DZIELĄ SIĘ na:

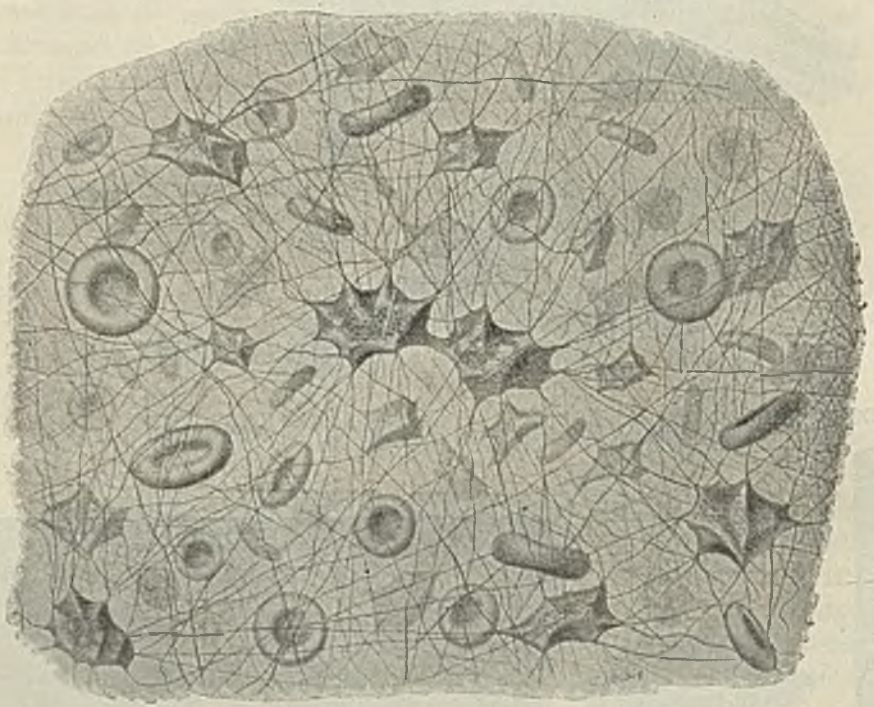
czerwone ciałka krwi — płytki krwi — białe ciałka krwi

Podczas krzepnienia wydziela się z krwi:

1) płynna surowica
2) galareta — skrzep, złożony z czerwonych ciałek krwi, płytek krwi oraz sieci nitek włóknika; (nad skrzepem widać otoczkę z białych ciałek krwi).

filię cierpiały całe dynastie królewskie w Rosji, Francji, Hiszpanii i niektórzy książęta niemieccy.

Często i ludzie zdrowi zaprzepaszczają w swej niewiedzy tę cenną właściwość krwi. Bardzo rozpowszechniony jest zwyczaj obmywania świeżej rany zimną wodą. Trudno o mniej rozsądne przyzwyczajenie. W ten sposób usuwamy z rany zewnętrzne warstwy krwi, które mają utworzyć skrzep, a tym samym wręcz przeciwdzia-



SKRZEP KRWI POD MIKROSKOPEM. Widać zlepki płytek krwi oraz sieć nitek włóknika, oplatającą czerwone ciałka krwi (krążki). *(Wg F. Kahna).*

łamy zatamowaniu krwi. Podstawiając np. skaleczony palec pod prąd wody płynącej z wodociągu, powodujemy niekiedy wmożone krwawienie rany. Z tych samych powodów przestaje wystarczać sama krzepliwość krwi w wypadkach uszkodzenia większych naczyń krwionośnych. Wtedy bowiem silny prąd krwi tryskającej z rany uniemożliwia proces krzepnienia.

Obmywanie rany mija się z celem jeszcze z innych względów. Wraz z wodą spływa do niej i zanieczyszcza ją brud znajdujący się dokoła. Skóra człowieka nie jest bowiem nigdy absolutnie czysta.

Nadmierną, przekraczającą dopuszczalną granicę utratę krwi,

nieuniknioną niekiedy w wypadkach uszkodzenia głównych naczyń krwionośnych, można wyrównać sztucznie drogą t. zw. transfuzji krwi, t. j. przetoczenia poszkodowanemu krwi człowieka zdrowego. Jest to jedyny środek uratowania mu życia.

Do transfuzji nie nadaje się bynajmniej krew dowolnego osobnika. Użyta do zabiegu krew musi posiadać ten sam skład chemiczny, te same właściwości indywidualne, co krew człowieka, któremu ma być przetoczona. Stwierdzono bowiem, że niekiedy krew dwóch osobników, zlana razem, nie tworzy jednolitej mieszaniny. Poszczególne elementy łączą się w bryłki dostrzegalne nawet gołym okiem. Dokładniejsze badania wykazały, że w takich wypadkach krew każdego osobnika zdradza zupełnie odmienne właściwości.

Wydaje się to dziwne na pierwszy rzut oka. Jakto? Mówi się przecież i pisze o właściwościach krwi ludzkiej, jej składzie chemicznym, jakby zakładając, że jest jednakowa u każdego człowieka. Wyjaśnimy te pozorne sprzeczności przy pomocy porównania. Wiadomo, że domy buduje się z cegieł, drzewa, żelaza. To są zasadnicze elementy, z których powstaje skomplikowana budowla. Rzecz jasna, że sama ilość budulca nie decyduje jeszcze o planie, kształcie, architekturze domu. Jest rzeczą budowniczego wyzyskać budulec według swego smaku estetycznego. Możliwości jest co niemiara. Nie ma dwóch domów zupełnie identycznych. Podobnie przedstawia się sprawa ze składem chemicznym i innymi właściwościami krwi. Poszczególne elementy są u wszystkich ludzi takie same, różne jest jednak ich ugrupowanie, kształt i budowa.

Wedle podobieństwa i różnic, jakie wykazuje krew poszczególnych ludzi, nauka dzieli ją na cztery następujące grupy:

grupa O B
„ A AB

Jeżeli dostarczy się organizmowi krwi, wziętej od osobnika z tej samej grupy, przyswoi on sobie krew tę jak swoją własną. W takich wypadkach stan chorego polepsza się od razu po transfuzji. Użycie natomiast krwi człowieka należącego do innej grupy okazuje się nie tylko bezcelowe, ale wręcz szkodliwe. Krew chorego ulega wtedy stężeniu i zamyka niby korek drobne naczynia krwionośne w płucach. kiszkach, mózgu. Wywiązują się ciężkie komplikacje, nierzadko kończące się śmiercią.

Dla uratowania człowiekowi życia, zagrożonego wskutek gwałtownego upływu krwi, wystarczy przetoczenie $^1/_2$—$1^1/_2$ litra krwi. Litr

krwi zaczerpnąć można z organizmu zdrowego człowieka bez wielkiej dla niego szkody (w razie potrzeby korzysta się z krwi dwóch krwiodawców).

Transfuzję krwi stosuje się obecnie nie tylko w celu wyrównania nadmiernej utraty krwi, ale także jako metodę leczniczą.

Swoiste właściwości krwi, jako dziedziczne, służą często jako wskaźnik przy ustalaniu ojcostwa. Wielkie usługi oddaje też rozpoznawanie grup krwi w kryminalistyce. Poddaje się np. analizie chemicznej ślady krwi wykryte na miejscu zbrodni i zestawia ze śladami na rękach podejrzanego o mord osobnika.

Jakie funkcje spełniają w organizmie poszczególne składniki krwi?

Rola roznosicieli tlenu przypada w udziale czerwonym ciałkom krwi. Zawarty w nich barwik, zwany hemoglobiną, posiada wybitną zdolność łączenia się z tlenem. Maleńkie czerwone łodzie zabierają więc z płuc swój ładunek tlenu, a prąd krwi unosi je ze sobą i dowozi do najdalszych, najbardziej ukrytych zakątków organizmu.

Przesycona tlenem krew jest jasnoczerwona, gdyż hemoglobina, łącząc się z tlenem, zamienia się na oksyhemoglobinę, przy czym zmienia barwę z ciemnoczerwonej na jaskrawoczerwoną.

Nieodpowiedni tryb życia w zamkniętych murach w połączeniu z niedostatecznym odżywianiem pociąga za sobą niekiedy zmniejszenie zawartości barwika we krwi. Rozwija się wtedy choroba, zwana niedokrwistością. Słabszy dowóz tlenu do tkanek obniża intensywność procesów spalania w organizmie, co objawia się w szybkim męczeniu się i złym samopoczuciu ogólnym.

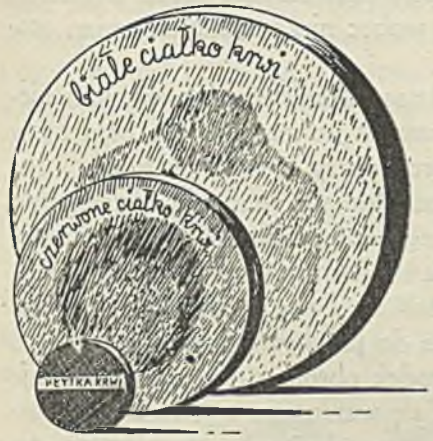
Lekki stopień niedokrwistości jest udziałem większości mieszkańców wielkich miast. Cięższą postać tej choroby spotyka się często wśród górników.

Hemoglobina łączy się nie tylko z tlenem, ale także — i to nierównie łatwiej — z tlenkiem węgla. Tej właściwości barwika krwi zawdzięczamy wypadki śmierci przez zaczadzenie lub zatrucie gazem świetlnym. Tlenek węgla jest bowiem owym wydzielającym się nieraz z pieca „czadem" i jednym ze składników gazu świetlnego.

Oksyhemoglobina (utleniona hemoglobina) nie jest związkiem trwałym. Gdy krew dociera do tkanek, ulega ona natychmiast rozpadowi. Natomiast połączenie hemoglobiny z tlenkiem węgla jest związkiem względnie trwałym. Swoistą cechę tego związku stanowi jasna a nasycona barwa czerwona. Nadaje ona ludziom zatrutym tym zabójczym gazem charakterystyczny a złudny wygląd; patrząc na ru-

miane policzki umarłego, różowy odcień skóry całego ciała, czerwone wargi — znamiona kwitnącego zdrowia — trudno wprost uwierzyć, że się ma przed sobą już zastygłe zwłoki.

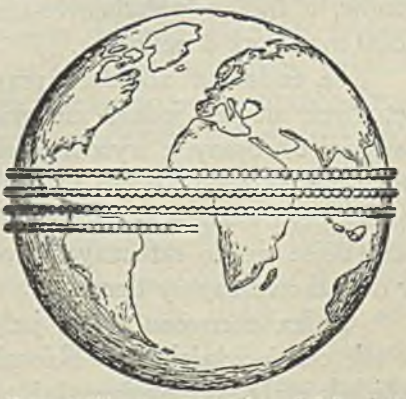
Warto zaznaczyć, że czerwonych ciałek krwi, tych drobnych a tak ważnych tworów, mamy we krwi nieprawdopodobnie dużo. W milimetrze sześciennym krwi jest ich przeciętnie aż 5 milionów. Gdyby czerwone ciałka krwi zawarte w ciele człowieka ułożyć wzdłuż, tuż obok siebie, utworzyłyby wstęgę długości 150.000 km., wstęgę, którą możnaby aż $3^1/_2$ razy opasać całą kulę ziemską.



Stosunek wielkości stałych składników krwi. *(Wg F. Kahna).*

Budową swą czerwone ciałka krwi różnią się od zwykłych komórek. Są to twory bezjądrowe, a więc pozbawione możności rozradzania się. Życie czerwonych ciałek krwi trwa krótko — zwykle 20—30 dni (najdłużej 70—90 dni).

W ciele naszym odbywa się stale proces powstawania i rozpadu tych maleńkich, czerwonych krążków. U zdrowego człowieka wytwarza się ich w szpiku kostnym i ulega rozkładowi w śledzionie 10 milionów w ciągu jednej sekundy. Dziennie daje to około 900 miliardów, w ciągu roku zaś przeszło 300 bilionów!


Zawartość czerwonych ciałek krwi w ciele człowieka.

Cała ta gigantyczna praca dokonywa się w ciszy, w tajemnicy przed naszą świadomością. Dopóki jesteśmy zdrowi, nic o niej nie wiemy. Jedynie w momentach pewnych zaburzeń wglądamy niejako za kulisy i dowiadujemy się, jak skomplikowane procesy odbywają się wewnątrz naszego ciała.

Opisana „produkcja" czerwonych ciałek krwi nie jest zawsze jednakowa. Ciekawa jest jej zdolność przystosowywania się do warunków otoczenia. Gdy ogólna zawartość tlenu w powietrzu otaczającym

maleje, zmniejsza się też z konieczności ładunek tego cennego gazu, jaki dowozi każde ciałko krwi do tkanek. Zapotrzebowanie tlenu w organizmie pozostaje zaś, rzecz jasna, takie samo. Czerwone ciałka krwi stają wobec trudnego zadania. Wywiązują się zeń jednak znakomicie, a to dzięki temu, że ilość ich zaczyna wzrastać.

Jakim to tajemniczym urządzeniom zawdzięcza nasz organizm zdolność do tak szybkiej samoobrony wobec niekorzystnych zmian otoczenia?

W dwojaki sposób zabezpiecza nas natura przed przykrymi niespodziankami z zewnątrz. W warunkach normalnych nie cała krew krąży po organizmie. Posiadamy spore zapasy krwi w wątrobie i śledzionie. Gdy tylko nastąpi niepożądana zmiana warunków zewnętrznych, wszystkie komórki i tkanki naszego ciała zaczynają bić na alarm. Następuje natychmiastowa mobilizacja „oddziałów rezerwowych". Organizm werbuje je, aby wzięły udział w dowozie tlenu do tkanek. Gdy jednak okoliczności zmuszają nas do przebywania w zmienionych warunkach przez czas dłuższy, ten środek obronny organizmu okazuje się niewystarczający. Wtedy zaczyna się wzmożone wytwarzanie czerwonych ciałek krwi. Im rzadsze przy tym, uboższe w tlen jest powietrze, tym większy ich przyrost. Stwierdzono, że u mieszkańców nizin czy wybrzeży morskich na 1 mm^3 krwi przypada 5 milionów ciałek czerwonych, u mieszkańców gór wysokości do 1500 m (wiadomo, że wyższe warstwy powietrza są rzadsze i uboższe w tlen) — 6 milionów, u Indian południowo-amerykańskich w Andach (wysokości 4800 m) — aż 8 milionów.

Ta cudowna zdolność przystosowywania się do warunków zewnętrznych nie jest jednak nieograniczona. Żaden człowiek, nawet najbardziej oswojony z wysokogórskimi warunkami atmosferycznymi, nie może bez narażenia życia wznieść się ponad 7000 m. Gdy pragniemy przekroczyć granice przestrzenne wyznaczone nam przez naturę, musimy uciec się do sztucznych środków obronnych, t. j. zaopatrzyć się w dodatkowe zapasy tlenu.

Ciałka czerwone nie są jedynym elementem krwi wyposażonym w tak cenne właściwości. Równie doniosłe zadanie spełnia jej drugi składnik stały, wyróżnione już wyżej ciałka białe (w języku naukowym leukocyty lub fagocyty). Możnaby je nazwać strażnikami naszego zdrowia. Leukocyty są bowiem pożeraczami bakteryj. Niech tylko któraś z tych złośliwych istot przeniknie do organizmu, a natychmiast podpełznie ku niej białe ciałko krwi, otoczy ją ze wszystkich stron swoją zarodzią i wreszcie pochłonie.

A oto dostała nam się pod skórę drzazga. Od razu śpieszą na pomoc wszystkie środki obronne organizmu. Przede wszystkim następuje dokoła niej znaczne rozszerzenie naczyń krwionośnych. Miejsce, w którym tkwi drzazga, zaognia się i obrzmiewa. Na tym jednak nie koniec. Alarm w organizmie dosięga po chwili białych ciałek krwi i oto suną już hurmem przez naczynia krwionośne na pole walki. Przenikają przez ich ściany na zewnątrz i rozpoczynają atak. Mija krótki czas i drzazga jest już osaczona przez całą armię leukocytów. Napierają na nią ze wszech stron. Może uda im się niepożądane ciało zniszczyć, unieszkodliwić.

Tę to gromadę leukocytów, rozwijającą tak energiczną działalność w obronie naszego zdrowia, ochrzczono mianem ropy.

Dokoła drzazgi wre zażarta walka. Wołanie o nowe zastępy leukocytów rozbrzmiewa po całym organizmie. Przybywa ich też stale, i to z nadmiarem. Sytuacja na polu walki wydaje się jednak beznadziejna; pokonanie wroga — wręcz niemożliwe. Co czynić? Leuko-

FAGOCYTOZA. Na rycinie przedstawiono ruch (z lewa na prawo) białego ciałka krwi *(fagocytu)* i pożeranie przezeń drobnoustroju. *(Wg F. Kahna).*

cyty walczą nadal zacięcie. Należy wydalić intruza z organizmu za wszelką cenę! I oto w miejscu, w którym drzazga przylega bezpośrednio do powierzchni skóry, białe ciałka krwi zaczynają pożerać zdrowe komórki. Dzięki temu tworzy się wreszcie otwór i drzazga wypływa na zewnątrz wraz z ropą. Leukocyty odniosły zwycięstwo.

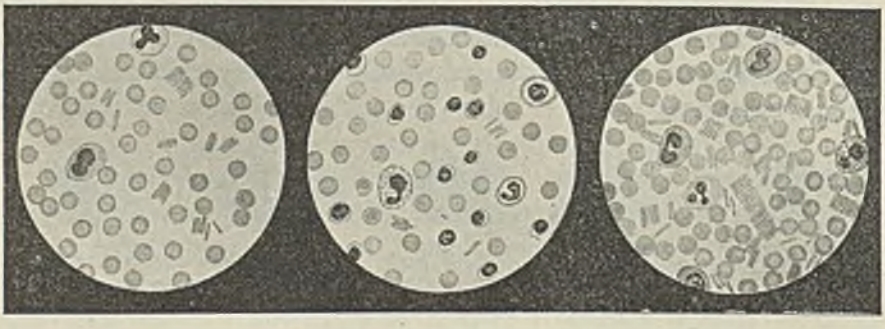
Tych maleńkich a dzielnych obrońców mamy we krwi znacznie mniej, niż czerwonych ciałek krwi. W warunkach normalnych jest ich 6000—10000 w jednym milimetrze sześciennym krwi. Widzieliśmy jednak, że wystarczy niewielkie nawet niebezpieczeństwo, aby ilość ich wzrosła wielokrotnie. Ta właściwość białych ciałek krwi oddaje nieraz wielkie usługi lekarzowi przy stawianiu diagnozy. Ilekroć się bowiem podejrzewa ognisko ropne w organizmie, którego bezpośrednio stwierdzić nie podobna, wystarczy zbadać zawartość białych ciałek we krwi. Jeżeli wzrosła ona więcej niż w dwójnasób, można być pewnym, że diagnoza była trafna.

Niekiedy wzrost ilościowy leukocytów we krwi jest objawem chorobowym. Zdarza się bowiem, że wskutek schorzenia szpiku kost-

nego następuje poważny spadek produkcji czerwonych ciałek krwi. Organizm wyrównywa niejako te braki przy pomocy surogatów w postaci niedorozwiniętych tworów komórkowych i ogromnych ilości białych ciałek krwi. Zamiast 8000 jest wtedy w jednym milimetrze sześciennym aż 500.000 (a nawet i więcej) leukocytów. Krew traci niemal zupełnie swą barwę czerwoną, staje się raczej biaława. Tego rodzaju zaburzenia w składzie krwi oznaczają schorzenie bardzo poważne, znane pod nazwą b i a ł a c z k i *(leukemii)*.

Proces powstawania leukocytów odbywa się w t. zw. gruczołach limfatycznych, w śledzionie i szpiku kostnym.

Należy zaznaczyć, że możliwości białych ciałek krwi, jako obrońców organizmu, nie są nieograniczone. Zwycięsko wychodzą one

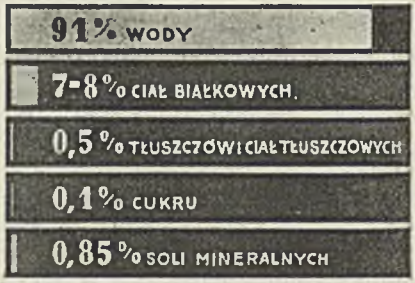


OBRAZ KRWI POD MIKROSKOPEM. Na lewo — krew normalna. Pośrodku — obraz krwi w niedokrwistości, charakteryzującej się zmniejszeniem (bezwzględnym) ilości czerwonych ciałek krwi i zwiększeniem (względnym) ilości ciałek białych. Na prawo — obraz krwi w t. zw. czerwienicy prawdziwej, charakteryzującej się zwiększeniem (bezwzględnym) ilości czerwonych ciałek krwi i zmniejszeniem (względnym) ilości ciałek białych. *(Wg Tout le corps humain).*

z walki najczęściej wtedy, gdy terenem jej jest skóra. Sprawa się komplikuje, jeżeli ciało obce dostanie się do wnętrza organizmu wraz z pokarmem. Może ono wtedy przeniknąć do ślepej kiszki i w niej utkwić. Dokonywa się tu, oczywiście, taki sam proces, jakiśmy opisali wyżej, nie ma jednak ujścia dla ropy. Musimy je wtedy stworzyć sztucznie, wspomagając niejako w ten sposób naturę.

Zarówno nasi roznosiciele tlenu — czerwone ciałka krwi — jak i pogromcy bakteryj — leukocyty — wędrują po organizmie, unoszone przez ciekły element krwi — osocze. I ten składnik krwi spełnia rolę życiodajnego źródła. Osocze roznosi po naszym ciele materiały odżywcze, które przenikają doń ze ścian jelita, a zarazem oczy-

szcza organizm z balastu ciał zbędnych. Jego skład chemiczny jest bardzo skomplikowany. Osocze zawiera około 91% wody, 7—8% ciał białkowych, 1% soli mineralnych, poza tym cukier, tłuszcze i wiele innych związków azotowych niebiałkowych. Te ostatnie — są to właśnie końcowe, niepożyteczne, a często szkodliwe produkty przemian dokonywujących się w tkankach. Produkty te osocze wchłania i odprowadza do narządów wydalniczych.



SKŁAD CHEMICZNY OSOCZA KRWI.

Jeszcze jedną cenną właściwość posiada osocze krwi. W razie przeniknięcia do krwi zarazków wytwarza ono ciała uodporniające, ułatwiające organizmowi walkę z chorobą, a niekiedy zabezpieczające go już na całe życie od działania — nieraz zabójczego — niektórych zarazków.

Krew jest więc strażniczką naszego zdrowia i odgrywa rolę najdonioślejszą w trzech najważniejszych funkcjach naszego organizmu: w procesach odżywiania, oddychania i wydalania.

OBIEG KRWI

Ze wszystkich cudownych właściwości krwi korzysta nasz organizm dzięki temu, że ten „nektar życia" krąży po nim nieustannie.

Przez długie wieki drogi krążenia krwi okryte były mgłą tajemnicy. Uczeni starożytni snuli na ten temat najrozmaitsze domysły. Nie rozporządzając odpowiednimi metodami badania zmuszeni byli obracać się w sferze przypuszczeń. Nie znano jeszcze wtedy mikroskopu, a niechęć do badań doświadczalnych pozbawiała właściwego materiału obserwacyjnego.

Grecy głosili, że bieg krwi odbywa się tylko wzdłuż niektórych spośród połączonych z sercem naczyń, pozostałe zaś wypełnione są powietrzem. Pogląd swój opierali na obserwacjach poczynionych niejednokrotnie podczas uboju zwierząt. Ubój zaś odbywał się w owych czasach w ten sposób, że powodował gwałtowny upływ krwi. Najwcześniej opróżnione naczynia krwionośne wypełniały się więc szybko powietrzem i to stało się źródłem błędu obserwatorów.

Fałszywie też wyobrażali sobie Grecy krwiobieg. Sądzili. mianowicie, że krew nie krąży po całym ciele, lecz płynie stale w kierunku

od i do serca wzdłuż ślepo zakończonych naczyń krwionośnych. Wszystkie te poglądy, zebrane i opracowane przez Galena, lekarza żyjącego w Rzymie w II w. po Nar. Chr., przetrwały kilkanaście wieków. Dopiero w pierwszej połowie wieku XVII lekarz angielski Harvey ujął trafnie proces krążenia krwi po ciele ludzkim. Jego to obserwacje i twierdzenia stały się podwaliną wiedzy współczesnej.

Jak przebiega krążenie krwi po naszym organizmie?

Stacją główną rozgałęzionej sieci naczyń krwionośnych jest serce.

Wedle rozpowszechnionych mniemań serce jest najbliżej związane z naszym życiem psychicznym. Poeci od wieków opiewają nieukojoną tęsknotę serca, a i w języku potocznym mówimy o wiernym, gorącym, zimnym czy twardym sercu, albo zgoła o ludziach bez serca. Grecy starożytni uważali serce wręcz za siedlisko duszy. Zdawałoby się, że tak jest istotnie. Czyż każdy z nas nie wie z własnego doświadczenia, że serce bije żywiej, gdy spodziewamy się czegoś przyjemnego, że radość je r o z p i e r a, a ś c i s k a niepokój, ból, smutek czy troska?

Lecz oto zabiera głos nauka i bezlitośnie odziera nas ze złudzeń. „Serce nie ma nic wspólnego z duszą i tęsknotą — głosi ona — jest to po prostu pompa, pompa tłocząca o niezwykłej precyzji".

Serce człowieka — pompą! Gdy genialny Anglik Harvey wygłosił ten pogląd po raz pierwszy w r. 1682, uznano go za niespełna rozumu. Naśmiewano się do rozpuku z „badacza bez serca" i jego pociesznych pomysłów.

A jednak Harvey powiedział prawdę.

Serce wtłacza krew do naczyń krwionośnych, które drogą licznych rozgałęzień rozprowadzają ją po całym ciele, zasilają nią najodleglejsze jego zakątki.

Pracę tę spełnia serce nieprzerwanie, dniem i nocą, w ciągu całego życia, od pierwszego aż do ostatniego tchnienia. Dopóki serce bije, życie trwa, gdy ono milknie, następuje śmierć.

Serce przedstawia więc niezwykłą maszynę, która pracuje bez przerwy, niestrudzenie, nie naoliwiana, nie naprawiana ani razu — 60, 70, 80 lat i dłużej.

Gdy oglądamy serce po raz pierwszy, doznajemy wielkiego rozczarowania. Wyobrażaliśmy je sobie dotąd w kształcie „serca", jako smukły, delikatny narząd o soczystej barwie karcianego asa, a mamy przed sobą bronzowoczerwony, niekształtny, mało okazały twór —

jakby mięsisty stożek. Dzięki pracy tego niepozornego, stożkowatego mięśnia tętni jednak życie w ciele ludzkim.

Serce jest zawieszone w klatce piersiowej, tak jak płuca. Powiadamy „zawieszone", gdyż istotnie wisi ono niejako na naczyniach krwionośnych, lekko jedynie dotykając przepony. Niezupełnie ścisłe jest też twierdzenie, że serce mieści się po lewej stronie ciała. Leży ono bowiem ukośnie, większa jego część przypada tuż za mostkiem, a jedynie wierzchołek jest skierowany na lewo, na zewnątrz.

Waga serca wynosi od 300 do 400 g. Od niepożądanych wpływów chroni je worek błoniasty, zwany o s i e r d z i e m. Zamyka ono serce ze wszech stron i ułatwia mu ruchy swą gładką i śliską powierzchnią.

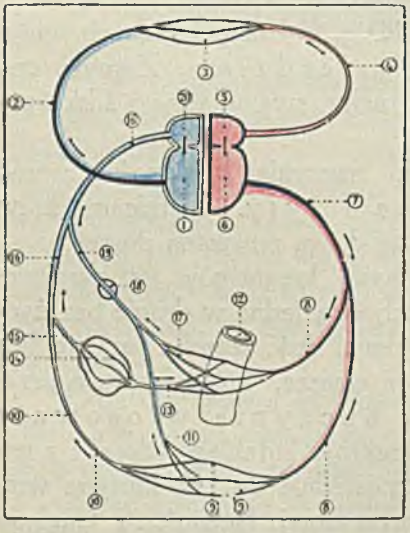
Z sercem łączą się bezpośrednio naczynia krwionośne, wśród których rozróżniamy t. zw. t ę t n i c e i ż y ł y. Tętnicami krew z serca odpływa, przez żyły zaś wiedzie droga powrotna do serca.

Układ krwionośny człowieka i innych kręgowców jest zamknięty, t. zn., że naczynia krwionośne przechodzą jedne w drugie bez żadnych luk; opuszczając serce jako masywna, dość szeroka rura, tętnica główna rozgałęzia się w naczynia coraz cieńsze, które wreszcie przechodzą w t. zw. k a p i l a r y czyli n a c z y n i a w ł o s o w a t e (o przekroju 50 razy mniejszym od przekroju ludzkiego włosa); z naczyń włosowatych krew wlewa się bezpośrednio do żył, którymi wraca z powrotem do serca. Dzięki nieprzerwanej łączności i ciągłości naczyń krwionośnych krew wtłaczana przez serce do tętnic przechodzi przez cały układ krwionośny.

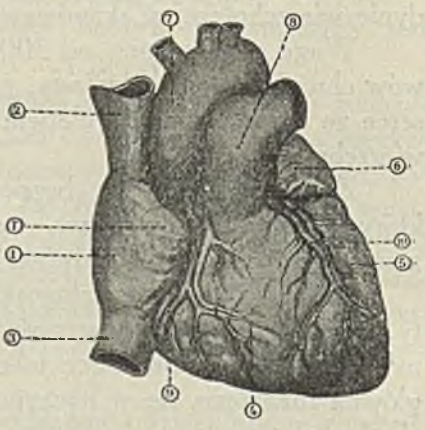
Rzecz jasna, że drogi krążenia krwi po organizmie są ściśle podporządkowane spełnianej przez krew funkcji. Ciemnoczerwona krew, która po oddaniu tkankom pokarmu i tlenu a uwolnieniu ich od szkodliwego dwutlenku węgla oraz innych zbędnych produktów przybywa żyłami do serca, musi ulec oczyszczeniu w płucach. Tam też zmierza ona przede wszystkim przez t. zw. t ę t n i c ę p ł u c n ą. Zaopatrzywszy się w tlen krew wraca ż y ł ą p ł u c n ą z powrotem do serca, ale już nie do tej jego części, z której wyszła. Serce jest bowiem podzielone wzdłuż na dwie połowy, lewą i prawą. Każda z połów dzieli się z kolei na t. zw. p r z e d s i o n e k i k o m o r ę. Odświeżona w płucach krew przybywa do lewego przedsionka, a podążyła tam z prawej komory serca. Ta droga krwi — z prawej komory serca do płuc i stamtąd z powrotem do lewego przedsionka — zwie się k r w i o b i e g i e m m a ł y m.

Zadanie rozprowadzania przybyłej z płuc krwi po całym orga-

nizmie spełnia t. zw. krwiobieg wielki. Rozpoczyna się on tętnicą główną czyli aortą, wychodzącą z lewej komory serca, potem rozgałęzia się w całą sieć mniejszych naczyń krwionośnych i wreszcie kończy dwiema t. zw. żyłami głównymi. Przez żyły główne krew, obiegłszy cały organizm, wraca do prawego przedsionka. Krwiobieg wielki zaopatruje w krew także samo serce. Przez ściany jego przepływa około 20% krwi przesyłanej przez ko-



SCHEMAT KRWIOBIEGU. Krwiobieg mały: 1. prawa komora, 2. tętnica płucna, 3. płuca, 4. żyła płucna, 5. lewy przedsionek. Krwiobieg wielki: 6. komora lewa, 7. aorta, 8. tętnice, 9. naczynia włosowate, 10. żyły, 11. naczynia limfatyczne, 12. jelita, 13. żyła wrotna, 14. wątroba, 15. żyły wątrobowe, 16. żyły główne (próżne), 17. naczynia limf. jelit, 18. zbiornik limfat. Pranieta, 19. przewód limfatyczny piersiowy, 20. przedsionek prawy. Strzałki wskazują kierunek krążenia krwi.



SERCE. 1. Prawy przedsionek. 1'. Prawe uszko. 2. Żyła główna górna. 3. Żyła główna dolna. 4. Prawa komora. 5. Lewa komora. 6. Lewe uszko. 7. Łuk aorty. 8. Tętnica płucna. 9. Tętnica i żyła wieńcowa prawa. 10. Tętnica i żyła wieńcowa lewa.

morę lewą do tętnic. Po zasileniu tego ośrodka naszego życia w pokarm i tlen krew odpływa wprost do prawego przedsionka.

Każdy z krwiobiegów pozostaje więc w bezpośrednim kontakcie z dwiema różnymi częściami serca. Jedna z nich — komora — stanowi ich punkt wyjścia, druga — przedsionek — jakby przystań, do której zmierzają po odbyciu wędrówki, aby niemal w tej samej chwili rozpocząć ją na nowo.

Komory sercowe stanowią owe właściwe pompy wtłaczające krew do naczyń krwionośnych. Ściany ich są utworzone z włókien

mięsnych, których skurcz ścieśnia wnętrze komory a tym samym powoduje wyparcie krwi do tętnic. Ponieważ zaś komorze lewej przypada w udziale większa część pracy, ściany jej są o wiele grubsze niż ściany komory prawej.

BUDOWA WEWNĘTRZNA MIĘŚNIA SERCOWEGO. Wiązki włókien mięsnych krzyżują się wielokrotnie i w wielu warstwach, dzięki czemu mięsień sercowy osiąga wielką wydajność skurczową.

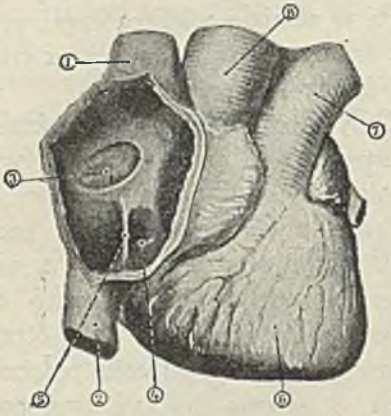
Cały mechanizm serca możnaby zilustrować na piłce gumowej wypełnionej wodą i zaopatrzonej w okrągły otwór. Wystarczy nacisnąć piłkę, aby wytrysnął z niej strumień wody. Jeżeli nadto do otworu piłki wsadzimy rurę, otrzymamy jakby pierwowzór połączonych z sercem naczyń krwionośnych. Na tym jednak nie wyczerpuje się pomysłowa konstrukcja naszego cennego narządu. Gdybyśmy bowiem przestali naciskać piłkę, woda z rury wróciłaby do niej z powrotem. Potrzeba więc jeszcze dodatkowych urządzeń, które by wodzie odwrót odcięły.

I rzeczywiście budowa serca nie pozwala na przedostanie się krwi z naczyń z powrotem do komór sercowych. Zaporę nie do przebycia stanowią t. zw. zastawki półksiężycowate, które nazwać by można wprost cudem techniki. Są one tak skonstruowane, że otwierają się pod naporem krwi, przepuszczają ją do naczyń krwionośnych, a zamykają się szczelnie natychmiast po opróżnieniu się komór. Ani kropelce krwi nie uda się więc przeniknąć z powrotem do serca.

Na lewo — zastawka półksiężycowata zamknięta, na prawo — otwarta.

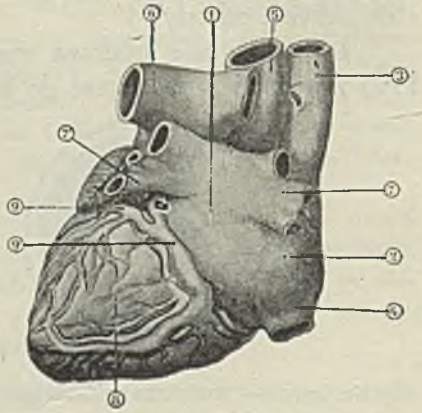
Jedna taka zastawka mieści się między lewą komorą serca a znaną nam już aortą, druga — między komorą prawą a tętnicą płucną.

Wróćmy jeszcze na chwilę do naszego porównania z piłką gumową. Oto wepchnęliśmy już wodę do połączonej z nią rury, a specjalna klapa nie pozwala wodzie do piłki wrócić. Cóż dalej? Aby wtłaczanie wody do rury mogło odbywać się stale, piłka musi być połączona ze zbiornikiem wody. Nadto między nią a tym zbiornikiem należałoby rozpiąć klapę, która uniemożliwiałaby powrót wody do zbiornika. Konstrukcja naszej osobliwej mięśniowej pompy spełnia wszystkie te warunki. Krew przybywająca do serca gromadzi się przede wszystkim w przedsionkach, które na przemian to rozszerzają się i wypełniają, to kurczą i opróżniają, przekazując krew komorom. Każdy przedsionek od komory także oddziela zastawka, która otwiera się pod naporem krwi napływającej z przedsionka, a zamyka podczas skurczu komory.



KRWIOBIEG. *(Schemat).* 1. Żyła główna górna. 2. Żyła główna dolna. 3. Otwór owalny. 6. Ściana komory prawej. 7. Tętnica płucna. 8. Aorta.

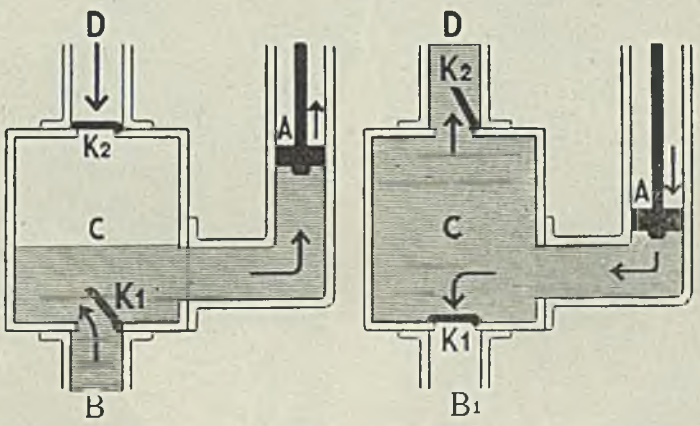
Nasuwa się pytanie, jak są zbudowane te kunsztowne zastawki, spełniające tak swoiste a trudne zadanie. Oczywiście muszą to być twory błoniaste, nie zaś kostne czy nawet chrząstkowe. Zachodzi jednak obawa, że i błoniasta zastawka nie wytrzyma naporu krwi i cofnie się w głąb przedsionka.



SERCE. 1. i 2. Przedsionek lewy. 3. Żyła główna. 4. Żyła główna dolna. 5. Aorta wstępująca. 6. Tętnica płucna — lewe odgałęzienie. 7. i 7'. Żyła płucna. 8. Komora lewa. 9. i 9'. Żyły sercowe.

Otóż natura bez trudu pokonywa wszystkie trudności techniczne. Zastawki sercowe budową swą przypominają żagle, którym na obrót wstecz nie pozwalają nici ścięgniste. Gdy krew ma przedostać się z przedsionka do komory, luźno zwisające płaty żagli odchylają się i cała masa krwi może swobodnie przepłynąć. Po wypełnieniu się krwią komora zaczyna się kurczyć, aby móc wepchnąć krew do na-

czyń krwionośnych. Wtedy zastawki nadymają się pod ciśnieniem krwi, tak jak żagle pod naporem wiatru, brzegi schodzących się płatów są jednak mocno przytrzymywane przez ścięgna. Mocne i sprężyste pasma ścięgien biegną ku zastawkom z wierzchołka serca. Nie wychodzą bezpośrednio z jego ścian, lecz z długich czopów mięśniowych. Jest to okoliczność ogromnej wagi. Podczas skurczu ścięgna przytwierdzone do jego ścian obluźniałyby się i nie spełniałyby należycie swego zadania. Nie byłyby w stanie przytrzymać brzegów wzdętych zastawek. Długie mięśnie zaś, z którymi są połączone, kurcząc się wraz z komorą, skracają się i siłą rzeczy napinają ścięgna. Odemknięcie się zastawki w kierunku przedsionka jest więc niemożliwe. Zastawka komory prawej składa się z trzech płatów, lewej



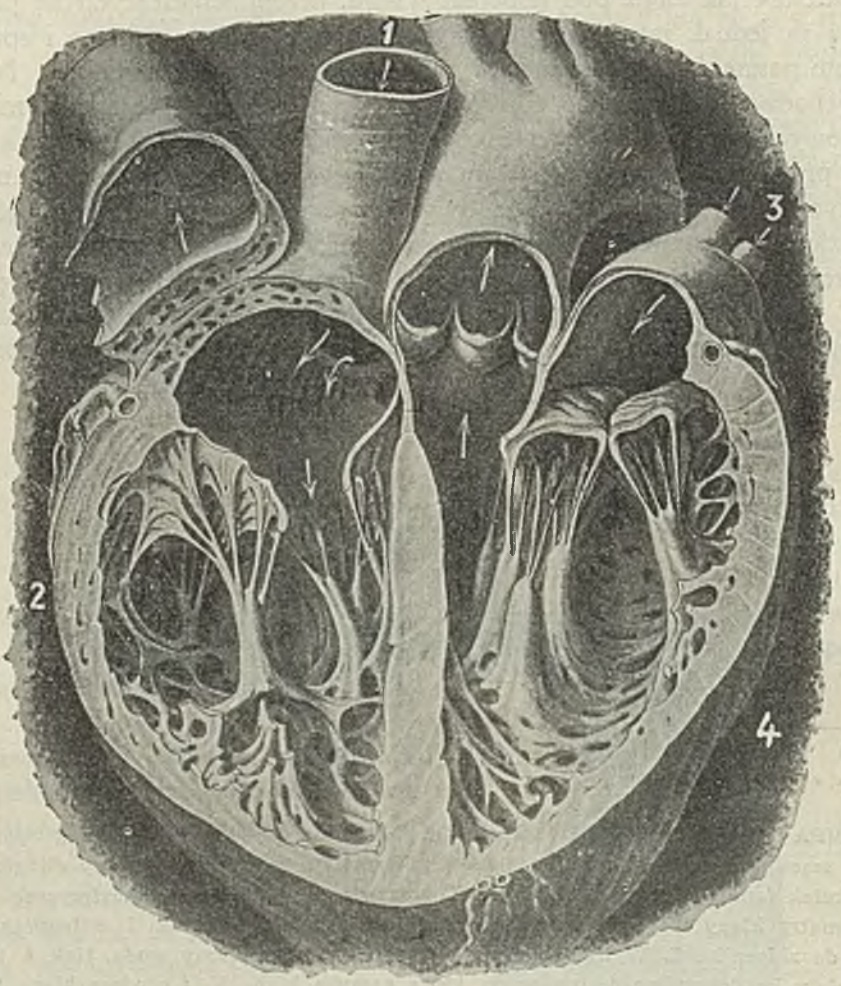
POMPA SSĄCO-TŁOCZĄCA (schemat). Na rycinie widzimy schemat pompy ssąco-tłoczącej. W części oznaczonej literą B tłok A posuwamy do góry, wskutek tego powietrze w zbiorniku C rozrzedza się, ciśnienie atmosferyczne na zewnątrz klapy K przezwycięża parcie rozrzedzonego powietrza i wtłacza klapę do zbiornika C. W B1 — zbiornik C jest już wypełniony wodą, tłok A posunięty ku dołowi uciska na wodę, która zamyka klapę K_1 i otwiera klapę K_2. Woda zostaje przetłoczona do przewodu D.

zaś z dwóch; dlatego nazywamy je odpowiednio zastawką trój- i dwudzielną.

Pomysłowo skonstruowane i mocne zawory (wentyle) stanowią niezwykle ważny element techniczny każdej pompy. One to najczęściej wymagają naprawy, bądź to nie domykając się należycie, bądź to otwierając się z trudem. Taki defekt klapy obniża wydatnie sprawność maszyny, naraża ją na poważne straty energii.

Zdarza się to niestety i z delikatną aparaturą serca. Niekiedy

zastawki sercowe nie domykają się, kiedy indziej zrośnięte miejsca-



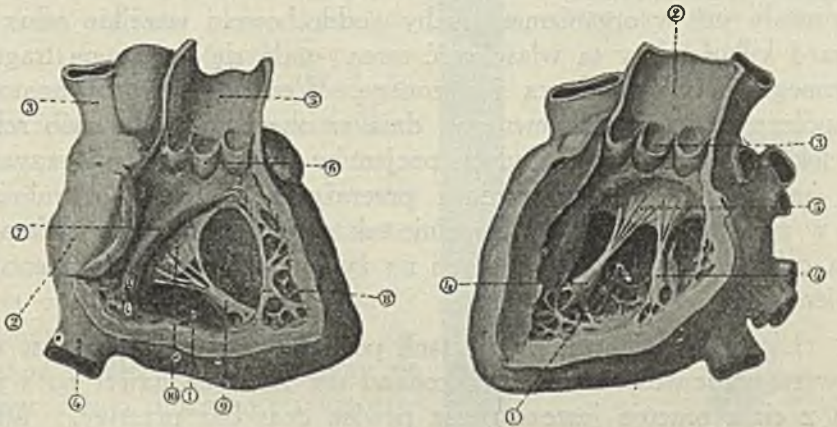
WNĘTRZE SERCA. 1. Żyła główna górna, wchodząca do przedsionka (tam gdzie strzałka). 2. Prawa komora serca. 3. Żyła płucna. 4. Lewa komora serca. Na rycinie widać wyraźnie zastawki przedsionkowo-komorowe; zastawka prawa jest otworzona, lewa — zamknięta; widać nici ścięgniste napinające zastawki. Na lewo od żyły głównej widać tętnicę płucną z zastawkami półksiężycowatymi zamkniętymi, na prawo — przeciętą aortę i zastawki półksiężycowate otwarte.

mi brzegi nie pozwalają na przeniknięcie całej masy krwi z przedsionka do komory lub z komory do naczyń krwionośnych. Każdy

z tych defektów zmusza serce do wzmożonej pracy i powoduje niepożądany ubytek energii.

Poznaliśmy więc ogólne zasady mechanizmu serca. Przyjrzyjmy się teraz bliżej jego działaniu.

Obie komory serca wtłaczają krew do naczyń krwionośnych jednocześnie. Jedno mgnienie oka, a już z lewej komory serca zmierza poprzez aortę do różnych okolic ciała strumień krwi jasnoczer-



Na lewo — przekrój przez prawą komorę serca. 1. i 8. Mięśnie beleczkowe. 2. Przedsionek prawy. 3. i 4. Żyły główne (próżne). 5. Tętnica główna. 6. Zastawki półksiężycowate tętnicy płucnej. 7. Przegroda międzykomorowa. 9. Mięsień brodawkowy. 10. Płat zastawki trójdzielnej. Na prawo — przekrój przez lewą komorę serca. 1. Mięśnie beleczkowe. 2. Aorta. 3. Ujścia tętnicy wieńcowej w ścianie aorty. 4. Mięsień brodawkowy. 5. Płat zastawki dwudzielnej.

wonej, wiozącej ładunek tlenu, a komora prawa przerzuca do płuc prąd krwi ciemnej, przesyconej dwutlenkiem węgla, i to w takiej samej ilości.

Niemal w tej samej chwili rozszerzają się przedsionki i przyjmują napływające do nich fale krwi — z płuc i całego ciała. Mija jeszcze jedna chwila, a przedsionki kurczą się i wtłaczają krew do komór. Przyjmując cenny ładunek czerwonego płynu, komory z kolei rozszerzają się, po czym także się kurcząc przesyłają krew do tętnic — i krew rozpoczyna na nowo swą wędrówkę.

Ten to nieprzerwany ciąg skurczów i rozkurczów przedsionków i komór jest podstawą niezmiennego rytmu naszego serca.

Stale w tych samych odstępach czasu wtłacza serce krew do

naczyń krwionośnych, nieustannie wymieniają się prądy krwi, ani na chwilę nie ustaje ich bieg okrężny.

Co skłania serce do tej nieustającej pracy? Podobnie jak inne mięśnie, do skurczu pobudzają je podniety nerwowe. Przybywają one doń jednak nie z zewnątrz, t. j. z mózgu lub rdzenia pacierzowego, lecz z zawartych w nim samym węzłów nerwowych. Tej „samowystarczalności" zawdzięcza serce nader ciekawą właściwość: niekiedy, mianowicie, skurcze serca trwają nadal bez zmiany, mimo że ustały już w organizmie ruchy oddechowe i wszelkie odruchy. Przed kilkuset laty ta właściwość serca stała się przyczyną tragedii słynnego lekarza, badacza i uczonego. Wesaliusz, twórca anatomii współczesnej, dokonał pewnego dnia w obecności kilku osób sekcji zwłok jednego ze swych byłych pacjentów — dla ustalenia przyczyny śmierci. I oto ku zdumieniu i przerażeniu obecnych okazało się, że w umarłym sercе „biło" zupełnie tak samo, jak za życia. Wesaliusza oskarżono o dokonanie sekcji na żywym człowieku i skazano na śmierć.

Liczne badania na zwierzętach pozwoliły stwierdzić jeszcze ciekawsze właściwości serca. Przekonano się, że serce nawet po wyjęciu z ciała pracuje jeszcze przez pewien czas bez przerwy. Wiele ciekawych doświadczeń wykonano zwłaszcza z sercem żaby. Uzyskane wyniki są wprost zdumiewające. Okazało się, że serce wyjęte z ciała zachowuje swą aktywność nie tylko jako całość; gdy je nadto poćwiartować, drga nadal każda z otrzymanych części.

Działanie serca wewnątrz żywego organizmu można stwierdzić dotykiem, słuchem i wzrokiem. Połóżmy rękę na lewą stronę klatki piersiowej, a wyraźnie wyczujemy jego „bicie". Przykładając do tegoż miejsca ucho, usłyszymy dwa charakterystyczne tony sercowe. Jeden z nich pochodzi od skurczu mięśnia sercowego, drugi — od przymknięcia się zastawek półksiężycowatych po wtłoczeniu krwi do tętnic. Na podstawie brzmienia „tonów" sercowych doświadczony lekarz może z całą dokładnością ustalić, jaki jest stan serca. Rozporządza on przy tym znakomitym środkiem pomocniczym, znanym powszechnie przyrządem w kształcie trąbki, t. zw. stetoskopem. Położenie i wielkość serca ustala się t. zw. metodą opukiwania. Przy jej pomocy można stwierdzić chorobowe rozszerzenie lewej czy prawej połowy serca, tętnic u wylotu serca i temu podobne schorzenia.

Możność bezpośredniej obserwacji serca zawdzięczamy promieniom Rentgena.

Wchodzimy oto wraz z rentgenologiem i jego pacjentem do zupełnie ciemnego pokoju. Lekarz krząta się po nim tajemniczo przez chwilę i wokół nas zaczynają dziać się dziwy. Ciemność rozjaśnia nagle jakieś niesamowite, zielonkawe światło. Promienie Rentgena padają na stojącego opodal pacjenta i przenikają bez trudu w głąb jego ciała poprzez skórę, pokłady tłuszczu i mięśni (trudniej przenikają przez kości); jakby pod dotknięciem różdżki czarodziejskiej ukazuje się na odpowiednio ustawionym i spreparowanym ekranie człowiek zupełnie przezroczysty. Cudowne działanie promieni Rentgena odsłania przed nami ukryty mechanizm życia ludzkiego. Z zapartym oddechem przyglądamy się pracy żywej maszyny: podnoszeniu się i opadaniu żeber i przepony, nadymaniu się i wiotczeniu płuc, a nade wszystko ruchom naszej wspaniałej pompy tłoczącej.

Fala skurczów zaczyna się w przedsionkach, przebiega przez komory ku ich wierzchołkom, po czym następuje króciutki moment przerwy, jakby dla nabrania rozpędu; po chwili praca rozpoczyna się na nowo. Obrazy te można fotografować, a nawet filmować.

Zdjęcia rentgenowskie serca stanowią obecnie konieczne uzupełnienie badania lekarskiego. Oglądanie ruchów serca na ekranie względnie utrwalonych zdjęć filmowych oddaje współczesnemu lekarzowi cenne usługi w badaniu czynności serca.

U zdrowego człowieka serce kurczy się przeciętnie 70 razy na minutę. Oznacza to 4200 skurczów na godzinę, a dziennie aż 100.800!

U niektórych zwierząt skurcze serca następują po sobie w tempie przeszło dwa razy szybszym. U ptaków np. przypada 160 skurczów serca na minutę. Zasadniczo zależy tempo pracy serca od rozmiarów ciała. Im mniejsze ciało zwierzęcia, tym częstsze są skurcze jego serca. Olbrzymy zwierzęce mają serca najbardziej „powolne". U słonia np. serce kurczy się tylko 25 razy na minutę.

U ludzi rytm pracy serca wykazuje także pewne odchylenia indywidualne zależne od rozmiarów ciała. Serce osobników niskich, drobnych kurczy się częściej niż serce jednostek wysokich i rosłych, serce dzieci — częściej niż dorosłych (u noworodków przypada 140 skurczów serca na minutę), serce starców częściej niż ludzi w okresie dojrzałości.

Różne czynniki mogą też wywołać czasowe przyśpieszenie lub zwolnienie pracy serca. W pierwszej linii będą to podrażnienia natury nerwowej. Serce jest bowiem jakby ujęte w cugle przez dwa nerwy o wręcz przeciwnym działaniu. Jeden z nich, nerw błędny, zwalnia rytm serca, drugi — nerw sympatyczny czyli współczulny — wzmaga częstość jego skurczów. Normalnie działanie obu nerwów jest jednakowe, znosi się więc wzajemnie. Podrażnienie któregoś z nich zakłóca tę równowagę. Pod wpływem lęku np. serce zaczyna kurczyć się częściej wskutek podrażnienia nerwu sympatycznego.

Silny strach działa wręcz przeciwnie, pobudza nerw błędny, który rytm serca zwalnia. Doznajemy wtedy uczucia, że serce nam „ze strachu zamiera". Poza podnietami nerwowymi wpływają jeszcze na działanie serca czynniki różnorodne. Nagłe ochłodzenie ciała, zwiększona zawartość dwutlenku węgla we krwi wywołują spadek szybkości skurczów serca, wzbogacenie krwi w tlen rytm jego przyśpiesza. Wreszcie, jak wiadomo, rytm serca wzmaga zawsze gorączka.

Poszczególne skurcze serca przedziela króciutka, niemal niedostrzegalna pauza, wynosząca $^1/_6$ sekundy. Pracując więc bez widocznych przerw w ciągu 70 lat ludzkiego życia, odpoczywa jednak serce w sumie około 12 lat.

Z każdym skurczem serca rozpoczyna swój bieg po organizmie 100 g krwi. W ciągu minuty przekazuje więc serce naczyniom krwionośnym 7 kg krwi. Oznacza to 420 kg na godzinę, dziennie zaś — 10.000 kg czyli 10 tonn! Ten mały a niezwykle sprawnie działający narząd rozwija więc każdego dnia energię, której starczyłoby na

podniesienie 19 tonn na wysokość 1 metra! W ciągu 70 lat życia serce wprawia w ruch przeszło 250.000 tonn krwi. Wręcz fantastyczny ogrom pracy.

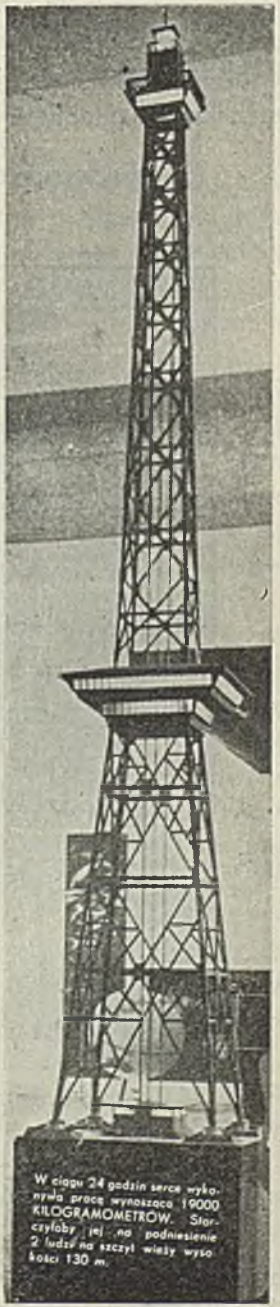
Możliwości serca sięgają jednak jeszcze dalej. Potrafi ono sprostać zgoła niepoślednim obciążeniom dodatkowym. W chwilach wytężonej pracy fizycznej np. mięśnie wymagają większego dopływu krwi. Musi więc wzmóc się praca serca. Nasza niezrównana tłocznia zaczyna wtedy werbować zapasy krwi nagromadzone w wątrobie, śledzionie i innych zbiornikach krwi.

Zwiększonych potrzeb mięśni nie zadowala jednak sam przyrost ilościowy krwi. Wymagają one nadto szybszego dowozu tlenu i pokarmu, czyli wzmożonego krążenia krwi. Toteż podczas gdy w warunkach zwykłych serce wtłacza do naczyń krwionośnych około 7 kg krwi w ciągu jednej minuty, podczas wzmożonej pracy fizycznej ilość przekazywanej naczyniom krwi dochodzi niekiedy nawet do 30 kg na minutę.

Każdy narząd pracujący z natężeniem wymaga większego przypływu krwi i serce zasila go odpowiednio natychmiast.

Łatwo dowieść tego przy pomocy następującego doświadczenia. Środek szerokiej deski osadza się na ostrym końcu drugiej deski, ustawionej pionowo i odpowiednio umocowanej. Powstaje urządzenie podobne do wielkiej wagi lub huśtawki, zaimprowizowanej przez dzieci. Na chwiejącą się deskę kładzie się człowieka twarzą do góry. Deskę tę wraz z leżącym człowiekiem można doprowadzić do równowagi, tak że kierunek jej będzie poziomy.

Jeżeli teraz leżącemu człowiekowi damy do rozwiązania jakieś trudne zadanie, deska od strony głowy nieco opadnie.



Aby rozwiązać zadanie, trzeba bowiem pomyśleć, to znaczy

wykonać pewną pracę umysłową. Do pracującego intensywnie mózgu krew napływa w wielkiej ilości, wskutek czego głowa staje się cięższa i przeważa.

Można wykonać inne doświadczenie, a mianowicie otworzyć brzuch królika głodnego i królika dopiero co nakarmionego. Różnica

Sprawność pompy sercowej ludzkiej

(Wg F. Kahna)

zawartości naczyń krwionośnych w żołądku i w kiszkach będzie zupełnie wyraźna.

Wraz z nasileniem wzmaga się też, oczywiście, rytm pracy

serca. W chwilach wypoczynku, w pozycji leżącej serce kurczy się tylko 65 razy w ciągu minuty, przy wstawaniu ilość skurczów wzrasta do 70, w pozycji stojącej wynosi już 75, u człowieka w ruchu dochodzi do 80. Intensywna praca wywołuje dalszy wzrost szybkości; przy wielkich wysiłkach fizycznych serce wykonywa 90, a niekiedy nawet przeszło 100 skurczów w ciągu minuty.

Także wielkość serca przystosowuje się odpowiednio do zwiększonych wymagań. Wiadomo, że sport wpływa wydatnie na rozrost serca. Chorobowe powiększenie serca jest też na ogół skutkiem opilstwa. Serce piwoszów musi bowiem obok normalnie spożywanych pokarmów rozsyłać po organizmie wraz z krwią dodatkowe ilości płynu.

Niemniej sprawnie niż serce działają naczynia krwionośne. Rola ich zaczyna się z chwilą, gdy kończy się funkcja serca. Wtłoczyło ono krew do naczyń krwionośnych, a cenny ten sok ma dotrzeć nienaruszony do tkanek. Ściany tętnic muszą więc być dość mocne i trwałe, aby krew przez nie nie przeciekała. Nie wolno jej nic utracić ze skarbów, które wiezie. Toteż naczynia krwionośne wychodzą z serca jako grube, masywne rury, a dopiero stopniowo przyjmują postać coraz to delikatniejszą. U samego kresu wędrówki nabywają właściwości, które umożliwiają im bezpośredni kontakt z tkankami.

Zilustrujemy rozgałęzienie naczyń krwionośnych przy pomocy porównania. Zrazu jest to szeroki i wygodny gościniec. Przecznice są już węższe, można jednak poruszać się po nich względnie swobodnie, bez tłoku. Im dalej, tym węższe stają się ulice, przechodząc nieledwie w ścieżki. Wreszcie pozostają już z nich niejako tylko ślady.

Aorta opuszcza serce jako masywna rura grubości kciuka. Początkowo kieruje się ku górze, następnie zgina się łukowato i podąża w dół, wzdłuż kręgosłupa. Na wysokości krzyża dzieli się na dwie odnogi, zmierzające w kierunku nóg. Tuż w pobliżu serca wychodzą z łuku aorty dwa mocne naczynia krwionośne i kierują się w stronę głowy i mózgu. Inne dwie odnogi biegną do ramion i tam dalej się rozgałęziają. Od aorty zmierzają też naczynia krwionośne ku mięśniom klatki piersiowej i jamy brzusznej, do wątroby, nerek, jelit i innych narządów.

Dotarłszy na miejsce przeznaczenia stają się one niezwykle cienkie, niemal niedostrzegalne. Przechodzą, jak już wiemy, w naczynia włosowate, które milionami przenikają poprzez tkanki naszego ciała. Krew wkracza w końcowy a najtrudniejszy etap swej wędrówki — poprzez tkanki, które mają pobrać z krwi pokarm i tlen, a oddać

jej dwutlenek węgla i inne szkodliwe produkty dokonywujących się w nich przemian. Aby mógł dojść do skutku ten tak ważny proces, prąd krwi zwalnia biegu w naczyniach włosowatych, i to dość wydatnie. Krążąc bowiem stale po organizmie z szybkością początkową, krew obiegałaby całe ciało w ciągu 6 sekund, płynąc zaś z prędkością, z jaką posuwa się po naczyniach włosowatych, odbywałaby swą wędrówkę w ciągu 2 godzin. W rzeczywistości jednorazowy obieg krwi odpowiada 27 skurczom serca, co oznacza około 23 sekund (na minutę przypada, jak już wiemy, przeciętnie 70 skurczów serca). W ciągu jednej minuty okrąża więc krew dwa razy nasz organizm. W chwilach wzmożonej pracy fizycznej szybkość krążenia krwi wzrasta trzykrotnie. Wtedy obiega więc ożywczy prąd krwi całe ciało 6 razy w ciągu jednej minuty.

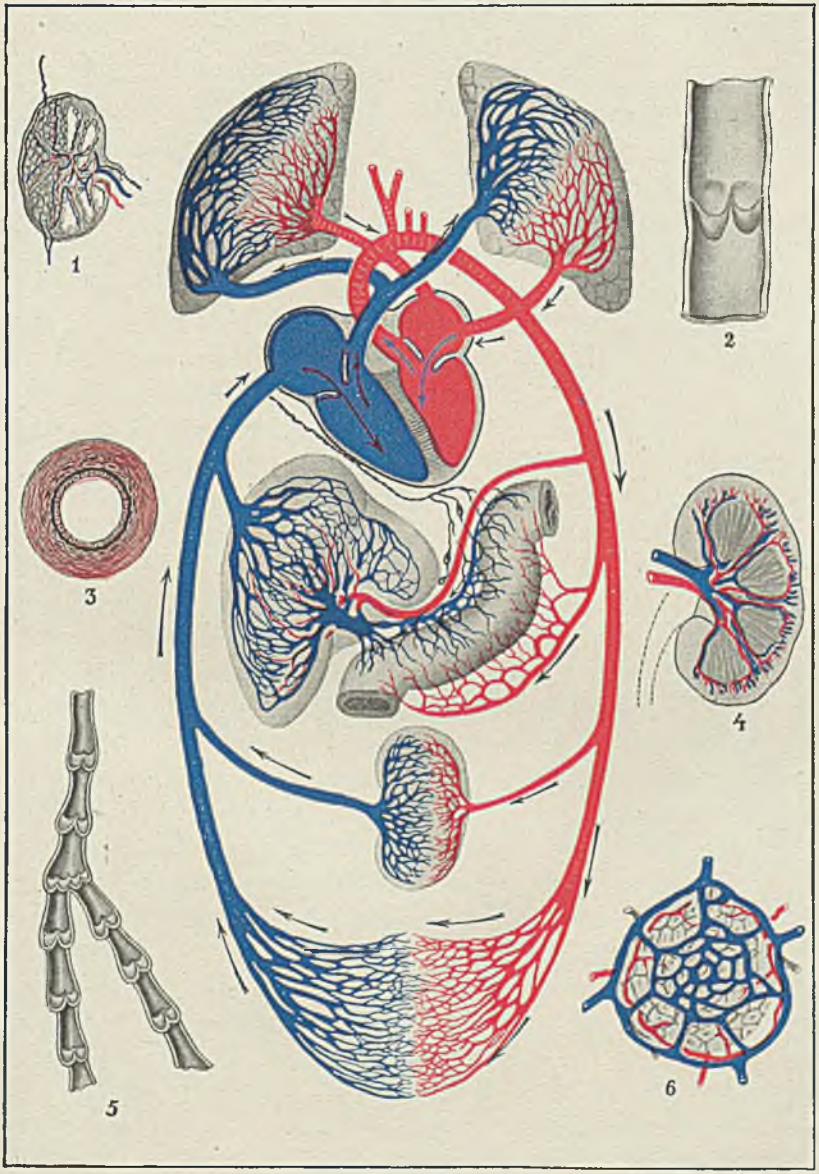
Budowa naczyń krwionośnych jest oczywiście znakomicie przystosowana do wyznaczonej im roli. Są to wydrążone rury o ścianach zaopatrzonych w okrężne mięśnie gładkie i liczne elastyczne włókna. Wnętrze naczyń krwionośnych jest wyścielone niemal idealnie gładką, połyskującą błoną.

Ścianki naczyń włosowatych, których przekrój oblicza się w tysiącznych częściach milimetra, zbudowane są z cieniutkich szeregów płasko obok siebie ułożonych komórek. Tylko poprzez tak delikatne ścianki może dokonać się wymiana produktów z tkankami.

Krążenie krwi po organizmie nie przebiega bynajmniej zgodnie z rytmem skurczów serca. Krew płynie wzdłuż naczyń krwionośnych niemal zupełnie równomiernie. Tętnice są elastyczne i sprężyste, tak jak rurki gumowe. Gdy się do sztywnej rury szklanej wtłacza rytmicznie jakiś płyn, ruch jego wewnątrz niej odbywa się zgodnie z nadanym mu rytmem. W rurce gumowej zaś sprężyste ściany rozszerzają się pod wpływem ciśnienia płynu; w momentach przerw, jakie oddzielają poszczególne ruchy pompy ssąco-tłoczącej, wracają one siłą swej elastyczności do poprzedniej postaci i same z kolei cisną na zawartą w rurze ciecz. Dzięki temu posuwa się ona naprzód prawie zupełnie równomiernie.

Ponieważ z serca napływają do naczyń krwionośnych stale coraz to nowe fale krwi, zanim jeszcze poprzednie zdążyły je opuścić, krew pozostaje w tętnicach pod stałym ciśnieniem. Prócz tego ściany naczyń — dzięki obecności w nich mięśni gładkich — są stale napięte, co wybitnie wpływa na ciśnienie krwi w naczyniach. U młodego a zdrowego człowieka ciśnienie krwi odpowiada ciśnieniu słupa rtęci wysokości 100 — 120 — 130 mm. Rzecz jasna, że w chwili wtłoczenia przez serce krwi do tętnic ciśnienie to jest nieco wyższe, niż

TABLICA 1



SCHEMAT KRWIOBIEGU

1. Gruczoł chłonny (limfatyczny) (schemat). 2. Żyła i jej zastawki (przekrój podłużny). 3. Tętnica (przekrój poprzeczny). 4. Nerka (przekrój schematyczny). 5. Naczynie chłonne (limfatyczne) (przekrój podłużny). 6. Zrazik wątroby (przekrój).

POLITECHNIKA BIBLIOTEKA GŁÓWNA

w momencie przerwy. Szybkie ruchy elastycznych ścian naczyń krwionośnych, wywołane tymi niewielkimi a nagłymi zmianami ciśnienia, mkną szybko na kształt lekkiej fali po tętnicach. Zjawisko to, związane ze sprężystością naczyń krwionośnych, znamy wszyscy pod nazwą tętna czyli pulsu.

Tętno jest wskaźnikiem rytmu i nasilenia pracy serca. Ilekroć więc pod wpływem wzruszenia serce zaczyna „bić" żywiej, stwierdzamy równocześnie przyśpieszenie tętna. Ten bliski związek rytmu tętna z życiem psychicznym wyzyskuje kryminalistyka. Badany przestępca może nie objawić najmniejszym drgnieniem twarzy wrażenia, jakie wywarła na nim podobizna ofiary jego zbrodni, zdradzi go jednak natychmiast zmiana w rytmie tętna.

Z wiekiem wzmaga się z reguły ciśnienie krwi. U 80-letniego starca wynosi ono już około 180 mm. Słabną też z biegiem lat ściany naczyń krwionośnych (oczywiście w niejednakowym stopniu u różnych jednostek). Organizm zaczyna gromadzić w nich złogi soli wapiennych. Następuje zwapnienie naczyń krwionośnych, zwane sklerozą. Zwapniałe naczynia krwionośne stawiają pewien opór prądowi krwi i zakłócają jej bieg równomierny. Poza tym stają się one sztywne, twarde a łamliwe. Dlatego w wieku podeszłym zdarzają się tak często wypadki pęknięcia naczyń krwionośnych. Medycyna oznacza je mianem udaru. Największe niebezpieczeństwo dla życia przedstawiają udar serca i udar mózgu. Pęknięcie naczynia okrążającego bezpośrednio serce pociąga za sobą niechybną śmierć, udar mózgu zaś — w najlepszym razie — bezwład jednej połowy ciała, niekiedy wprawdzie mijający bez śladu.

Wszystkich przykrych a niekiedy, jak widzimy, i groźnych skutków zwapnienia naczyń krwionośnych można jednak uniknąć stosując się ściśle do zaleceń lekarza. Sklerotyk może dożyć nawet stu lat, jeżeli będzie się wystrzegał nadmiernych wysiłków, silnych wzruszeń i wszelkiego rodzaju nadużyć.

Zdolność do zmiany światła czyli przekroju nie jest wyłączną właściwością tętnic, charakteryzuje ona także naczynia włosowate. Tak pospolity objaw wzruszenia, jak rumieniec, jest właśnie skutkiem rozszerzania się naczyń włosowatych, bladość zaś, jaka okrywa twarz np. w chwilach nagłego strachu — następstwem ich skurczu.

Prześledziliśmy już drogi, jakimi krew zdąża z serca do tkanek naszego organizmu, omówimy jeszcze pokrótce jej drogę powrotną.

Przepłynąwszy naczynia włosowate krew gromadzi się znowu w większych naczyniach krwionośnych, we wspomnianych już wyżej żyłach.

Budową swą żyły niewiele się różnią od tętnic. Posiadają jedynie cieńsze ściany, są mniej sprężyste i przeważnie nie tętnią. Wiele spośród bogato rozgałęzionych żył (ilościowo przerastają one znacznie tętnice) przebiega tuż pod powierzchnią skóry. Tętnice natomiast leżą przeważnie głębiej, ukryte między mięśniami, a więc w miejscach lepiej chronionych. Tylko nieliczne tętnice znajdują się pod skórą i tam właśnie można wyczuć ich tętno.

Takie rozmieszczenie obu rodzajów naczyń krwionośnych jest wielce korzystne dla organizmu. W tętnicach ciśnienie krwi jest znacznie wyższe niż w żyłach. Pęd krwi słabnie podczas wędrówki po organizmie. Jeżeli więc przeciąć tętnicę, np. skroniową, krew tryśnie z niej strumieniem, z uszkodzonych żył natomiast krew upływa powoli, niekiedy jedynie kroplami. Bohater powieści Sienkiewicza „Quo Vadis" — Petroniusz, chcąc uniknąć śmierci z polecenia Nerona, popełnia samobójstwo, przecinając sobie tętnice (nie zaś żyły, jak to mówimy błędnie w języku potocznym). Śmierć następuje w takich wypadkach wskutek gwałtownego i obfitego upływu krwi.

Sieć naczyń krwionośnych, A. Tętnica. V. Żyła. N. Nerwy.

W żyłach ciśnienie krwi jest niewielkie, a w pobliżu serca — pod wpływem działania ssącego, jakie ono wywiera — przechodzi w t. zw. ciśnienie ujemne, to znaczy w tym miejscu krew żylna nie tylko nie napotyka oporu, ale jest wsysana z odleglejszych odcinków żylnych.

Pod wpływem działania ssącego serca odbywa się głównie bieg krwi w wielkich pniach żylnych. Rolę pomocniczą odgrywają ruchy oddechowe klatki piersiowej oraz skurcze mięśni szkieletowych. Nadto w dużej mierze wspomagają krew w drodze powrotnej zastawki żylne, które podobnie jak zastawki sercowe, nie pozwalają cofnąć się wstecz krwi zmierzającej do serca.

Istnienie tych zastawek można unaocznić naciskając jedną z żył, np. w okolicy łokcia. Tamujemy w ten sposób bieg krwi i żyła na-

brzmiewa. Wyróżniamy ją więc wyraźnie i stwierdzamy wzdłuż niej bez trudu węzełkowate zgrubienia. Są to właśnie zastawki żylne. Ich to sprawne działanie zapewnia krwi powrót do serca bez przeszkód i nie pozwala jej się cofać.

Zdarzają się jednak niestety defekty i w zastawkach żylnych. Skutki ich są dobrze znane pod nazwą żylaków. Zastawki są wtedy wadliwie ukształtowane, stawiają zbyt wielki opór i nie cała ilość krwi posuwa się ku górze; część zatrzymuje się i cofa wstecz. Obciąża to zbytnio ściany żył, które rozciągają się, wiotczeją a nawet fałdują.

W warunkach zwykłych jednak sprawność działania serca i naczyń krwionośnych jest wprost zdumiewająca. Wszędzie, w najdrobniejszych nawet szczegółach panuje ta sama podziwu godna celowość budowy i wzajemnego powiązania.

LIMFA

Krew nie jest jedyną cieczą krążącą po naszym organizmie. Wraz z nią opływa wszystkie tkanki ciała t. zw. limfa *(chłonka)*.

Limfa — to produkt krwi, powstaje bowiem z przesączających się z włosowatych naczyń krwionośnych płynnych składników krwi — wody i substancji odżywczych. Poza tym powstaje też limfa zapewne jako wydzielina tkanek.

Jakie funkcje spełnia ta wodnista, biaława ciecz w organizmie?

Otóż przede wszystkim pośredniczy limfa w procesie wymiany, jaka zachodzi między krwią a tkankami. Podział pracy między nią a krwią możnaby ująć w ten sposób: krew dowozi materiały odżywcze do różnych okolic ciała, limfa je po tych okolicach rozprowadza. Przenikając do szczelin międzytkankowych oddaje ona komórkom bezpośrednio cenny ładunek pokarmu, a jednocześnie oczyszcza je z produktów zużytych, szkodliwych. Objawy zewnętrzne tej działalności limfy obserwujemy nader często w postaci sińców.

Jak powstaje siniec?

Uderzenie powoduje pęknięcie cienkich naczyń krwionośnych — następuje wewnętrzny wylew krwi czyli wynaczynienie. Poza obrębem naczyń krwionośnych zmienia się jednak skład chemiczny barwika czerwonych ciałek krwi. Wskutek tego nabierają one najpierw barwy niebieskiej, następnie zaś zielonożółtej. Tak zabarwione szczątki czerwonych ciałek krwi stają się elementem dla organizmu szkodliwym. Wessane przez limfę, zbierają się one w przebiegających tuż pod skórą naczyniach limfatycznych — i stąd sinawa plama w miejscu uderzenia.

Również czerwone smugi, ukazujące się na ramieniu w wypadkach zanieczyszczenia np. ranki na palcu, nie są niczym innym, jak naczyniami limfatycznymi, które uwydatniają się na skutek zapalenia, wywołanego przez zarazki.

Drugie, niemniej doniosłe zadanie limfy, niezależne już niejako od roli krwi, polega na dostarczaniu tkankom niezbędnej wody. Należy bowiem pamiętać, że wszystkie przemiany chemiczne w organizmie odbywają się w środowisku wodnym. W warunkach zwykłych odbywa się przy tym wewnątrz ciała regulacja dopływu limfy do tkanek. Nadmiar jej wraca z powrotem naczyniami limfatycznymi do krwi. Zmiany chorobowe mogą jednak spowodować nagromadzenie się w niektórych okolicach ciała większej ilości wody — stanowiącej główny składnik (95%) limfy. Tworzą się wtedy obrzęki, a w przypadkach nagromadzenia się szczególnie wielkiej ilości płynu surowiczego rozwija się choroba, zwana puchliną wodną.

Ze szczelin międzytkankowych odpływa limfa drobniutkimi gałązkami naczyń włosowatych (chłonnych). Cieniutkie te rureczki *(kapilary limfatyczne)* łączą się w coraz gęstsze sieci i zwolna przechodzą w większe naczynia limfatyczne.

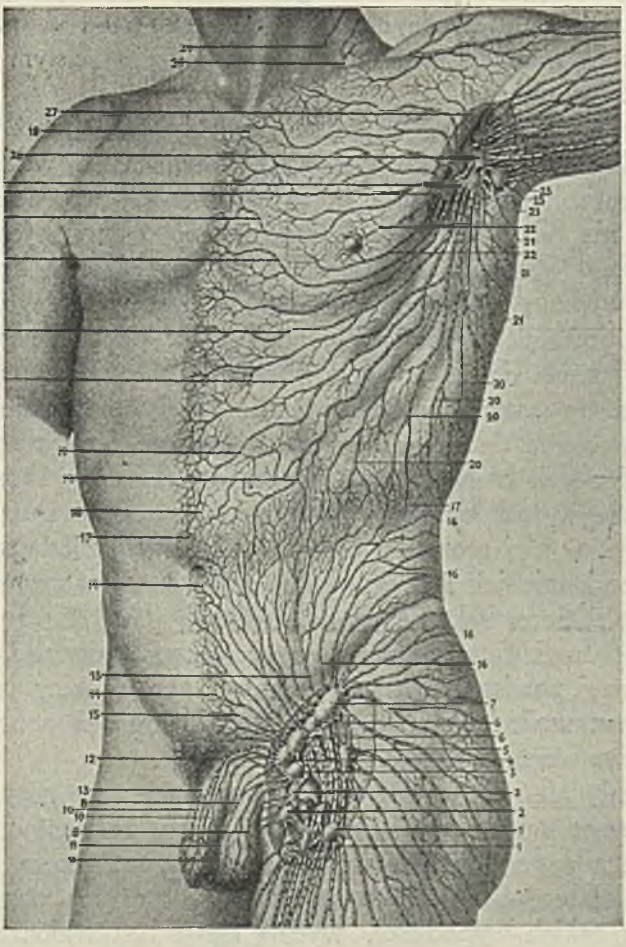
Szczególnie rozgałęziony jest układ naczyń limfatycznych w ścianach jelita cienkiego, w których one spełniają jeszcze jedną funkcję — wchłaniają, mianowicie, odpowiednio strawiony tłuszcz, aby niebawem zasilić nim krew. Po wyjściu z jelit kierują się naczynia limfatyczne ku górze i na wysokości kręgów lędźwiowych, łącząc się z innymi, tworzą długi przewód piersiowy, który ma ujście w lewej żyle podobojczykowej. W prawej żyle podobojczykowej kończy się drugi, mniejszy pień naczyń limfatycznych.

Stały kierunek obiegu limfy poprzez najgłębsze zakamarki ciała z powrotem do większych naczyń krwionośnych umożliwiają — podobnie jak pęd krwi w kierunku serca w żyłach — specjalne zastawki. Mniejsze zwłaszcza naczynia limfatyczne są bogato wyposażone w te zawory, które nie pozwalają cofnąć się wstecz prądowi limfy.

W układ naczyń limfatycznych włączone są jakby węzły rozmaitej wielkości. Są to t. zw. gruczoły limfatyczne.

Funkcja tych gruczołów jest swoista: nie wydzielają żadnych soków, lecz wytwarzają białe ciałka krwi, które są pobierane przez naczynia krwionośne i limfatyczne, przechodzące przez gruczoł. Poza tym odgrywają gruczoły limfatyczne rolę filtrów względem limfy. Jako wytwórnie białych ciałek krwi, zatrzymują bowiem i unieszkodliwiają unoszone przez limfę niepożądane produkty wytworzone w tkankach i ciała obce, a przede wszystkim bakterie, które przenik-

nęły w głąb organizmu. Niekiedy gruczoły limfatyczne obrzmiewają w walce z tymi ciałami, stają się bolesne i w ten sposób sygnalizują wtargnięcie intruza. Rzecz jasna, że jako stacje obronne organizmu, muszą one być zgrupowane najliczniej w tych okolicach ciała, które są szczególnie wystawione na niebezpieczeństwo ze strony przenikają-



SIEĆ NACZYŃ LIMFATYCZNYCH POWIERZCHNI CIAŁA LUDZKIEGO. Naczynia limfatyczne skóry zbierają się w dole pachowym i pachwinowym, gdzie wpadają do gruczołów limfatycznych. *(Wg F. Kahna).*

cych z zewnątrz elementów obcych. Miejsca skupienia drobnych gruczołów limfatycznych stanowią drogi oddechowe, ściany jelita cienkiego i tkanka podskórna.

Wśród gruczołów limfatycznych można wyróżnić twory niższe-

go i wyższego rzędu. Najprostsze, najdrobniejsze gruczołki, rozsiane obficie a bezładnie po tkankach, oraz stosunkowo niewielkie ich zgrupowania, ukryte w błonie śluzowej poszczególnych narządów, znajdują się poza obrębem właściwego układu limfatycznego. Gruczoły większe są w układ ten włączone i związane z nim ściśle, podobnie jak serce z układem krwionośnym. Do gruczołów nie związanych bezpośrednio z układem limfatycznym należy ś l e d z i o n a — gruczoł limfatyczny najwyższego rzędu — pozostający w ścisłym związku z układem krwionośnym.

Śledziona leży w górnym kącie jamy brzusznej, tuż w pobliżu żołądka. Bliskie sąsiedztwo z narządami trawiennymi wskazywałoby na to, że gruczoł ten pozostaje w jakimś związku z procesem trawienia. Nauce nie udało się jednak dotąd ustalić zakresu jego działalności. Śledziona jest terenem rozpadu czerwonych ciałek krwi, a wielu fizjologów przypisuje jej także zdolność wytwarzania tych ciałek. Badania zaś ostatnich lat zdają się uprawniać do przypuszczeń, że śledziona wydziela do krwi pewne substancje specyficzne, a więc należy również do gruczołów dokrewnych. Niektóre funkcje śledziony znane są dokładnie. Wiadomo przede wszystkim, że gruczoł ten dostarcza krwi ciałek białych. Po opuszczeniu śledziony krew jest 60 razy bogatsza w leukocyty niż przedtem. Śledziona służy też jako zbiornik krwi, w niej gromadzi organizm rezerwy życiodajnego płynu. Wreszcie, podobnie jak inne gruczoły limfatyczne, zatrzymuje i unieszkodliwia śledziona bakterie chorobotwórcze.

Do układu limfatycznego zalicza się jeszcze migdałki, osadzone na zewnętrznej powierzchni błony śluzowej, na granicy jamy ustnej i gardła, oraz szpik kostny, substancję wypełniającą wolne odcinki przestrzeni we wnętrzu naszych kości.

Rola migdałków w organizmie nie została jeszcze dotychczas dostatecznie przez naukę wyjaśniona. Być może, że stanowią one niejako pierwszą zaporę przed wnikającymi przez gardło zarazkami i brudem i dlatego tak często wywiązują się w nich stany zapalne i ropne. W takich wypadkach wycina się je bez widocznej szkody dla organizmu. Brak ich wyrównywa najpewniej wzmożona działalność obronna innych narządów.

Szpik kostny stanowi właściwe ciało krwiotwórcze, wytwarza bowiem nie tylko leukocyty, ale także czerwone ciałka krwi. Skomplikowana budowa tkanki szpikowej każe przypuszczać, że szpik kostny spełnia jeszcze cały szereg innych funkcji, które jednak, jak dotąd, wymykają się obserwacji naukowej.

ODDYCHANIE

Oddychanie stanowi jedną z podstawowych funkcji żywego organizmu.

Bliski związek procesu oddychania z życiem odczuwali ludzie od czasów najdawniejszych. Grecy starożytni uważali duszę za *tchnienie* boskie, a po dziś dzień zachował się cały szereg przenośni i zwrotów, które świadczą, że śmierć utożsamiamy na ogół z ostatnim oddechem. Wszak niejeden, pochylony nad stygnącymi zwłokami, powie: „już nie oddycha" lub „wydał ostatnie tchnienie" czy też „wyzionął ducha".

I rzeczywiście — przez oddychanie dostarczamy organizmowi tlenu, a czyż nie wiązanie się z tlenem spożytego pokarmu, który stał się po strawieniu składnikiem ciała, umożliwia wytwarzanie się ciepła, ruchu i innych objawów życia?

W tkankach organizmu pojawia się jednak jako produkt łączenia się z tlenem czyli spalania — szkodliwy dwutlenek węgla. Wydalamy go na zewnątrz także przez oddychanie. Ten tak ważny proces polega więc jedynie na wymianie gazów. Pośredniczą w tej wymianie t. zw. narządy oddechowe, a mianowicie: nos, gardło, krtań, tchawica i płuca.

Wypukły, sterczący, widoczny z profilu nos jest specyficzną właściwością człowieka. U żadnego zwierzęcia nie spotykamy tak mocno sklepionego, kościstego nosa. Słynny nos orła jest właściwie tylko dziobem. Wydaje się, że im wyższy szczebel rozwoju osiąga człowiek, tym bardziej wzrasta długość i wysokość jego nosa kosztem szerokości. Porównajmy choćby krótki i gruby nos Murzyna z długim i cienkim nosem człowieka białego. Więcej krótkich, płaskich nosów spotykamy na ogół podczas poboru rekruta, niż na jakimś kongresie naukowców.

Przyjrzyjmy się jednak budowie nosa niezależnie od rozmiarów i kształtów indywidualnych. To, co w życiu potocznym nazy-

wamy nosem, ta wystająca część twarzy, jest zaledwie częścią nosa, i to wcale nie najważniejszą. Główna jego część jest głęboko ukryta w szkielecie twarzy.

Cały nos stanowi stożkowatą jamę kostną, zbudowaną aż z czternastu drobnych i nader skomplikowanych kostek. Cienka płytka kostna i chrząstkowa, zwana przegrodą nosową, dzieli jamę nosa na dwa kanały: lewy i prawy. Często przegroda wskutek wad rozwojowych ulega skrzywieniu, powodując zwężenie jednego z kanałów nosowych.

Najlżejszy katar wywołuje w takich wypadkach dobrze znane każdemu, bardzo męczące uczucie zatkania.

Budowa ścian bocznych jamy nosowej, w przeciwieństwie do przegrody, która odznacza się wielką prostotą, jest dość zawiła. Na każdej ze ścian umieszczone są trzy t. zw. muszle albo małżowiny nosowe, mające kształt rynienek. Są one ułożone jedna nad drugą, przy czym górna jest najmniejsza, dolna zaś największa.

WSKAŹNIK „NOSOWY". Jest to stosunek wysokości nosa do jego szerokości. Okazuje się, że zwiększa się on w miarę rozwoju gatunkowego, a najwyższy jest u człowieka. U psa wskaźnik wynosi 3, u goryla 7, u Murzyna 25, u Europejczyka — 54. *(Wg F. Kahna).*

Układ muszli nosowych nie jest dziełem przypadku, lecz służy wyraźnemu celowi. Muszle nosowe powiększają bowiem wewnętrzną powierzchnię nosa i ułatwiają mu w ten sposób spełnianie doniosłej funkcji — oczyszczania powietrza z zawartych w nim pyłków.

Kostny szkielet nosa, to jakby surowa budowla bez żadnych ozdób. Kształt ostateczny nadają mu dopiero t. zw. koniec i skrzydła nosa, utworzone już nie z łamliwych kości, lecz z drobnych chrząstek.

Całą jamę kostno-chrząstkową w żywym organizmie wyściela czerwona i połyskująca błona śluzowa, która w dotknięciu jest miękka, ciepła i wilgotna.

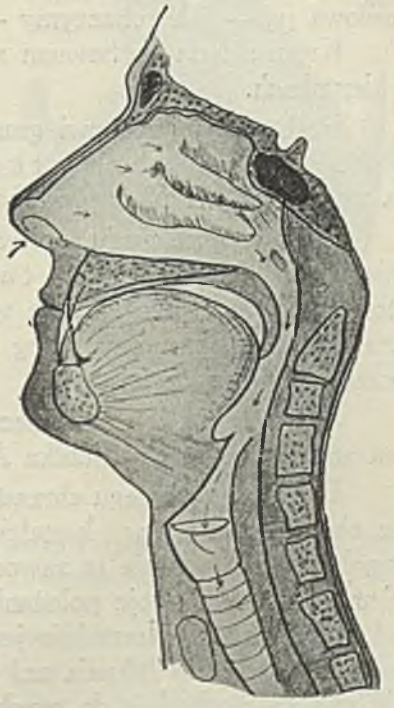
U wylotu nozdrzy błona śluzowa jest gęsto usiana włoskami, które jak przez sito przepuszczają powietrze, zatrzymując pyłki. Gdyby się jednak jakiemuś niepożądanemu gościowi udało przedrzeć przez tę granicę, czyha nań nowy strażnik, także w postaci włosków, ale znacznie cieńszych. Włoski te odgrywają niejako rolę narządów zmysłowych: każdego intruza meldują charakterystycznym łaskotaniem, które powoduje kichanie, i nieproszony gość zostaje wydalony.

W górnej części jamy nosowej znajdują się rozgałęzienia nerwu węchowego, które także pełnią rolę w procesie oddychania; badają bowiem wdychane powietrze i na podstawie zapachu wydają orzeczenie, czy nie zawiera szkodliwych substancji. Jeżeli powietrze jest zatrute, komórki węchowe wysyłają natychmiast sygnały ostrzegawcze ośrodkom nerwowym i po chwili biegną już od nich „nakazy" do odpowiednich narządów. Rozpoczyna się gwałtowne chrząkanie i kaszlanie, mające na celu wydalenie wciągniętego już powietrza.

Na tym nie kończy się jednak dobroczynna rola nosa. Dzięki niezliczonej ilości naczyń krwionośnych błona śluzowa zachowuje stale temperaturę o wiele wyższą niż otaczające ją powietrze i ogrzewa znacznie każdy jego strumień, zanim dostanie się do dalszych, tak wrażliwych dróg oddechowych.

W jamie nosowej powietrze nasyca się też wilgocią dzięki wydzielinie gruczołów zwilżających błonę śluzową wnętrza nosowego oraz łzom stale spływającym kanalikami łzowymi do nosa.

Błona śluzowa nosa oczyszcza więc powietrze, ogrzewa je i nasyca wilgocią; nadto — znakomicie je dezynfekuje, a to dzięki temu, że gruczoły jej wydzielają swoiste substancje bakteriobójcze.



DROGA POWIETRZA PODCZAS ODDYCHANIA. Krótka droga od końca nosa do krtani wystarcza nie tylko do ogrzania powietrza, np. od 0° do 20°, ale również do oczyszczenia go z zanieczyszczeń, np. pyłków kurzu, bakteryj itp.

Oto dlaczego w ośrodkach zdrowia, w lokalach publicznych i podręcznikach higieny czytamy zawsze wielkie napisy tłustym drukiem: „Oddychajmy nosem!" Jeżeli się jednak wbrew nakazom higieny oddycha nie nosem, lecz ustami, powietrze musi także minąć oczyszczającą stację graniczną. U wejścia do gardła czyha na nie zapora w postaci m i g d a ł k ó w.

Obserwując narządy oddychania doznajemy niekiedy wrażenia, że natura umyślnie piętrzy przeszkody, aby je potem w jakiś cu-

downy sposób pokonać. Takie uczucie nas ogarnia, gdy śledzimy drogę powietrza z gardła do krtani.

Jak to się dzieje, że powietrze dostaje się do krtani, a pokarmy do przełyku, nie zaś przeciwnie, choć do obu narządów prowadzi niejako jedno „wejście"?

Przejrzysty opis krtani nastręczał zawsze duże trudności, gdyż budowa jej — jak zobaczymy — jest istotnie zawiła.

Krtań składa się bowiem z wielu chrząstek o różnych kształtach i kierunkach.

Podstawę jej stanowi graniczący z tchawicą silnie rozwinięty pierścień, zwany chrząstką pierścieniowatą; chrząstka ta przechodzi z tyłu w prostokątną, dość szeroką płytkę.

Na tym pierścieniu opiera się najważniejsza chrząstka krtani, mianowicie chrząstka tarczowata, która ma kształt prostokąta zgiętego przez środek wzdłuż krótszego boku. Załamanie to, a zwłaszcza jego górny brzeg każdy może z łatwością wyczuć na przedniej górnej części szyi.

U mężczyzn jest ono znacznie bardziej wydatne i dobrze każdemu znane pod nazwą „jabłka Adama".

Do górnego brzegu chrząstki tarczowatej przyczepiona jest blaszka chrząstkowata, w kształcie jakby liścia, zwana nagłośnią. Nagłośnia jest właśnie tą zaworą, która stoi na straży interesów organizmu i zmienia swoje położenie względem jamy krtaniowej zależnie od jego potrzeb. Normalnie jest ona uniesiona swobodnym końcem ku górze, podczas łykania zaś zamyka wejście do krtani i kęs prześlizguje się swobodnie do przełyku.

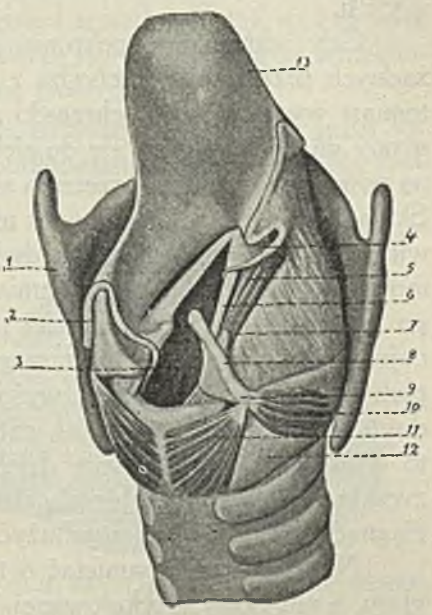
Jak się odbywa połykanie? Kęs ruchami języka przesuwany jest w głąb jamy ustnej. W pewnej fazie kęs zostaje zamknięty pomiędzy podniesioną do góry podstawą języka a skurczonymi łukami podniebiennymi. W ten sposób jama ustna oddziela się od okolicy przełykowej. Równocześnie z tym podniebienie miękkie wraz z języczkiem przesuwa się ku górze, zamykając nozdrza tylne. Wtedy również kość gnykowa i krtań silnie podnoszą się do góry i do przodu — wskutek czego nagłośnia styka się z brzegami krtani i zamyka ją. Obserwując człowieka jedzącego, a zwłaszcza mężczyznę z wydatnym „jabłkiem", widzimy wyraźnie, jak zabawnie unosi się ono przy każdym kęsie ku górze; przy każdym bowiem połykanym kęsie przesuwa się ku górze cała krtań. Równocześnie kęs pokarmu zostaje przerzucony do rozszerzonego gardła i do przełyku. Po przełknięciu kęsa krtań

z powrotem opada i droga do tchawicy jest znowu otwarta*). Wszystko to dzieje się oczywiście za pośrednictwem mięśni, które biegną do kości gnykowej oraz od jednych chrząstek do drugich, zbliżając je i oddalając. Szczególnie ważną rolę odgrywają one w krtani rozpatrywanej jako instrument muzyczny.

Krtań jest jedynym instrumentem „muzycznym", który harmonijnie łączy w sobie jasny i przenikliwy dźwięk instrumentu dętego z łagodnym i śpiewnym brzmieniem smyczkowego, a zawdzięcza to swojej budowie.

Dotychczas poznaliśmy te chrząstki krtani, które mają decydujące znaczenie w procesie oddychania, z kolei zajmiemy się tymi, które pozwalają wydobyć z niej najpiękniejsze tony.

Najważniejszą rolę pod tym względem odgrywają dwie chrząstki nalewkowe w kształcie trójkątnych graniastosłupów, osadzone obok siebie w tylnej płytce chrząstki pierścieniowatej. Chrząstki nalewkowe są ogromnie ruchliwe; staw obrotowy i mięsień przyczepiony do dolnego kąta zewnętrznego pozwalają im obracać się dokoła własnej osi podłużnej, dzięki zaś poprzecznemu mięśniowi, który je łączy, mogą się do siebie zbliżać lub od siebie oddalać.



KRTAŃ *(półschematycznie od tyłu)*. 1. Chrząstka tarczowata. 2. Błona śluzowa. 3. Szpara głosowa. 4. Kieszonka Morganiego. 5. Mięsień napinający strunę głosową. 6. Struna głosowa. 7. Wyrostek głosowy chrząstki nalewkowej. 8. Chrząstka nalewkowa prawa. 9. Przyczep mięśnia chrząstki nalewkowej. 10. Boczny mięsień chrząstki nalewkowej. 11. Tylny mięsień chrząstki nalewkowej. 12. Chrząstka pierścieniowata. 13. Nagłośnia.

Od chrząstek nalewkowych do chrząstki pierścieniowatej biegną poprzecznie poprzez krtań dwa więzadła, utkane z niezwykle cienkich, elastycznych włókien, t. zw. struny głosowe, między którymi rozwiera się trójkątna szczelina, zwana głośnią. Gdy mowa

*) Bliższe omówienie budowy i ruchów krtani znajdzie czytelnik w jednym z dalszych tomów, w rozdziale o chorobach krtani.

o strunach głosowych, dodaje się często przymiotnik „prawdziwe" — dla odróżnienia od leżących nad nimi dwóch fałd, które nie mają nic wspólnego z wydawaniem głosu i noszą nazwę strun fałszywych.

Gdy oddychamy spokojnie, głośnia jest rozwarta i powietrze bez żadnych przeszkód przechodzi z nosa do tchawicy; gdy chcemy natomiast wydobyć głos, chrząstki nalewkowe i przyczepione do nich struny głosowe zbliżają się do siebie, szczelina się zamyka i wydychane powietrze z trudem przeciska się przez nią; wtedy słyszymy dźwięk. Skala dźwięków, jakie człowiek może wydobyć ze swej krtani, jest niewielka, wynosi bowiem tylko dwie oktawy. Korzystając jednak z pomocy ruchów języka, warg, zmiany kierunku powietrza, wychodzącego raz przez nos, kiedy indziej przez jamę ustną, możemy wydawać najrozmaitsze głosy. Potrafimy gwizdać, krzyczeć, jęczeć, śmiać się, płakać i, co najważniejsze, wyśpiewać wszystkie odcienie uczuć: radość i smutek, zachwyt i żal, entuzjazm i rozczarowanie. A wszystko to osiąga człowiek głównie dzięki swej skromnej parze strun, o niezwykle prostym mechanizmie działania, które może dzięki temu naciągnąć lub rozprężyć, wydłużyć lub skrócić, złączyć lub rozdzielić.

Należy jednak pamiętać o tym, że krtań jest jedynie narzędziem głosu, a nie mowy artykułowanej. W mowie współdziała cały szereg innych narządów, a mianowicie: usta, nos, gardło, podniebienie, policzki, a zwłaszcza język, zęby i wargi. Człowiek o chorej krtani nie może wydobyć głosu, ale może mówić bezdźwięcznie, t. zn. szeptać.

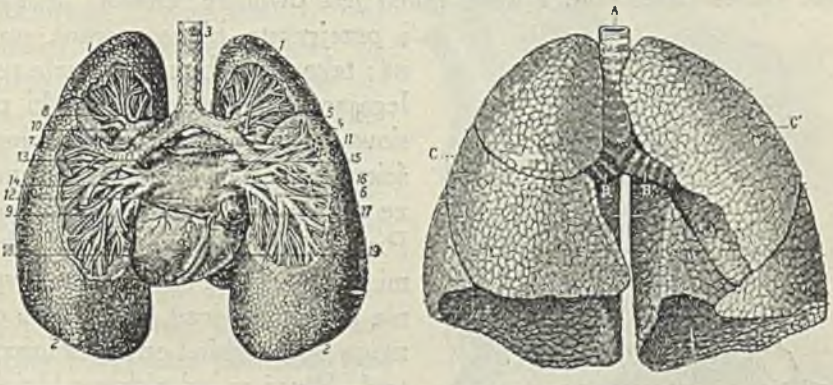
Głos tak samo charakteryzuje człowieka, jak wszystkie inne cechy indywidualne. Doskonale rozpoznajemy ludzi podług brzmienia ich głosu; o jednych mówimy, że mają głos głęboki, o innych, że wysoki, cienki, piszczący; niekiedy uderza nas czyjś głos jako miły i ujmujący, czasami zaś jako przykry i rażący.

O brzmieniu głosu decyduje jego wysokość i barwa.

Wysokość głosu zależy od szybkości drgań strun głosowych, wywoływanych przez prąd wydychanego z płuc powietrza; przy tym im struny głosowe są dłuższe i grubsze, tym ilość drgań na sekundę mniejsza, a głos niższy. Dlatego też męski głos jest na ogół znacznie niższy od kobiecego, a głos dziecinny szczególnie wysoki. Gdy rozmiary krtani ulegają zmianie, zmienia się także wysokość głosu. Krtań chłopców w okresie dojrzewania płciowego tak gwałtownie się rozrasta, że głos ich spada o całą oktawę — następuje t. zw. mutacja głosu. U dziewcząt natomiast głos tylko nieznacznie się zniża, gdyż zmiany w rozmiarach krtani są niewielkie.

Druga indywidualna cecha głosu — barwa — zależy od kształtu i wielkości t. zw. r e z o n a t o r ó w*). Rezonatorami głosu ludzkiego są usta, nos, gardło i klatka piersiowa: ich wielkość, kształt i ułożenie decydują o tym, czy głos nasz jest dźwięczny czy matowy, czy brzmi śpiewnie i łagodnie czy też oziębłe i szorstko. Krtań spełnia więc dwa ważne zadania: przewodzi powietrze do dalszych dróg oddechowych i jest naszym jedynym aparatem głosowym.

Z krtani powietrze dostaje się do tchawicy — ruchomej rurki oddechowej, składającej się z szeregu podkowiastych chrząstek. Na wy-



NA LEWO: TCHAWICA, OSKRZELA I ICH ROZGAŁĘZIENIA ORAZ SERCE *(widok z tyłu)*. 1—1. Szczyty płuc. 2—2. Podstawa płuc. 3. Tchawica. 4. Prawe oskrzele. 5. Gałąź oskrzelowa w górnym płacie prawego płuca. 6. Gałąź oskrzelowa w dolnym płacie prawego płuca. 7. Lewe oskrzele. 8. Gałąź oskrzelowa w górnym płacie lewego płuca. 9. Gałąź oskrzelowa w dolnym płacie lewego płuca. 10. Lewa gałąź tętnicy płucnej. 11. Prawa gałąź tętnicy płucnej. 12. Lewy przedsionek. 13. Żyła płucna lewa górna. 14. Żyła płucna lewa dolna. 15. Żyła płucna górna prawa. 16. Żyła płucna dolna prawa. 17. Końcowa część dolnej żyły czczej. 18. Lewa komora. 19. Prawa komora.

NA PRAWO: PŁUCA WIDZIANE OD PRZODU. A. Tchawica. C. Prawe płuco. C'. Lewe płuco.

sokości mniej więcej czwartego kręgu piersiowego tchawica dzieli się na dwie boczne gałęzie, t. zw. o s k r z e l a, z których prawe jest większe, lewe zaś — mniejsze, gdyż musi pomieścić się obok serca, które jedynie u ludzi przesunięte jest ku lewej stronie ciała.

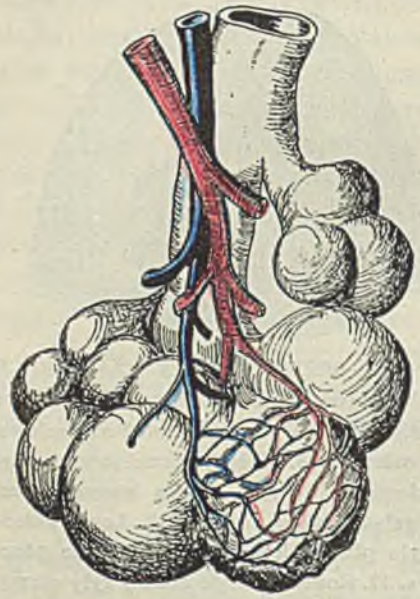
Każde z oskrzeli dzieli się z kolei na coraz drobniejsze i delikatniejsze, pozbawione już części chrząstkowych rureczki, które przecho-

*) Rezonatorem jest każdy przedmiot, który może współbrzmieć z innymi dźwiękami.

dzą w niezwykle drobne pęcherzyki płucne. Grubość jednego pęcherzyka wynosi 4 mikrony (0,004 mm).

Wedle najnowszych obliczeń liczba pęcherzyków płucnych przekracza 300 milionów, a rozcięte i rozpostarte zajęłyby około 150 m², czyli powierzchnię 75 razy większą niż powierzchnia całego ciała ludzkiego.

Pęcherzyki płucne tworzą dwa gąbczaste stożki lub raczej dwie spłaszczone piramidy, które znajdują się w zamkniętej ze wszystkich stron klatce piersiowej. Każde płuco jest owinięte cienką, delikatną i przejrzystą błoną, zwaną opłucną; taka sama błona wyściela przylegającą do płuc część klatki piersiowej i tutaj nosi nazwę opłucnej ściennej. Obie błony połączone są ze sobą i tworzą zamknięty worek. Przestrzeń między obiema błonami, zwaną jamą opłucnową, wypełnia płyn surowiczy, tak że one ślizgują się o siebie bez najmniejszych tarć. Płuca są od siebie oddzielone śródpiersiem, które zawiera wszystkie inne narządy klatki piersiowej, mianowicie serce, przełyk, tchawicę, aortę z wielkimi tętnicami, pojedyncze nerwy i gruczoły chłonne.

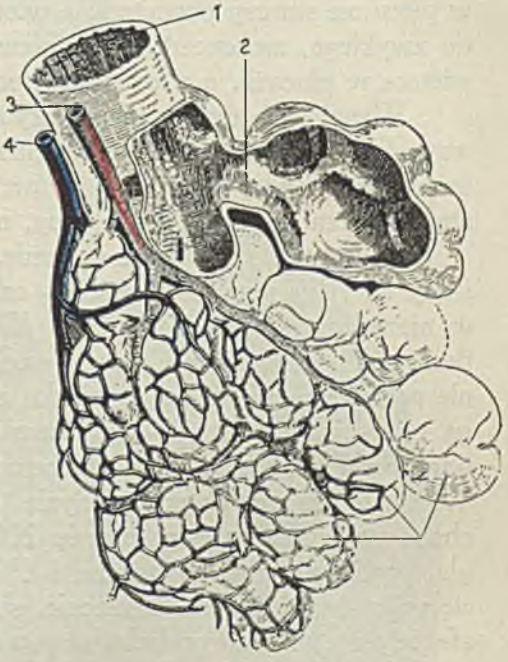


BUDOWA PŁUC POD MIKROSKOPEM. Pęcherzyk płucny otoczony siecią naczyń krwionośnych.

Prawe płuco jest nieco większe od lewego i składa się z trzech płatów, podczas gdy lewe tylko z dwóch. Płaty są oddzielone od siebie opłucną, co ma doniosłe znaczenie kliniczne, można bowiem chory płat izolować i zapobiec rozszerzeniu się choroby na pozostałe płaty.

Od dołu zamyka klatkę piersiową płaska, poprzecznie ułożona, mięsista przepona. W stanie spoczynku przepona wciska się swoim kopulastym wierzchołkiem w klatkę piersiową; gdy zaś podczas wdechu mięśnie jej kurczą się, opada ona i naciska na mięśnie brzucha, który wypina się ku przodowi. W ten sposób klatka piersiowa znacznie powiększa swoją objętość, do czego przyczyniają się wydatnie inne mięśnie, które współpracują z przeponą; jedne z nich unoszą żebra

ku górze, inne biegną ku barkom, łopatkom i szyi. Wraz z objętością klatki piersiowej zwiększa się też, rzecz prosta, objętość jamy opłucnowej. Zawarte w przestrzeni okołopłucnej powietrze ulega więc rozrzedzeniu, ciśnienie jego zmniejsza się, a to sprawia, że powietrze atmosferyczne wpada do płuc i je rozdyma. Odwrotne stosunki wytwarzają się podczas wydechu. Przepona wraca do poprzedniego położenia, żebra opadają, zmniejsza się objętość klatki piersiowej, a wraz z nią i objętość jamy opłucnowej. Zawarte w tej ostatniej powietrze staje się bardzo zagęszczone, ciśnienie jego wzrasta i płuca są zgniatane. „Wyżęte" z nich powietrze uchodzi więc do jamy ustnej. Gdy jama opłucnowa nie jest szczelnie zamknięta (jak to bywa przy zabiegu, zwanym *odmą)*, ruchy płuc są oczywiście słabsze i wymiana powietrza jest wtedy mniej intensywna. Dzięki zmniejszeniu ruchów chore płuco może się łatwo wygoić.



WYCINEK PŁUCA *(powiększony)*. 1. Oskrzelik. 2. Pęcherzyk płucny przecięty. 3. Rozgałęzienie żyły płucnej (zawierającej przesyconą tlenem a ubogą w dwutlenek węgla krew tętniczą). 4. Tętniczka płucna (zawierająca ubogą w tlen a przesyconą dwutlenkiem węgla krew żylną).

Ku naszemu zdziwieniu więc płuca, które są podstawowym narządem oddechowym, w procesie oddychania zachowują się zupełnie biernie. Czynnie pracują jedynie mięśnie, z których te lub owe — zależnie w dużej mierze od płci — biorą większy udział w procesie oddychania. Mężczyzna — jak mówimy — oddycha raczej brzuchem, kobieta zaś klatką piersiową. Pod wpływem dużego wysiłku fizycznego czy psychicznego kobiecie pierś „faluje", mężczyzna zaś dyszy. Fakt, że przepona bierze tak mały udział w procesie oddychania kobiety, można wytłumaczyć bądź pewnym przystosowaniem mięśni do jej biologicznej roli (podczas ciąży skurcze przepony są utrudnione), bądź po prostu zwyczajem noszenia gorsetów.

Oddychanie przy pomocy przepony jest rzeczą niezbędną w wy-

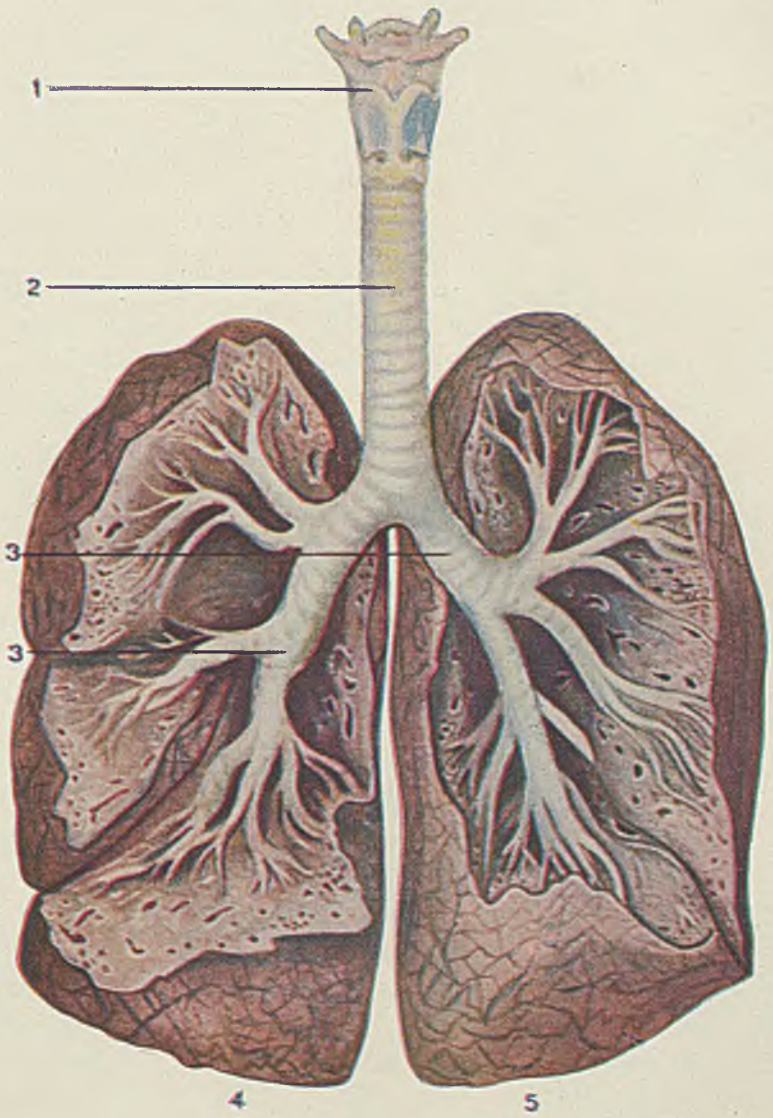
padkach, wymagających głębokiego oddechu, np. przy ćwiczeniach gimnastycznych. Jeżeli gimnastyk lub sportowiec nie umie oddychać przy pomocy przepony brzusznej, oddech jego będzie krótki. Krótki oddech zaś powoduje zadyszkę, t. zw. „utratę tchu". To samo dotyczy śpiewu. Początkujące śpiewaczki muszą nieraz bardzo mozolnie ćwiczyć, zanim nauczą się oddychać przeponą. Bez tej umiejętności w piersi nie starczy powietrza, a wtedy dźwięk będzie urwany. Nawet do zwykłego, niekoncertowego śpiewu potrzebny jest spory zapas powietrza w płucach, a więc głęboki oddech.

Wiemy już zatem, jakimi czynnikami są uwarunkowane podstawowe zjawiska w procesie oddychania: wdech i wydech. One to pośredniczą w stałej wymianie gazów, gdyż inny jest skład powietrza atmosferycznego, które wdychamy, inny zaś — wydalanego.

Powietrze, które otacza ziemię, jest mieszaniną gazów. Wynoszący aż 78% jego zawartości — azot wędruje do płuc i z powrotem w niezmienionej postaci i ilości. Wszystkie organizmy żywe poza pewnymi bakteriami zachowują wobec niego taką samą obojętność; nie potrafią zrobić żadnego użytku z atmosferycznego azotu, nie mogą go — jak mówimy — „przyswoić" i „wiązać". Żadnej roli nie odgrywają też t. zw. gazy szlachetne, których jest 1%, i para wodna. Właściwe zmiany dotyczą jedynie tlenu i dwutlenku węgla. Wdychane powietrze zawiera prawie 20% tlenu i 0,03% dwutlenku węgla, wydalane zaś 16% tlenu i 4% dwutlenku węgla. Zdawałoby się więc, że grozi nam uduszenie, skoro tlenu w otoczeniu, w atmosferze przy każdym oddechu ubywa. Na szczęście oddychają nie tylko zwierzęta, lecz i rośliny, u których wymiana gazów przebiega inaczej. Pod działaniem promieni słonecznych roślina pobiera dwutlenek węgla, a wydala tlen, oddając w ten sposób nieocenioną przysługę światu zwierzęcemu. O ile jednak w dzień roślina jest pożądanym towarzyszem, o tyle w nocy staje się konkurentem, łaknącym tak samo jak człowiek i inne zwierzęta — tlenu.

Ponieważ jeden człowiek pobiera dziennie około 750 litrów tlenu, a wydala około 600 litrów dwutlenku węgla, powietrze w zamkniętych, nie przewietrzanych pomieszczeniach, gdzie przebywa dużo osób, jest istotnie coraz uboższe w tlen i zawiera coraz więcej dwutlenku węgla. W klasie szkolnej, w której jest około 60 dzieci, już o 8 rano jest 0,25% dwutlenku węgla, a o 2 pp. procent dwutlenku węgla dochodzi do 0,55, co jest już katastrofalne; 0,1% jest bowiem granicą, której przekroczenie naraża zdrowie na szwank. Jeszcze w zeszłym stuleciu nierzadkie były wypadki masowego duszenia się ludzi

TABLICA 2



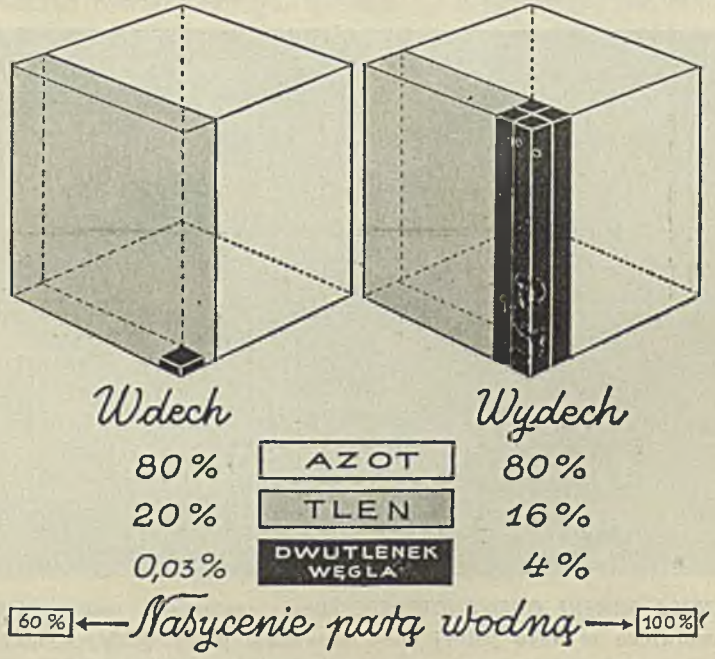
KRTAŃ, TCHAWICA I PŁUCA

1. Krtań. 2. Tchawica. 3. Rozgałęzienia tchawicy. 4-5. Płuco prawe i płuco lewe.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA BIBLIOTEKA GŁÓWNA

w pozbawionych wentylacji kajutach okrętowych, w celach więziennych itp. Po dziś dzień zresztą brak jeszcze należytego zrozumienia dla wielkiego znaczenia, jakie posiada oddychanie czystym powietrzem. Często cała rodzina sypia w jednym pokoju, podczas gdy drugi świeci pustkami i bywa otwierany tylko podczas uroczystości rodzinnych.

Cóż się staje z wielkimi zasobami tlenu, które wchłaniamy podczas oddychania? Pęcherzyki płucne — to jeszcze nie kres jego wędrówki, dopiero stąd rozpoczyna on długą drogę poprzez cały orga-



nizm. Przez cienkie ścianki delikatnych naczyń krwionośnych, którymi są oplecione pęcherzyki płucne, tlen przenika do krwi.

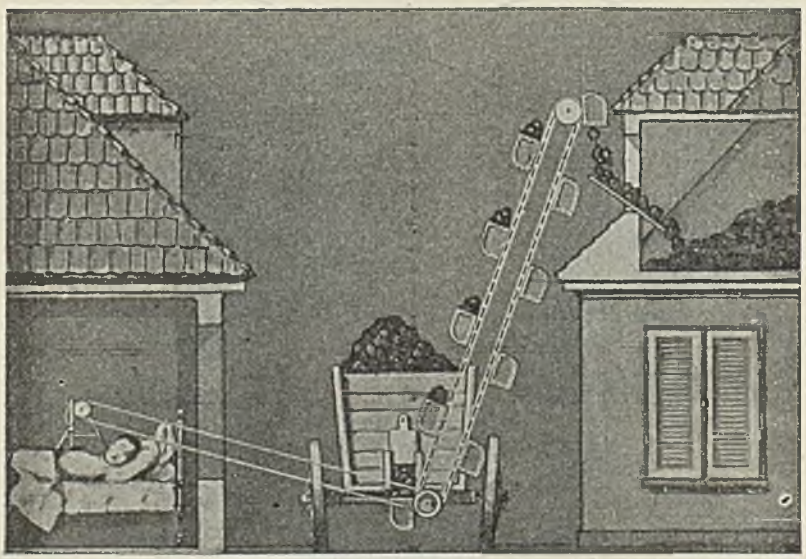
Krew roznosi ten życiodajny gaz po całym ciele, jednocześnie zbierając zewsząd produkty spalania, które przekazuje pęcherzykom płucnym, aby je przy najbliższym wydechu wydaliły na zewnątrz.

W organizmie ludzkim zachodzą więc właściwie dwa procesy oddychania: wymiana gazów w pęcherzykach płucnych, czyli oddychanie zewnętrzne, i oddawanie tlenu z krwi do tkanek i wchłanianie przez nią dwutlenku węgla, czyli oddychanie wewnętrzne.

Wdech i wydech należą do rzędu automatycznych odruchów. Reguluje je ośrodek oddechowy, mieszczący się w rdzeniu przedłużo-

nym. Podrażniony przez odpowiednie stężenie dwutlenku węgla znajdującego się we krwi, wysyła on bodźce do odpowiednich mięśni. Im więcej dwutlenku węgla we krwi, tym szybciej oddychamy. Leżąc oddychamy średnio 16 razy na minutę, siedząc już 21 razy, podczas pracy od 24—30 razy, przy bardzo dużym wysiłku liczba oddechów wzrasta nawet do 60. Podczas biegu oddychamy tak szybko, że aż „tchu nie możemy złapać".

Gdy organizmowi potrzeba więcej tlenu, zwiększa się nie tylko częstość, ale także głębokość czyli pojemność wdechu. Gdy budzimy się rano, odczuwamy zawsze potrzebę głębokiego oddechu — zie-



WYDOLNOŚĆ MIĘŚNI ODDECHOWYCH. Praca wykonana przez mięśnie oddechowe człowieka w ciągu jednej nocy odpowiada pracy, jakiej wymaga załadowanie 5 centnarów węgla na wysokość jednego piętra.

wamy. Ziewanie, które zwykliśmy uważać za objaw niewyspania czy znudzenia, może być uważane za skutek niewłaściwego oddychania. Im dłużej spaliśmy, tym mocniej ziewamy. We śnie oddychaliśmy bowiem znacznie wolniej, stąd rano potrzeba pozbycia się nagromadzonego dwutlenku węgla i łaknienie nowych zapasów tlenu. Podobnie tłumaczy się ziewanie jako objaw znudzenia. Gdy siedzimy przez dłuższy czas bezczynnie lub wykonywamy godzinami mało interesującą pracę, także oddychamy wolniej, wzmaga się więc coraz bardziej potrzeba tlenu w organizmie.

Przy najgłębszym nawet wydechu nie opróżniamy zupełnie płuc,

pozostaje w nich t. zw. powietrze zalegające. Zupełne wyciśnięcie pęcherzyków płucnych pociągnęłoby za sobą poważne niebezpieczeństwo, gdyż siateczka naczyń krwionośnych, oplatająca pęcherzyki, skurczyłaby się i przypływ krwi uległby zahamowaniu. Skądże by zresztą krew czerpała tlen podczas przerw w oddychaniu — gdy jemy, wygłaszamy dłuższe przemowy, a zwłaszcza podczas snu? Wtedy bowiem oddychanie jest bardzo powolne, tak że zanim raz odnowimy powietrze w płucach, krew dokonywa 7—8 obiegów. Podczas tych przerw właśnie korzysta krew z nagromadzonych w płucach zapasów tlenu.

Podczas równomiernego, spokojnego oddychania pobieramy przy każdym wdechu około $^1/_2$ litra powietrza, przy głębokim wdechu potrafimy wchłonąć znacznie więcej, nawet do 2 litrów. Wykonany po najgłębszym wdechu najgłębszy wydech daje nam t. zw. pojemność życiową płuc. Nie jest ona zresztą wielkością stałą; zależy od wieku, płci i w dużej mierze od rodzaju zajęcia i trybu życia.

Pojemność płuc wynosi:

u dorosłych mężczyzn	*2,9—4,1 l*
„ „ kobiet	*2,4—3,2 „*
„ chłopców	*1,6—2,3 „*
„ dziewcząt	*1,5—2,1 „*

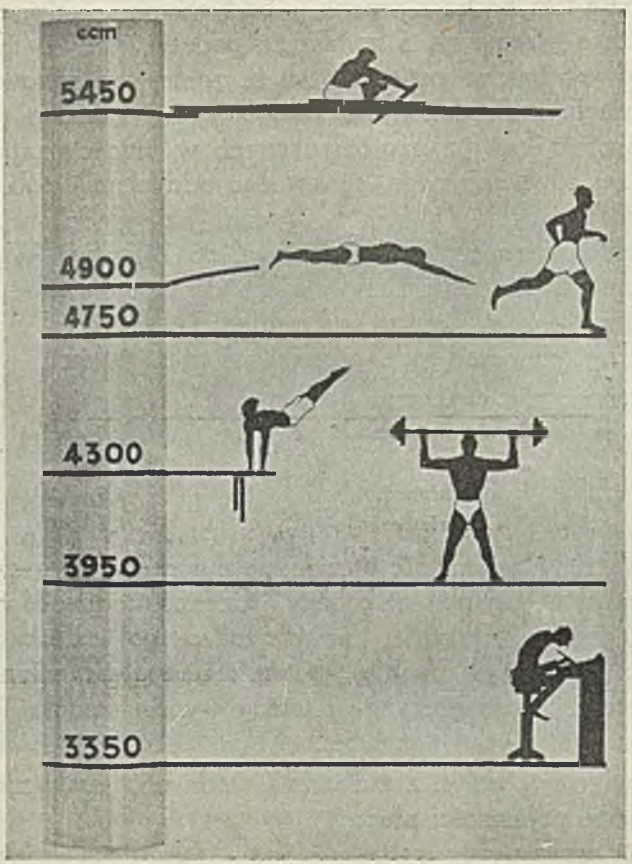
Jak widzimy, pojemność płuc rośnie z wiekiem, przy czym u mężczyzny wynosi więcej niż u kobiety. Częstość oddechów natomiast, przeciwnie, jest największa u nowonarodzonego dziecka (niemowlę oddycha aż 60 razy na minutę), potem stale maleje; najmniejsza jest u trzydziestoletniego mężczyzny i wtedy wynosi średnio 16. Kobieta oddycha na ogół płyciej i szybciej.

Uprawianie sportów, a zwłaszcza wodnych, znakomicie wpływa na zwiększenie pojemności płuc:

u nie uprawiającego sportów	*wynosi ona średnio 3,3 l*
„ uprawiającego ciężką atletykę	*„ „ „ 4 „*
„ uprawiającego gimnastykę na przyrządach	*„ „ „ 4,3 „*
„ uprawiającego lekką atletykę	*„ „ „ 4,7 „*
„ pływaka	*„ „ „ 5 „*
„ wioślarza	*„ „ „ 5,5 „*

Z tego porównania ilości powietrza pobieranego przy wdechu i pojemności płuc wynika, że tylko niewielka ilość powietrza zawartego w pęcherzykach podlega stałej wymianie, reszta zaś stanowi niejako rezerwę. Zupełnie próżne są jedynie płuca nowonarodzonego dziecka. Fakt ten ma doniosłe znaczenie dla medycyny sądowej, gdy chodzi o stwierdzenie, czy dziecko zostało zabite po urodzeniu, czy też

przyszło na świat nieżywe. Dla stwierdzenia obecności powietrza w płucach dokonywa się wtedy prostej próby, mianowicie wrzuca się zwłoki dziecka do jakiegokolwiek naczynia z wodą; jeżeli toną, to dowód, że dziecko jeszcze nigdy nie oddychało; jeżeli natomiast pły-



ZMIANY POJEMNOŚCI ŻYCIOWEJ PŁUC W ZALEŻNOŚCI OD RODZAJU WYKONYWANEJ PRACY. Wiośłarz (5450 cm³). Pływak (4900 cm³). Lekkoatleta (4750 cm³). Gimnastyk (4300 cm³). Ciężkoatleta (3950 cm³). Pracownik umysłowy (3350 cm³).

wają przy powierzchni, to znaczy, że płuca dziecka są napełnione powietrzem, a więc dziecko żyło po urodzeniu i mogło paść ofiarą mordu.

W płucach nie mamy więc nigdy zupełnie czystego powietrza, a w górnych drogach oddechowych też nie zawsze, gdyż pod koniec wydechu organy te wraz z tchawicą napełniają się wydalonym powietrzem z płuc, które przy następnym wdechu ponownie wprowa-

dzamy do płuc. Tak więc powietrze, które wchodzi do płuc z przestrzeni górnych dróg oddechowych, jest już częściowo zużyte.

Możnaby więc wyciągnąć stąd słuszny na pozór wniosek, że w budowie górnych odcinków dróg oddechowych są jakieś niedociągnięcia techniczne. Jednakże istnienie tej objętości szkodliwej (nazwą tą obejmujemy pojemność tchawicy i wielkich oskrzeli) ma swoje dobre strony. Przypomnijmy sobie, jak ważną rolę pełni choćby nos, który ogrzewa powietrze, nasyca je parą wodną, oczyszcza z kurzu i bakteryj. Mimo to jednak i pozostałe organy oddechowe muszą brać udział w oczyszczaniu powietrza, a to dlatego, że wbrew nakazom higieny oddychamy często ustami, a nie nosem.

Jak się to oczyszczanie odbywa?

Otóż wszystkie wiodące do płuc drogi oddechowe, począwszy od nosa, a skończywszy na najcieńszych gałązkach oskrzeli, są wewnątrz pokryte błoną śluzową, która posiada liczne komórki nabłonkowe zaopatrzone w migawki. Oglądana przez mikroskop błona, wyścielająca drogi oddechowe, przedstawia niezwykły widok. Migawki czyli rzęski jak łan zboża podczas wiatru ciągle rytmicznie falują w kierunku wyjścia, unosząc ze sobą wszystkie pyłki, cząstki kurzu itp., przepuszczone przez wyżej położone drogi oddechowe; z górnych dróg oddechowych usuwamy je poza tym łatwo przez kichanie, siąkanie i kaszel.

Ruch falowy rzęsek należy do najbardziej interesujących zjawisk, przenosi się bowiem z komórki na komórkę bez udziału nerwów. Siła tego ruchu jest wprost fantastyczna. Wystarczy położyć kawałek błony śluzowej na szklanej płytce, a sama zacznie „pełzać" w kierunku ruchu rzęsek. Jeżeli zważymy wielkość komórki nabłonkowej, „pełzanie" to odbywa się z zawrotną szybkością. Gdyby nasze środki komunikacyjne mogły się poszczycić taką szybkością, zdołalibyśmy w ciągu jednego dnia 24 razy objechać równik.

Groza niemal ogarnia nas na myśl, jak grubą warstwą pyłu pokryłyby się nasze płuca, gdyby rzęski bez przerwy nie czyściły dróg oddechowych najbardziej precyzyjną w świecie szczoteczką. Gdy żaden narząd już nie pracuje, a nawet po śmierci organizmu, rzęski jeszcze wciąż spełniają swą funkcję. Można się o tym z łatwością przekonać. Wpuśćmy np. dopiero co zabitej żabie pył węglowy do jamy ustnej (żaby posiadają tu nabłonek migawkowy), a po krótkim czasie pyłki z całej powierzchni jamy ustnej powędrują do przełyku, gdyż tam skierowany jest prąd rzęskowy.

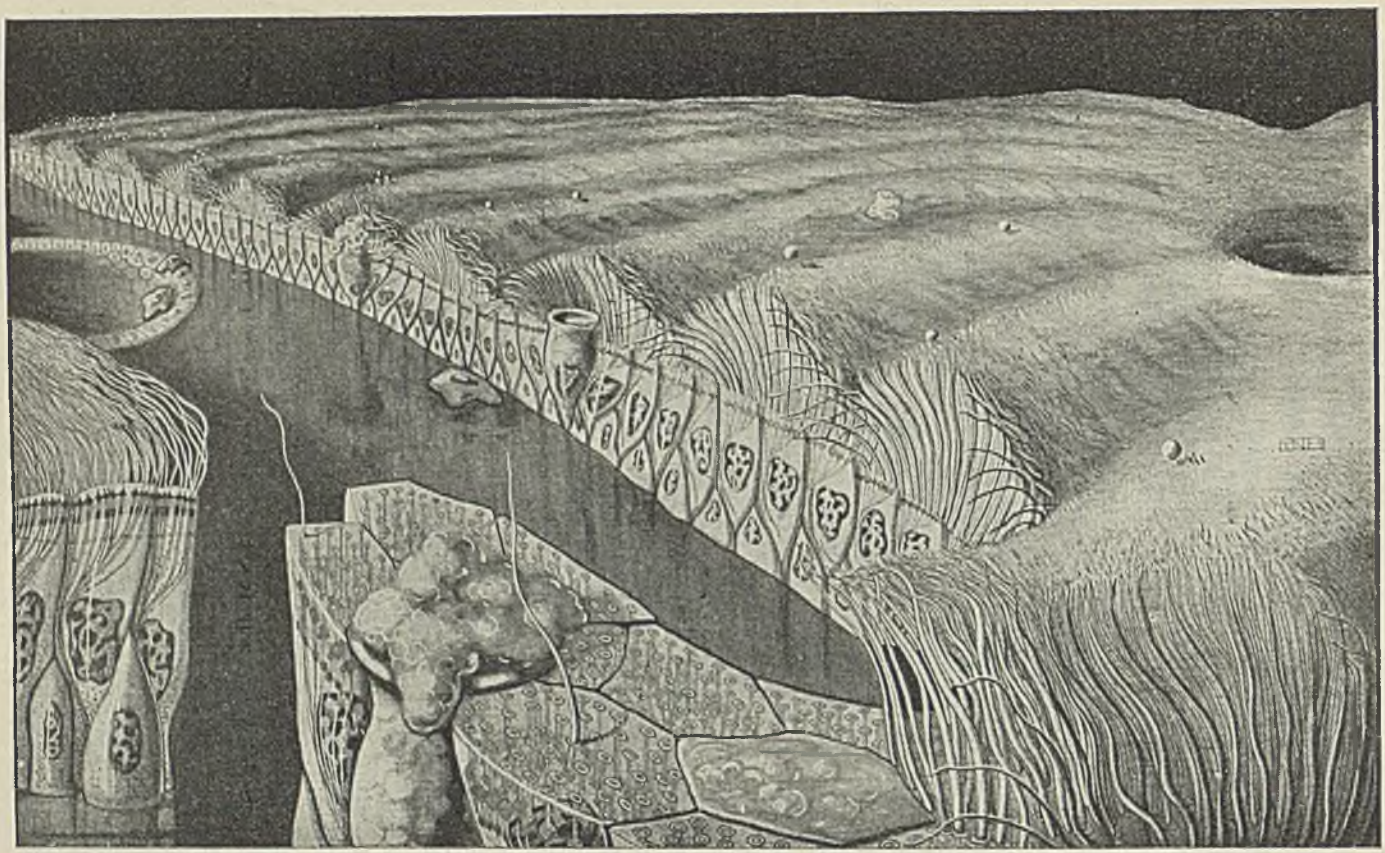
Praca rzęsek umożliwia nam dopiero korzystanie w całej pełni z dobrodziejstw zawartego w powietrzu tlenu.

Wymiana gazów, stanowiąca istotę procesu oddychania (wchłanianie tlenu i wydalanie dwutlenku węgla), jest bezwzględnie konieczna, aby nie ustało życie w organizmie. Po uszkodzeniu ośrodka oddechowego następuje natychmiastowa śmierć. Wiedzą o tym dobrze myśliwi, którzy starają się trafić w tył głowy zwierząt, aby poniosły śmierć na miejscu, ewentualnie dobijają ranione, niszcząc rdzeń przedłużony, w którym mieści się ośrodek oddychania.

Zapotrzebowanie tlenu w żywym organizmie zależy od wielu czynników. Zwierzęta ciepłokrwiste pobierają więcej tlenu niż zimnokrwiste. Małym zwierzętom stałocieplnym potrzeba stosunkowo o wiele więcej tlenu niż dużym, gdyż im więcej ciepła zwierzę traci, tym więcej zużywa tlenu. Np. wróbel wdycha tyle tlenu, ile kot, a stosunkowo 20 razy więcej niż człowiek. Ilość zużywanego tlenu zależy także od temperamentu; znacznie więcej tlenu potrzeba „gorącokrwistemu" rumakowi niż ociężale poruszającej się krowie. Rekord pod tym względem pobijają ptaki, ponieważ są drobne, ciepłokrwiste i odznaczają się wielką ruchliwością. Ciężar tlenu pobranego w ciągu dnia przez śpiewającego ptaka wynosi około $^1/_4$ wagi jego ciała, ciężar zaś tlenu zużytego przez dorosłego człowieka jest zaledwie drobnym ułamkiem jego wagi.

Gdy organizm przez oddychanie nie może zdobyć tlenu w dostatecznej ilości, powiększa możliwości utleniania krwi na innej drodze, mianowicie wydatnie zwiększa ilość czerwonych ciałek. Zjawisko to można zaobserwować podczas pobytu na terenach wysokogórskich, gdzie ciśnienie jest znacznie niższe od normalnego. Początkowo usiłujemy nadrobić zmniejszone ciśnienie znacznie szybszym i głębszym oddychaniem, lecz to jest na dłuższą metę niemożliwe, gdyż organizm się nuży i wyczerpuje. Po pewnym czasie jednak organizm jest znakomicie przystosowany do nowych warunków. Początkowe znużenie ustępuje miejsca doskonałemu samopoczuciu. Dokonały tego znacznie zwiększone ilości czerwonych ciałek krwi. Stwierdzono np., że u zupełnie zdrowego człowieka, który odbył podróż w Kordyliery, ilość ta wzrosła od 5 milionów w mm^3 do 8 milionów.

Nagłe zmniejszenie ciśnienia powietrza otaczającego może spowodować ciężkie zaburzenia w organizmie, a nawet śmierć. Przekonano się o tym, gdy po raz pierwszy zastosowano przy budowie mostów dzwony nurkowe (kesony), t. j. wielkie skrzynie żelazne z pokrywą,



POLE RZĘSKOWE. Rycina przedstawia powierzchnię wewnętrzną dróg oddechowych (oskrzeli), zbudowaną przeważnie z komórek posiadających rzęski. Rzęski są w nieustannym szybkim ruchu wahadłowym, przy czym ruch w jednym kierunku jest znacznie szybszy niż powrót do pozycji wyjściowej. Ruch poszczególnych rzęsek pozostaje w łączności z sąsiednimi rzęskami, dzięki czemu przebiega fala ruchu przez całą powierzchnię. Falujące rzęski usuwają — w kierunku szybszej fazy ruchu — drobne ciała obce z powierzchni oddechowej. Oprócz komórek migawkowych widać gdzieniegdzie większe komórki wydzielające śluz. *(Wg F. Kahna).*

lecz bez dna, które spuszcza się aż na dno rzeki, aby potem we wnętrzu budować podmurowanie pod filar mostu.

Otóż robotnicy pracujący wewnątrz kesonu doskonale znosili wzrost ciśnienia i czuli się znakomicie także podczas pracy. Po powrocie jednak na powierzchnię, o ile to się odbywało szybko, występowały niepokojące drgawki, a potem śmierć wielu robotników. Czemu to przypisać? Otóż nadmiar azotu, a może i innych gazów, które dostały się do krwi na skutek zwiększonego ciśnienia, zaczyna gwałtownie „musować", jak po otworzeniu zakorkowanej butelki wody sodowej, drobne naczynia krwionośne wypełniają się pęcherzykami gazów, co uniemożliwia krążenie krwi, a tym samym powoduje ciężkie zaburzenia, a nawet śmierć. Po tym smutnym doświadczeniu zastosowano środki ostrożności, mianowicie robotnicy w specjalnie urządzonych komorach powoli przywykają do normalnych warunków, a dopiero potem wydostają się na powierzchnię.

Jak więc widzimy, zapotrzebowanie tlenu jest regulatorem oddychania, od niego zależy, czy głębiej i szybciej oddychamy, czy też płyciej i rzadziej. Gdybyśmy na jakiejś innej drodze niż przez płuca dostarczali organizmowi tlenu w dostatecznej ilości, ustałaby w ogóle wentylacja płuc. Dla przekonania się o tym dokonano mnóstwa eksperymentów; między innymi połączono dwa psy w ten sposób, że krew jednego przepływała do naczyń krwionośnych drugiego, po czym jednemu z nich dostarczano obficie tlenu; drugi przestał wtedy zupełnie oddychać. Także w organizmie ludzkim można niejako wyłączyć działanie ośrodka oddechowego, jeżeli krew obficie zaopatrzymy w tlen. Dla stwierdzenia tego faktu pewien badacz dokonał na sobie interesującego doświadczenia. Wdychał, mianowicie, przez pewien czas powietrze, które zamiast 20% zawierało 84% tlenu, a potem przez $8^1/_4$ minuty nie odczuwał żadnej potrzeby oddychania.

Każdy człowiek może w normalnych warunkach nie oddychać przez 20—30 sekund, t. j. tak długo, aż we krwi nie wytworzy się stan przeładowania dwutlenkiem węgla. Potem następuje rozpaczliwa walka między wolą i ośrodkiem oddechowym, która kończy się zawsze oddechem, ale nigdy nie — śmiercią, gdyż odruch zwycięża. Choć podobno i to się zdarza. Taką śmierć poniósł, jak głosi legenda, Kato Młodszy, dumny Rzymianin, który przez bohaterskie napięcie woli i wstrzymanie oddechu miał położyć kres swemu życiu.

TRAWIENIE

BUDOWA I CZYNNOŚCI UKŁADU POKARMOWEGO

Możność sprawnego wykonywania swych funkcji zawdzięcza nasz organizm stałemu dopływowi substancji odżywczych. Z nich czerpie on swe „siły żywotne" — energię i materiał do odbudowy swych tkanek, zużywających się stale podczas pracy.

W tajemniczych głębiach ciała ludzkiego odbywają się stale, podobnie jak w maszynie, procesy przemiany materii i towarzyszące im przeobrażenia energetyczne. Budulca i materiałów pędnych dostarczamy „żywej maszynie" w postaci pokarmów.

Między organizmem ludzkim a maszyną zachodzi jednak szereg zasadniczych różnic. Jedna z nich uwydatnia się w sposobie zużytkowania dostarczanych materiałów. W maszynie materiał opałowy ulega natychmiast spaleniu, co staje się bezpośrednio źródłem energii; w ciele ludzkim spożyty pokarm musi ulec daleko idącej przeróbce, zanim osiągnie postać, w której nadawać się będzie do przyswojenia i zużytkowania przez organizm.

Główne składniki pokarmowe naszego pożywienia stanowią: białko, węglowodany, tłuszcze, sole mineralne, woda i witaminy*). Większość z nich jest nierozpuszczalna w wodzie, nie może więc być w pierwotnej postaci wessana przez tkanki.

Etapem wstępnym przeróbki pokarmu jest jego rozdrobnienie i zmiękczenie, etapy dalsze polegają na przemianach chemicznych. Całokształt tych przemian określamy mianem trawienia, a zespół narządów, które w nich uczestniczą, nazywamy układem pokarmowym.

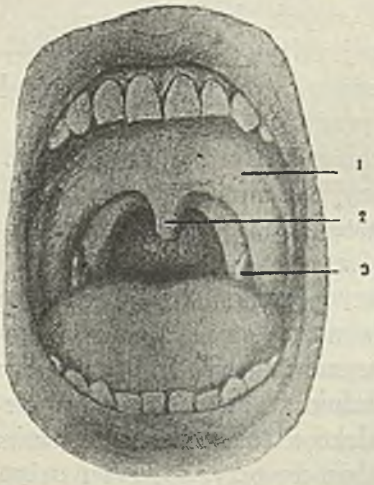
W układzie narządów pokarmowych można wyróżnić t. zw. przewód pokarmowy, który obejmuje jamę ustną, przełyk, żołądek i jelita, oraz gruczoły tra-

*) Wartość odżywczą pokarmów i ich znaczenie dla organizmu omówimy obszernie w jednym z dalszych tomów, w rozdziale: „Higiena odżywiania".

wienne, t. j. wątrobę, trzustkę i liczne drobne gruczołki, umieszczone w ścianach jelita. Rozpatrzymy kolejno budowę i rolę w przeróbce pokarmu każdego z tych narządów.

Jama ustna i przełyk

Spożywamy oto z apetytem kromkę świeżego chleba. Raz po raz zbliżamy chleb do ust, a ruchy chwytne warg i zębów kierują kęs za kęsem do jamy ustnej; stąd, po przeróbce wstępnej, wędrują one dalej wzdłuż przewodu pokarmowego, podlegając kolejnym fazom procesu trawienia, t. j. rozszczepiania złożonych, skomplikowanych związków na proste, składające się z niewielu stosunkowo atomów. Zajrzyjmy przede wszystkim w głąb jamy ustnej i poznajmy bliżej pierwszy etap wędrówki kęsa.



JAMA USTNA. 1. Podniebienie. 2. Języczek. 3. Migdałki.

Rusztowanie kostne jamy ustnej stanowią dwie szczęki: górna i dolna — oraz przednia część podniebienia, zwana podniebieniem twardym.

Jej ściany boczne tworzą policzki. Podniebienie twarde łącznie z tylną częścią podniebienia czyli podniebieniem miękkim, które jest zakończone t. zw. języczkiem, oddziela jamę ustną od jamy nosowej. Całe wnętrze jamy ustnej jest wyścielone błoną śluzową. Pod nią rozsiane są liczne drobne gruczołki, wydzielające śluz. Poza tym mieszczą się w ścianach jamy ustnej trzy pary wielkich gruczołów ślinowych wytwarzających i wydzielających ślinę. W pobliżu małżowin usznych znajdujące się gruczoły ślinowe noszą nazwę przyusznych, pozostałe dwie pary, mieszczące się w dnie jamy ustnej, zwą się podszczękowymi i podjęzykowymi.

Z dnem jamy ustnej połączony jest przy pomocy fałdy z błony śluzowej język. Mięśnie podstawy języka przyczepione są do kości podjęzykowej (inaczej *gnykowej*). W zagłębieniach obu szczęk czyli zębodołach osadzone są dwa szeregi zębów.

Każdy ząb tkwi w zębodole dolną swą częścią czyli korzeniem. Okryty z wierzchu twardą, chropowatą otoczką, t. zw. ce-

NARZĄDY TRAWIENIA

Jama ustna
z zębami i językiem. (Mechaniczne rozdrabnianie)

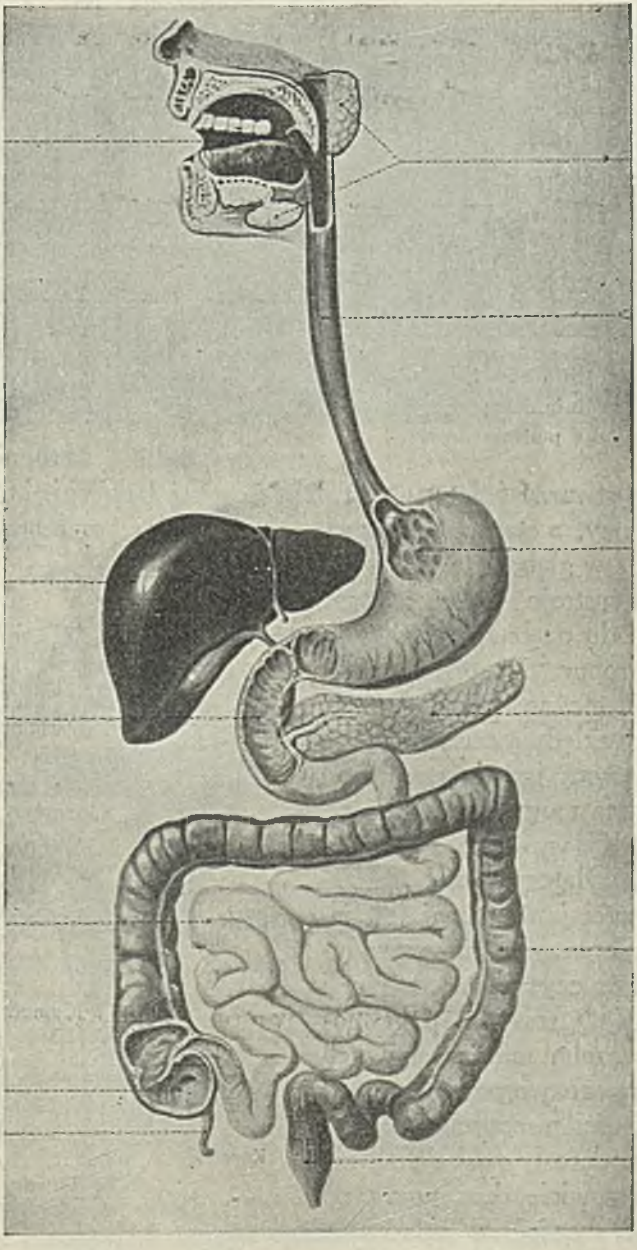
Wątroba
(Oczyszczenie i odtrucie krwi jelitowej, magazynowanie cukru, wydzielanie żółci

Dwunastnica
(Ujście przewodu żółciowego i trzustkowego)

Jelito cienkie
(Zakończenie trawienia i wchłanianie substancji odżywczych)

Jelito ślepe

Wyrostek robaczkowy



Ślinianki
(Początek trawienia chemicznego)

Przełyk
(Transport)

Żołądek
(Trawienie białka)

Trzustka
(Jeden z głównych soków trawiennych, rozpuszczający białko, tłuszcz i skrobię)

Jelito grube
(Wchłanianie wody)

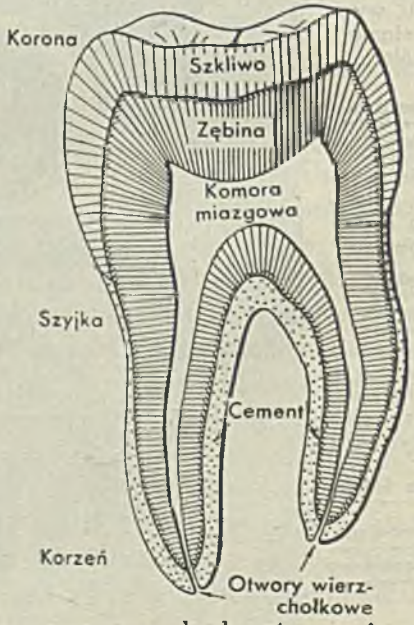
Odbytnica
(Wydalanie niestrawionych resztek)

mentem, korzeń umocowany jest w zębodole przy pomocy warstwy tkanki, zwanej ozębną. Wystająca część zęba czyli korona połączona jest z korzeniem zwężoną nieco szyjką, okrytą dziąsłem. Główną masę zęba stanowi zębina, substancja przypominająca kość, ale od niej twardsza. Korona jest nadto powleczona z wierzchu twardym i lśniącym szkliwem. Wnętrze zęba wypełnia luźna tkanka łączna, zwana miazgą. Przez otwór w korzeniu zęba przenikają w głąb miazgi naczynia krwionośne i limfatyczne oraz nerwy.

GRUCZOŁY ŚLINOWE. 1. Ślinianka przyuszna. 2. Ślinianka podjęzykowa. 3. Ślinianka podszczękowa.

Szkliwo stanowi ochronę zewnętrzną zęba. Najmniejsze jego uszkodzenie stwarza świetny teren działania dla bakteryj, które przenikają do zębiny, a stamtąd do miazgi, powodując zniszczenie zęba. Drążąc stale w głąb, docierają wreszcie dronoustroje przez otwór w korzeniu do ozębnej i wywołują zapalenie ropne. Schorzały ząb, którego nie można już wyleczyć, należy bezwzględnie usunąć: w razie przeciwnym jady wytwarzane przez bakterie mogą przeniknąć do organizmu i wywołać poważne schorzenia. Dlatego też przestrzeganie czystości jamy ustnej jest jednym z pierwszych nakazów higieny. Przez czyszczenie zębów i wypłukiwanie resztek pokarmowych ze szczelin międzyzębowych zapobiegamy rozwojowi bakteryj i ich działalności niszczycielskiej.

BUDOWA ZĘBA.



Człowiek dorosły posiada 32 zęby, a mianowicie dwa rzędy po 16 w każdej szczęce. W skład każdego szeregu wchodzą 4 rodzaje zębów, budową i kształtem przystosowane odpowiednio do swych funkcji: siekacze, kły, zęby przedtrzonowe i trzo-

nowe. Rozmieszczenie ich w szczękach przedstawia się w sposób następujący: licząc od płaszczyzny osi symetrii obu szczęk (t. j. płaszczyzny dzielącej każdą z nich na dwie równe, symetryczne części),

LEWA CZĘŚĆ UZĘBIENIA *(trwałego). (Widziana od strony języka).*

mamy z każdej strony kolejno: 2 siekacze, 1 kieł, 2 zęby przedtrzonowe i 3 trzonowe, jak to wskazuje poniższa tabelka:

3. 2. 1. 2.	2. 1. 2. 3.
3. 2. 1. 2.	2. 1. 2. 3.

Raz w ciągu całego życia, a mianowicie w okresie swego wzrostu i rozwoju człowiek zmienia uzębienie. Dziecko przychodzi na świat bezzębne, choć zawiązki zębów w dziąsłach wytwarzają się jeszcze w łonie matki. Około 6 miesiąca życia zaczynają się dziecku wyrzynać zęby, zwane mlecznymi. Dziecko trzyletnie posiada już całe uzębienie mleczne, złożone z 20 zębów — po 10 w każdej szczęce. Brak w nim, w zestawieniu z uzębieniem późniejszym, czyli trwałym, jedynie zębów trzonowych. Zęby mleczne utrzymują się do 7 roku życia, po czym zaczynają zwolna wypadać, ustępując miejsca zębom trwałym. Zasadnicza zmiana uzębienia trwa około 6—7 lat. Ostatnie zaś zęby trzonowe, t. j. zęby mądrości, wyrastają dopiero między 18 a 25 rokiem życia.

Poznaliśmy w ogólnych zarysach budowę jamy ustnej. Wróćmy do naszego kęsa i jego losów w pierwszej części przewodu pokarmowego.

Gdy tylko kęs znajdzie się w jamie ustnej, rozpoczynają swą działalność przede wszystkim zęby. Siekacze i kły rozcinają i rozdrabniają go na cząstki, po czym dzięki ruchom szczęki dolnej i języka zosta-

je on przerzucony na zęby przedtrzonowe i trzonowe. Te rozcierają go i wespół z językiem zgniatają na miazgę.

PRAWA POŁOWA UZĘBIENIA *(trwałego)*. Liczby u góry wskazują lata, w których przerzynają się poszczególne rodzaje zębów.

Siekacze (7-8, 8-9). Kieł (11-12). Przedtrzonowe (10-11, 11-12). Trzonowe (7, 12-13, 18-25).

Udział języka w przygotowaniu pokarmu do trawienia jest niemały; jego chropowata powierzchnia, obficie usiana brodawkami, uczestniczy nie tylko w zgniataniu pokarmu, ale współdziała też czynnie w jego rozdrabnianiu i rozcieraniu.

UZĘBIENIE 8-LETNIEGO DZIECKA. Pod zębami mlecznymi widać w głębi szczęki zawiązki zębów trwałych, które przez wzrost swój wypierają zęby mleczne. *(Wg „Die Wunder des Lebens").*

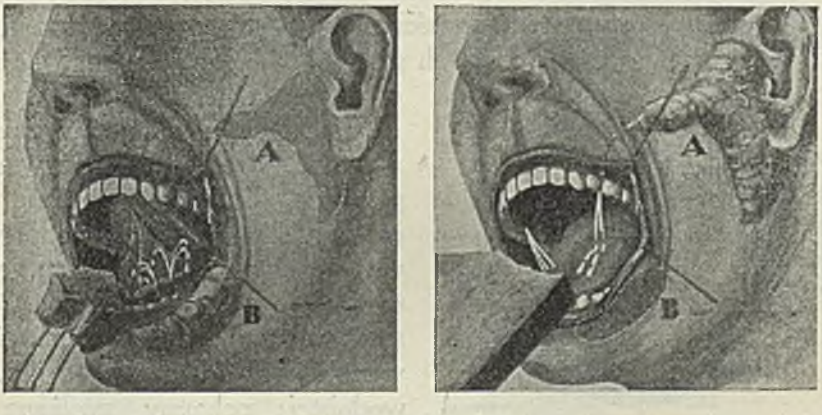
Wraz z działalnością języka i zębów rozpoczyna się pod wpływem podrażnienia, wywołanego obecnością kęsa, wzmożone wydzielanie śliny.

W przeróbce pokarmu ślina odgrywa rolę bardzo ważną. Przede wszystkim zwilża ona kęs i zmiękcza; poza tym nadaje mu odpowiednią śliskość, ułatwiając w ten sposób dalszą drogę po przewodzie pokarmowym; nadto zawiera ślina, podobnie jak i inne soki trawienne, fermenty czyli enzymy, które wywołują w pokarmie pewne reakcje chemiczne. Pod działaniem tych fermentów, zwanych ptyalin**ą**, następuje zamiana zawartej w pokarmie nierozpuszczalnej

w wodzie skrobi na rozpuszczalne cukry — z początku na maltozę, a potem, przy pomocy maltazy w jelicie — na glukozę (cukier gronowy). Każdy z nas wie z własnego doświadczenia, że po zwilżeniu śliną kęs chleba nabiera słodkawego smaku.

Zmieszanie pokarmu ze śliną oznacza więc moment początkowy procesu trawienia.

Gruczoły ślinowe pobudza do pracy nie tylko bezpośrednie zetknięcie pokarmu z błoną śluzową jamy ustnej. W stan czynny wprawia je już widok czy zapach, a nawet tylko wyobrażenie smakowitych kąsków. Co więcej — podnieta psychiczna jest wręcz niezbędna,



ZALEŻNOŚĆ PRACY GRUCZOŁÓW ŚLINOWYCH OD RODZAJU SPOŻYWANEGO POKARMU. Pokarmy zwilżone *(mięso — lewa część ryciny)* pobudzają gruczoły podjęzykowe, pokarmy suche *(chleb — prawa część ryciny)* — gruczoły przyuszne.

aby działanie gruczołów, i to nie tylko ślinowych, ale i innych gruczołów trawiennych była dość intensywna. Gdy spożywamy pokarmy bez odpowiedniego nastawienia psychicznego, zwanego potocznie apetytem, działanie gruczołów trawiennych jest powolne, ospałe, niedostateczne, a tym samym przebieg trawienia — nienormalny. Fakty te stwierdził doświadczalnie sławny fizjolog rosyjski Pawłow drogą licznych, niezmiernie interesujących badań na zwierzętach. W celu umożliwienia bezpośredniej obserwacji działalności gruczołów ślinowych, Pawłow, stosując odpowiednie zabiegi chirurgiczne, wydobywał na zewnątrz, poprzez otwór w skórze przewód wyprowadzający gruczołu ślinowego przyusznego psa i łączył go z naczyniem szklanym. Zamiast do jamy ustnej ślina spływała więc do naczynia i można było śledzić zmiany intensywności pracy gruczołów ślinowych, t. j. ilości śliny

i zawartych w niej fermentów, wywoływane przez różne czynniki. Stawiano więc np. na podłodze miskę z mięsem, przykrytą z wierzchu suknem, po czym wprowadzano psa. Nie dostrzegając mięsa, pies natychmiast wywęszył jego zapach i do umocowanego na szyi naczynia zaczynała spływać ślina; gdy mięso odsłaniano, wydzielanie śliny wzmagało się; ilość wydzielanej śliny zwiększała się nadal wydatnie, gdy pies zaczynał mięso zajadać. Wystarczyło jednak nagłe wprowadzenie do pokoju kota, a natychmiast ustawała i czynność jedzenia, i wydzielanie śliny. Bodźce psychiczne mogą bowiem działać nie tylko pobudzająco, ale i hamująco na gruczoły trawienne.

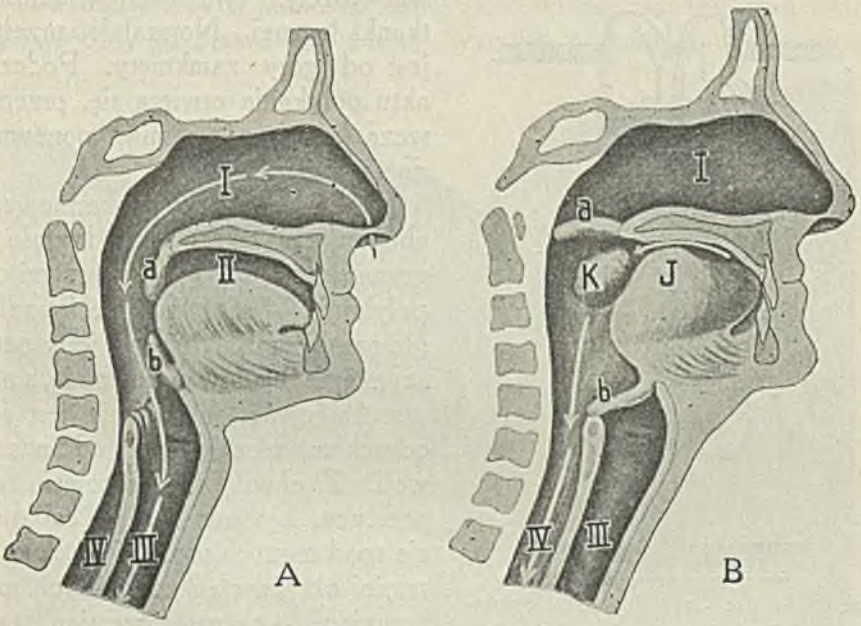
Przy pomocy podobnych doświadczeń udało się stwierdzić jeszcze wiele innych ciekawych właściwości gruczołów ślinowych. Okazało się np., że wydzieliny poszczególnych gruczołów ślinowych różnią się między sobą, a ilość i jakość wydzielanej śliny pozostaje w ścisłym związku z rodzajem spożywanego pokarmu. Gruczoły przyuszne wydzielają ślinę wodnistą, podjęzykowe — ciągliwą, śluzowatą, podszczękowe zaś — mieszaną. Gdy spożywamy pokarmy suche, śliny wydziela się dużo, i to głównie wodnistej; pokarmy zwilżone pobudzają głównie gruczoły wydzielające ślinę śluzowatą.

Ilość ptyaliny w ślinie również nie jest stała, lecz zmienia się w zależności od rodzaju spożywanego pokarmu. Najwięcej wydziela się jej podczas pobierania pokarmów mącznych, o dużej zawartości skrobi.

Podobnie działają wyobrażenia odpowiednich pokarmów. Rzecz przy tym charakterystyczna, że zwierzęta wodne, które pobierają zawsze pokarmy w stanie wilgotnym, albo wcale nie wydzielają śliny, albo też wydzielają ją w ilości niewielkiej. Ryby są całkowicie pozbawione gruczołów ślinowych, a ssaki wodne, np. wieloryby, posiadają wprawdzie gruczoły ślinowe, ale skarłowaciałe. Natomiast świetnie rozwiniętymi gruczołami ślinowymi odznaczają się ptaki ziarnożerne. Zwierzęta mięsożerne mają drobne, roślinożerne zaś — duże gruczoły ślinowe. Koń, karmiony suchą paszą, wydziela dziennie około 40 litrów śliny, krowa — 60 litrów, a czasem i więcej. Gruczoły ślinowe noworodka,

którego jedynym pożywieniem jest mleko matki, jeszcze nie pracują; dopiero z chwilą pojawienia się zębów, a wraz z tym i włączenia do diety dziecka pokarmów stałych, rozpoczyna się wydzielanie śliny. Człowiek dorosły wydziela w ciągu doby około $1^1/_2$ litra śliny.

Należycie pożuty i przepojony śliną kęs język przerzuca odpowiednim ruchem w tył, ku gardłu, i po chwili następuje odruch połknię-



SKRZYŻOWANIE DRÓG ODDECHOWYCH I POKARMOWYCH. A. AKT ODDYCHANIA: powietrze wdychane (I) przedostaje się przez nos do jamy noso-gardłowej; języczek (a) jest opuszczony ku dołowi, nie tamuje drogi oddechowej, a jednocześnie zamyka od tyłu jamę ustną (II); nagłośnia (b) jest uniesiona do góry i powietrze bez przeszkód przedostaje się przez krtań do tchawicy (III); przełyk (IV) — zamknięty. B. AKT POŁYKANIA; kęs (K) posuwa się wzdłuż napiętego grzbietu języka (J), zdążając do przełyku; podniebienie miękkie wraz z języczkiem (a) jest uniesione do góry i oddziela gardło od jamy nosowej (I), uniemożliwiając przeniknięcie do niej pokarmu; nagłośnia (b) wskutek ruchu krtani ku górze i ku przodowi styka się z brzegami krtani i zamyka jej wejście, nie pozwalając na przedostanie się kęsa do tchawicy; przełyk (IV) jest otwarty i przepuszcza kęs do żołądka. *(Wg F. Kahna).*

cia. Podniebienie miękkie unosi się nieco w górę i oddziela gardło od jamy nosowej; podobnie unosi się ku górze krtań, którą zamyka nagłośnia. Kęs mija więc szczęśliwie niebezpieczne skrzyżowanie dróg oddechowych i pokarmowych i przedostaje się do przełyku.

Przełyk jest to długa rura umięśniona, biegnąca tuż za tchawicą w dół do jamy brzusznej. Na granicy jamy brzusznej i klatki piersiowej napotyka ona przeponę, przebija ją i dociera do żołądka. Ujście przełyku do żołądka nazywa się wpustem. Wnętrze przełyku wyścielone jest błoną śluzową; pod nią ułożone są mięśnie gładkie w dwie warstwy — włókien okrężnych i włókien podłużnych. Z zewnątrz okrywa przełyk warstwa włóknistej tkanki łącznej. Normalnie przełyk jest od góry zamknięty. Podczas aktu połykania otwiera się, przepuszcza kęs i natychmiast ponownie się za nim zamyka.

Połykanie nie jest biernym opadaniem pokarmów do żołądka, lecz czynnym ich przesuwaniem w tym kierunku. Dlatego nawet w pozycji głową na dół można połykać pokarm, który wbrew sile ciężkości przejdzie do żołądka. *(Wg F. Kahna).*

Ruchy przewodu pokarmowego obejmujące sferę ust, łącznie z czynnościami przygotowawczymi do połykania — są świadome i podległe naszej woli. Możemy je w pewnej mierze regulować dowolnie, a nawet hamować. Połykanie jest już odruchem niezależnym od naszej woli. Z chwilą przeniknięcia do przełyku, kęs uwalnia się całkowicie spod naszych wpływów. Skurcze mięśni okrężnych i podłużnych, odbywające się na przemian pod wpływem podrażnień t. zw. układu nerwowego autonomicznego, dają jako wypadkową ruch robaczkowy; dzięki tym ruchom kęs posuwa się stale dalej bez udziału naszej woli i świadomości i w ciągu kilku sekund dostaje się do żołądka. Wpust do żołądka jest otoczony pierścieniem mięśni okrężnych, które zamykają go szczelnie, otwierając się jedynie dla przepuszczenia pokarmu.

Żołądek

Budowa ścian przewodu pokarmowego jest w punktach zasadniczych wszędzie jednakowa. Żołądek przedstawia worek mięśniowy kształtu gruszkowatego, łatwo dający się rozciągać, i dzięki temu może on osiągnąć pojemność 2—3 litrów. Ściany żołądka utworzone są, po-

dobnie jak przełyk, z dwóch warstw mięśni gładkich i od wewnątrz pokryte błoną śluzową. Błona śluzowa żołądka jest obficie usiana gruczołami śluzowymi i trawiennymi. Z zewnątrz okrywa żołądek i jelita błona, zwana otrzewną trzewną, która przechodzi bezpośrednio w błonę wyścielającą całe wnętrze jamy brzusznej, czyli t. zw. otrzewną ścienną.

Żołądek leży w jamie brzusznej nieco skośnie, powierzchnią wklęsłą zwrócony na prawo i ku górze, wypukłą zaś na lewo i ku dołowi.

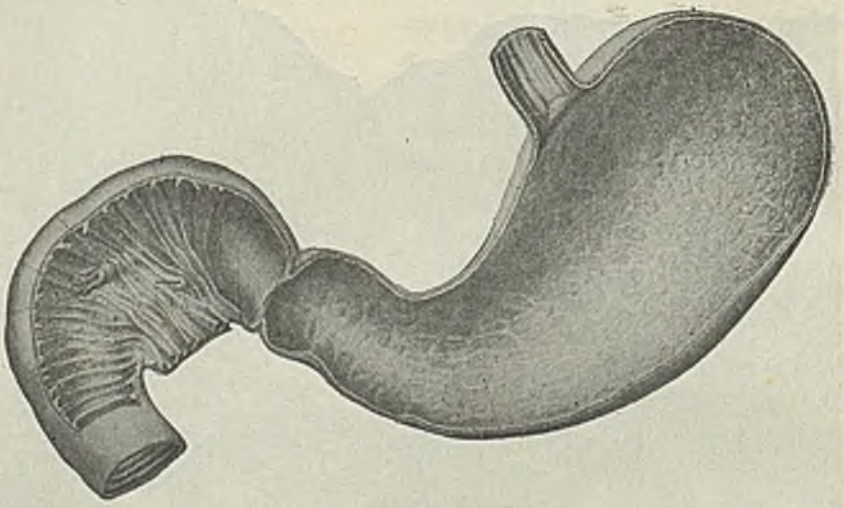
UKRWIENIE ŚLUZÓWKI ŻOŁĄDKA. (Odcinek śluzówki wielkości $^1/_3$ cm^3 w 40-krotnym powiększeniu). Podobnie bogate jest ukrwienie innych narządów ciała ludzkiego. *(Wg F. Kahna).*

Węższa część żołądka przechodzi bezpośrednio w jelito cienkie. Przejście to zwie się odźwiernikiem. Odźwiernik, zamknięty podobnie jak wpust do żołądka pierścieniem mięśni okrężnych, otwiera się odruchowo wtedy, gdy porcja pokarmu uległa w żołądku odpowiednim przeobrażeniom, i przepuszcza ją małymi dawkami do jelita.

Praca gruczołów trawiennych żołądka rozpoczyna się dopiero po upływie kilku minut od chwili przybycia pokarmu. Sens tego opóźnienia polega na tym, że umożliwia ono jeszcze dalsze działanie trawienne śliny, którą kęs jest przesycony. Pojawienie się bowiem soku żołąd-

kowego o odczynie silnie kwaśnym stwarza już środowisko nieodpowiednie dla zawartego w ślinie fermentu.

Wydzielany przez gruczoły trawienne żołądka sok żołądkowy zawiera obok innych składników kwas solny i kilka fermentów: pepsynę, podpuszczkę i lipazę. Pod działaniem pepsyny następuje w obecności kwasu solnego rozkład zawartych w pokarmie białek na ciała prostsze, t. zw. peptony. Podpuszczka ścina zawarte w mleku białko, lipaza rozkłada zawarty w pokarmie tłuszcz; działanie jednak tej lipazy jest bardzo słabe. Pokarmy o du-



ŻOŁĄDEK I GŁÓWNA CZĘŚĆ DWUNASTNICY *(przecięte — dla uwidocznienia ich wnętrza)*. Celem unaocznienia ujść dróg żółciowych i przewodu trzustki w dwunastnicy wprowadzono w nie sondy.

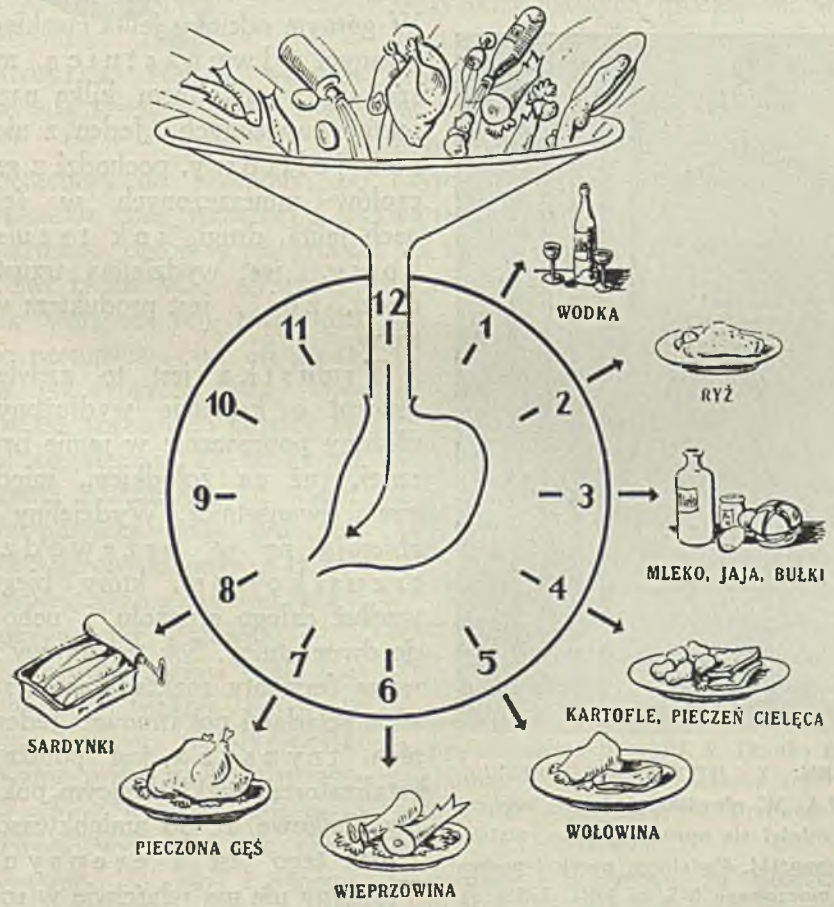
żej zawartości tłuszczu osłabiają czynności wydzielnicze gruczołów trawiennych żołądka, należą więc do najciężej strawnych.

Działanie kwasu solnego jest rozległe. Przede wszystkim wpływa on pobudzająco na pepsynę, t. j. zamienia nieczynną postać pepsyny na czynną. Jeżeli wrzucimy białko do czystego roztworu pepsyny, pozostanie ono niezmienione; wystarczy jednak domieszka kilku kropel kwasu solnego, aby reakcja chemiczna rozpoczęła się natychmiast. Kwas solny rozmiękcza i spulchnia też białko, ułatwiając w ten sposób jego trawienie. Poza tym może on rozpuszczać sole mineralne i działa dezynfekująco, zabijając bakterie, które wraz z pokarmem przeniknęły do żołądka.

Gruczoły trawienne żołądka są również pobudzane do pracy

przez bodźce psychiczne, a nadto bodźce chemiczne, powstające przy bezpośrednim zetknięciu z pokarmem. Ilość wydzielanego soku żołądkowego, podobnie jak śliny, zmienia się też zależnie od rodzaju spożywanego pokarmu. Po sutym obiedzie dochodzi ona niekiedy do pół litra. W ciągu doby wydziela się około 3 litrów soku żołądkowego.

Pokarmy, spożyte o godz. 12, opuszczają żołądek o godz.:

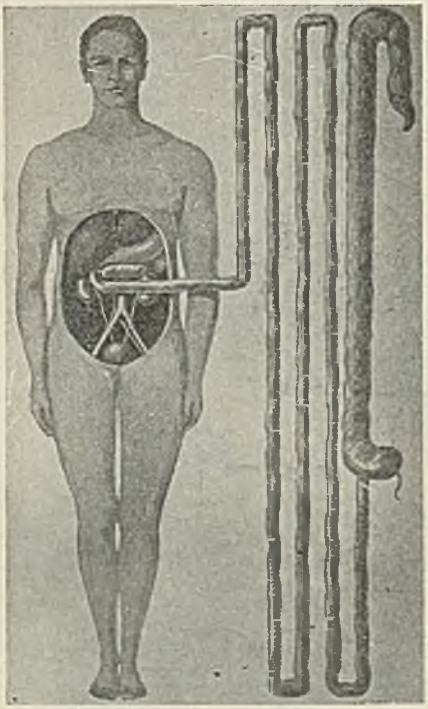


Pokarm może pozostawać w żołądku, zależnie od stopnia strawności, od kilkunastu minut do siedmiu godzin. Najkrócej zatrzymują się w nim, rzecz prosta, lekkostrawne płyny. W przypadkach silnego podrażnienia żołądek, kurcząc się gwałtownie, wyrzuca pokarm z powrotem przez przełyk — i następują w y m i o t y.

Proces trawienia pokarmu w żołądku wspomagają ruchy dwojakie: ruchy robaczkowe, t. j. fale skurczów, przechodzące od górnej ścianki do odźwiernika, i ruchy półobrotowe. Dzięki tym ruchom pokarm miesza się należycie z sokiem żołądkowym, po czym jest wypychany przez odźwiernik do jelit.

Jelita, wątroba i trzustka

Z żołądka dostaje się pokarm do jelita cienkiego, rury umięśnionej długości 6—8 metrów, ułożonej w jamie brzusznej w szereg skrętów.

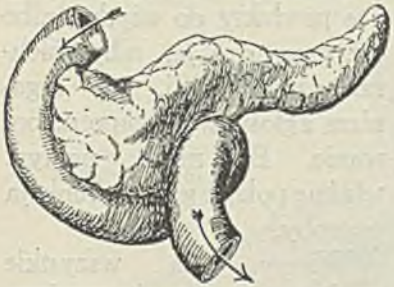


JEDEN Z DZIWÓW LUDZKIEGO CIAŁA. W niewielkiej jamie brzusznej mieści się oprócz żołądka, wątroby, trzustki, śledziony, nerek i pęcherza moczowego $8^1/_2$ m jelit. Jelita są swobodnie zawieszone, ruchome, zwinięte w skręty, przy czym nigdzie nie dochodzi do ich uciśnięcia lub zwężenia.

W górnym odcinku jelita cienkiego, zwanym dwunastnicą, miesza się z pokarmem kilka naraz soków trawiennych. Jeden z nich, sok jelitowy, pochodzi z gruczołów umieszczonych w ścianach jelita, drugi, sok trzustkowy, jest wydzieliną trzustki, trzeci, żółć, jest produktem wątroby.

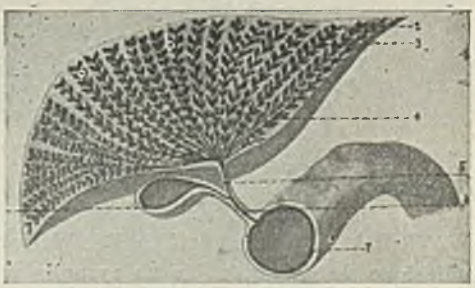
Trzustka jest to niewielki gruczoł o kształcie wydłużonym, ułożony poprzecznie w jamie brzusznej, tuż za żołądkiem, między nim i dwunastnicą. Wydzieliny jej zbierają się w przewodzie trzustkowym, który biegnie wzdłuż całego gruczołu i uchodzi do dwunastnicy. Sok trzustkowy zawiera fermenty rozkładające wszystkie składniki pokarmowe. Jeden z nich, trypsyna jest potężnym katalizatorem rozkładającym pokarmy białkowe aż do aminokwasów. Prócz tego jest i erepsyna. Trypsyny nie ma właściwie w soku trzustkowym, znajduje się ona w nim w postaci nieczynnej, t. zw. trypsynogenu, który pod wpływem enterokinazy z soku jelitowego zamienia się w trypsynę czynną. Prócz fermentów proteolitycznych, t. j. trawiących białko, zawiera sok trzustkowy również li-

pazę, która rozbija tłuszcze na prostsze składniki. Wreszcie trzeci enzym, amylaza, działa podobnie jak ptyalina, to jest zamienia skrobię na cukier. Wydzielanie soków trawiennych nie wyczerpuje działalności trzustki. Poza tym spełnia ona jeszcze funkcję gruczołu wydzielania wewnętrznego*).



TRZUSTKA. Strzałki wskazują kierunek przesuwania się pokarmu w dwunastnicy.

Wątroba — to największy ze wszystkich naszych gruczołów: waga jego wynosi około 3% wagi ciała, a więc przeciętnie 2 kg. Umieszczona w górnym prawym odcinku jamy brzusznej wątroba przylega górną powierzchnią do przepony, po czym, opadając stromo w tył, dotyka ścian jamy brzusznej. Ciekawa jest budowa wątroby. Jak wykazuje mikroskop, ogromny ten gruczoł jest utworzony z drobnych wałeczków, t. zw. zrazików, o wyraźnej strukturze komórkowej. Łańcuchy komórek wątrobowych rozchodzą się promienisto od osi zrazika, jak szprychy koła. Wewnątrz zrazików i między nimi rozgałęziają się liczne naczynia krwionośne. Z wierzchu powleka masę gruczołową wątroby osłonka z tkanki łącznej, a znaczną jej część pokrywa też otrzewna.

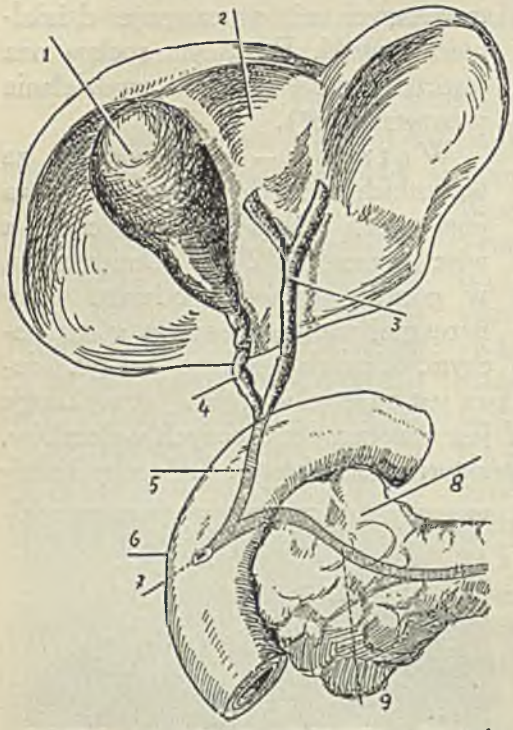


SCHEMAT WĄTROBY. *(Wątroba, pęcherzyk żółciowy, drogi żółciowe i dwunastnica w przekroju).* 1. Pęcherzyk żółciowy i przewód pęcherzyka żółciowego. 2. Tkanka śródmiąższowa wątroby. 3. Tkanka śródmiąższowa. 4. Zraziki wątrobowe *(czarne).* 5. Przewód wątrobowy. 6. Przewód żółciowy.

Wątroba spełnia wiele różnorodnych funkcji, nie wszystkie jednak zostały dostatecznie przez naukę zbadane. Wiadomo np., że cała masa krwi po wyjściu z jelit, zanim dostanie się do ogólnego krwiobiegu, przedtem za pośrednictwem żyły wrotnej czyli bramnej uchodzi do wątroby. W ten sposób przenikają do niej ostateczne produkty trawienia (z wyjątkiem tłuszczów, które, jak wiemy, wchłaniane

*) O gruczołach wydzielania wewnętrznego mowa w rozdziale p. t. „Gruczoły dokrewne".

są przez naczynia limfatyczne i poprzez przewód piersiowy zmierzają do lewej żyły podobojczykowej). Fakt ten wskazywałby na to, że komórki wątroby albo dalej przygotowują te produkty do użytku, albo też gromadzą je, niby śpichrze, aż do chwili, gdy organizm zgłosi swoje zapotrzebowanie. Być może, na tym właśnie polega główna funkcja wątroby.



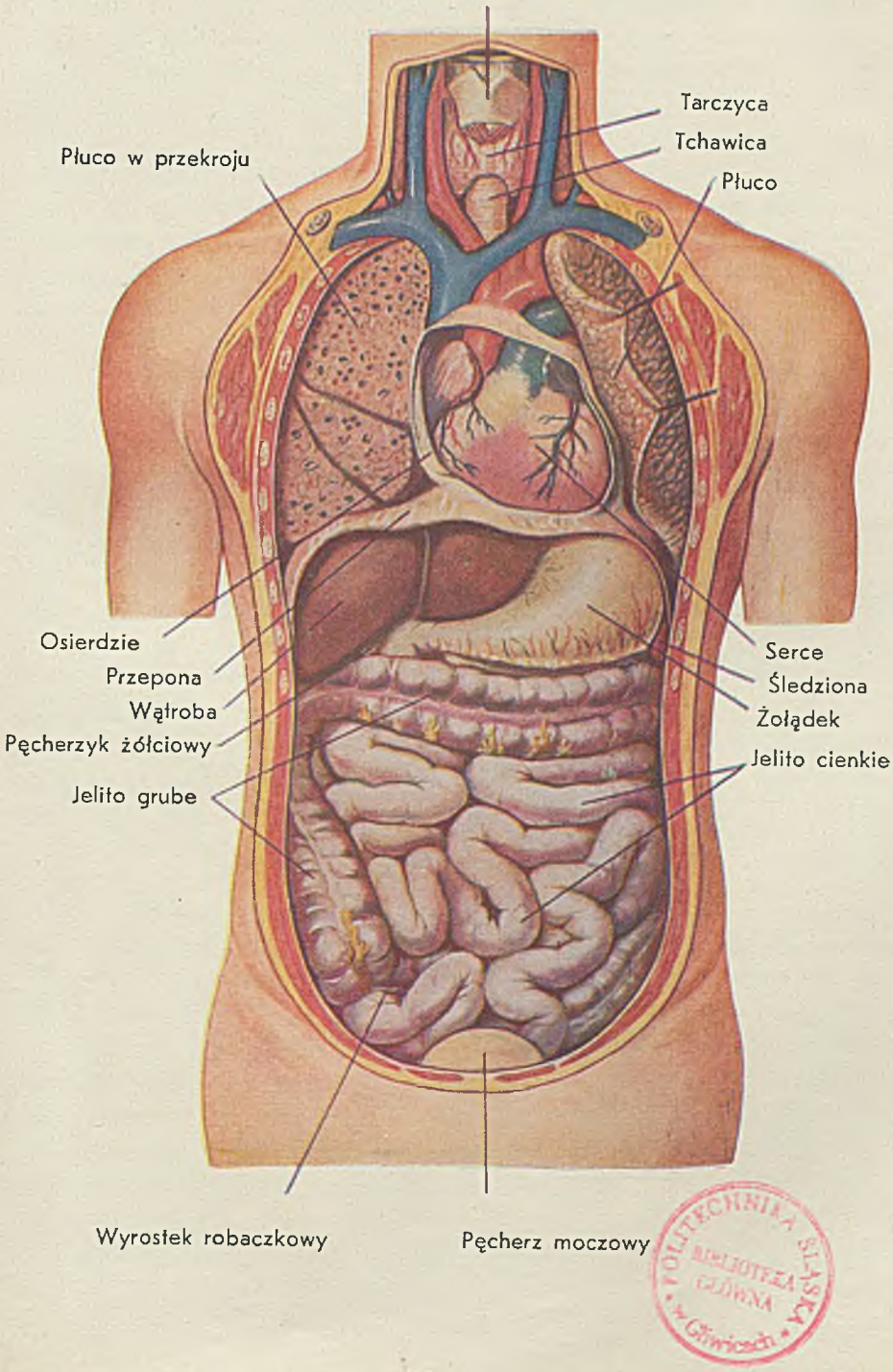
WĄTROBA I DROGI ŻÓŁCIOWE. Wątrobę uniesiono do góry tak, że na rysunku widać tylko jej dolną powierzchnię. 1. Pęcherzyk żółciowy. 2. Dolna powierzchnia wątroby. 3. Przewód wątrobowy. 4. Przewód pęcherzykowy. 5. Przewód żółciowy. 6. Dwunastnica. 7. Wspólne ujście przewodów żółciowego i trzustkowego. 8. Trzustka. 9. Przewód trzustkowy.

Wiemy, że wszystkie produkty trawienia pokarmów skrobiowych i cukrowych gromadzą się w wątrobie w postaci glikogenu czyli skrobi zwierzęcej. Wiemy też, że wątroba odgrywa ważną rolę przy przyswajaniu białka. Zastanawiający jest również fakt anatomicznego związku wątroby ze śledzioną — poprzez naczynia krwionośne. Przy chorobowym powiększeniu śledziony powiększa się również wątroba. Być może, że funkcje tych narządów są ściśle współzależne, a ich lokalne oddalenie w organizmie ma charakter czysto przypadkowy. Podwójne funkcje wątroby i śledziony wiążą się zapewne ze sprawą rozpadu czerwonych ciałek krwi: śledziona niszczy zużyte ciałka, a wątroba wydala odpadki.

Wydzielina wątroby — żółć — nie jest niczym innym, jak mieszaniną wielu produktów rozpadu, szkodliwych dla organizmu, które wątroba gromadzi stale w woreczku żółciowym. Należy też podkreślić jako jedną z osobliwości ciała ludzkiego, że substancja powstała z odpadków przemiany materii, o własnościach trujących, spełnia jednak ważną rolę w procesie trawienia. Żółć emulguje tłuszcze, t. j. z mas tłuszczowych zawartych w pokarmie tworzy subtelną zawiesinę, która

TABLICA 3

NARZĄDY KLATKI PIERSIOWEJ i JAMY BRZUSZNEJ



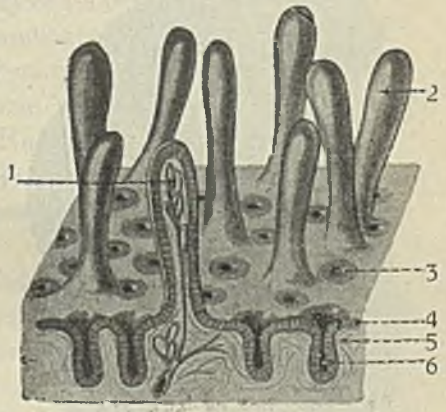
POLITECHNIKA ŚLĄSKA
BIBLIOTEKA GŁÓWNA
w Gliwicach

dzięki powiększeniu powierzchni zetknięcia ulega łatwo trawieniu przez lipazę soku trzustkowego; prócz tego zamienia ona kwasy tłuszczowe na związki rozpuszczalne w wodzie, czyniąc je w ten sposób zdatnymi do wessania przez ściany jelita.

Niektórzy autorzy przypisują wątrobie jeszcze współudział w wytwarzaniu włóknika, substancji odgrywającej ważną rolę w krzepnieniu krwi.

Doświadczenia, polegające na usuwaniu zwierzętom wątroby, dowiodły, że gruczoł ten jest do życia bezwzględnie nieodzowny. Zwierzę, któremu usunięto wątrobę, szybko ginie. Można przedłużyć mu nieco życie, zastrzykując do żył glukozę. Stąd wyprowadzają fizjologowie pospolicie wniosek, że jedna z głównych funkcji wątroby polega na utrzymywaniu we krwi niezmiennego poziomu zawartości cukrowej.

Wraz z sokiem trzustkowym i żółcią miesza się z miazgą pokarmową bogaty w fermenty sok jelitowy, który ostatecznie kończy trawienie. Wszystkie fazy poprzednie były jedynie przygotowaniem do akcji soku żołądkowego. Pod działaniem zawartych w nim fermentów — maltazy, laktazy i inwertazy ulegają całkowitemu strawieniu węglowodany, a erepsyna wykańcza trawienie białka.



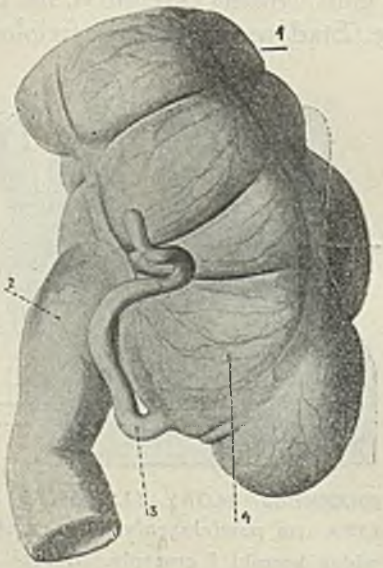
PRZEKRÓJ BŁONY ŚLUZOWEJ JELITA *(w powiększeniu)*. Na rycinie widać kosmki i gruczoły. 1. Sieć naczyń krwionośnych w kosmku jelitowym. 2. Kosmek jelitowy. 3. Ujście gruczołu. 4. Nabłonek. 5. Podśluzówka. 6. Przewód gruczołu.

Odpowiednio przygotowany pokarm wchłaniają naczynia krwionośne i limfatyczne, oplatające ściany jelita. Proces ten ułatwiają t. zw. kosmki jelitowe, t. j. drobne wypukłości na pofałdowanej błonie śluzowej jelita. Na jeden cm^2 powierzchni przypada ich około 4000. Rzecz jasna, że tak ogromne ilości kosmków powiększają wydatnie powierzchnię jelita, przez którą strawiony pokarm przenika do krwi i limfy. Kosmki kurczą się i rozkurczają; ruchy te ułatwiają najpewniej przemianę produktów trawienia i ich transport w głąb organizmu. Jest to etap końcowy procesu trawienia.

Nie wszystkie jednak składniki pokarmowe ulegają dostatecznej

przeróbce podczas swej wędrówki wzdłuż przewodu pokarmowego. Niektóre z nich okazują się oporne wobec działania tylu soków trawiennych. Nie strawione resztki, popychane naprzód ruchem robaczkowym, przesuwane są dalej, do jelita grubego, które krętą drogą, kierując się najpierw w górę, a potem pod kątem prostym w lewo, zmierza w dół prostopadle, przechodząc kolejno w okrężnicę i w zwężoną część końcową czyli odbytnicę.

Niedaleko przejścia jelita cienkiego w jelito grube to ostatnie tworzy t. zw. kiszkę ślepą, z której dna wychodzi cienka, ślepo zakończona rurka, zwana wyrostkiem robaczkowym. Wyrostek ten jest u ludzi organem szczątkowym, ale u zwierząt roślinożernych dorównywa długością grubemu jelitu. U ludzi zawiera dużo tkanki limfatycznej i podobnie jak migdałki, łatwo podlega atakom bakteryj.



OKOLICA JELITA ŚLEPEGO. 1. Jelito grube. 2. Jelito cienkie. 3. Wyrostek robaczkowy. 4. Jelito ślepe.

W jelicie grubym odbywa się już tylko wchłanianie wody, a nie strawione składniki pokarmowe, przesycone żółcią i innymi sokami trawiennymi, mieszają się ze śluzem, z odpadkami nabłonka i florą bakteryjną, tworząc gałki kału. Bakterie stanowią prawie jedną trzecią masy kału. W jelicie grubym roi się bowiem od drobnoustrojów. Spotykamy je zresztą w całym przewodzie pokarmowym, z wyjątkiem żołądka. Żołądek jest z reguły jałowy, t. j. brak w nim wszelkich drobnoustrojów, gdyż jego wysoce kwaśna zawartość działa na nie zabójczo.

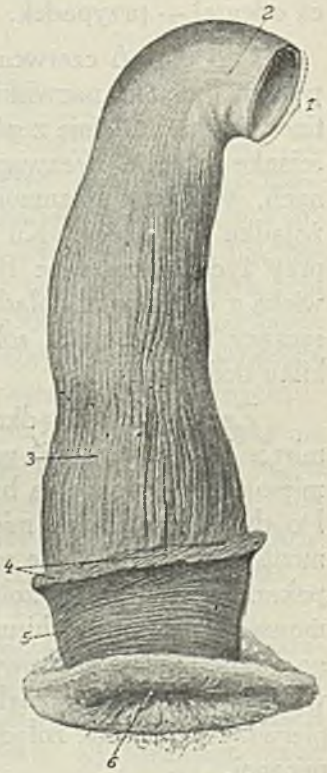
Bakterie normalnie spotykane w jelitach są zupełnie nieszkodliwe, dopóki nie wyrwą się z naturalnej swojej siedziby. Przeniknąwszy do jamy brzusznej wskutek przedziurawienia *(perforacji)* — czy będzie to pęknięcie wrzodu żołądkowego lub jelitowego, czy rana postrzałowa — mogą one spowodować poważne schorzenia.

Zmieszane z kałem bakterie wywołują w nim procesy gnilne, które trwając czas dłuższy, mogłyby stać się wielce szkodliwe dla zdrowia. Toteż w warunkach normalnych usuwamy kał względnie często,

t. j. raz na dobę, poza obręb organizmu (dzięki skurczom odpowiednich mięśni).

Na zakończenie naszych rozważań o istocie i znaczeniu procesu trawienia — jeszcze nieco historii.

Przemiany, jakim podlega pokarm wewnątrz ciała ludzkiego, absorbowały umysły badaczy od czasów najdawniejszych. Nie od razu jednak zdołano stwierdzić, na czym one właściwie polegają.



JELITO ODBYTOWE (prostnica). 1-2. Odcinek graniczny między jelitem prostym a okrężnicą. 3. Mięśnie podłużne warstwy mięsnej. 4. Dźwigacz odbytu. 5. Zwieracz odbytu. 6. Odbyt.

Jeszcze w epoce Odrodzenia, w okresie rozkwitu nauk i sztuk, rozpowszechniony był pogląd, że pożywienie przyswajane jest przez organizm dzięki tajemniczemu czynnikowi, tak zwanej „sile życiowej", „samorzutnej, witalnej metamorfozie".

Dopiero badania Francuza Réaumura i Włocha Spallanzaniego pchnęły wiedzę o czynnościach układu pokarmowego na właściwe tory.

Réaumur użył do swych doświadczeń sokoła. Zanurzył w głąb żołądka ptaka sondę, zaczerpnął nieco soku żołądkowego do szklanki i rozpuścił w nim odrobinę pokarmu. Niebawem Spallanzani stwierdził, że Réaumur ma słuszność nie tylko w odniesieniu do ptaków, ale także w odniesieniu do ludzi: że sok żołądkowy człowieka również rozpuszcza pokarmy. W obliczu ówczesnych przesądów naukowych niezwykłą śmiałością było przypuszczenie, że sok żołądkowy trawi pokarm nawet „in vitro", działając poza obrębem żołądka, że więc mistyczny „życiodajny" wpływ żołądka nie jest nieodzowny. Spallanzani też pierwszy dowiódł, że ślina, zamknięta w butelce, również przekształca niektóre (mianowicie skrobiowe) pokarmy. Tezę tę wysunął w roku 1782. Wywiązała się dyskusja. Hunter, filar i ostoja ówczesnej medycyny angielskiej, piorunował: „Niektórzy fizjologowie uważają żołądek za Młyn; inni za fermentacyjną Dzieżę; inni znów za Kocioł; ale w moim mniemaniu żołądek nie jest ani Młynem,

ani Dzieżą, ani Kotłem — lecz żołądkiem, panowie, po prostu Żołądkiem".

Nikt nie zrozumiał, co to właściwie znaczy, Hunter zyskał sobie jednak wielką sławę i popularność.

Dyskusja nie wyjaśniła więc dostatecznie sprawy. Rolę decydującą odegrał — przypadek.

Oto dnia 6 czerwca 1822 roku postrzelony został w Mackinac pewien Indianin, nazwiskiem Alexis St. Martin. Kula zdarła St. Martinowi skórę i mięśnie z górnej części brzucha oraz wyrwała zewnętrzną ściankę żołądka. Wezwano młodego chirurga armii Stanów Zjednoczonych, Williama Beaumonta. Beaumont przyszył brzegi uszkodzonego żołądka do skóry. Ku jego wielkiemu zdumieniu pacjent pozostał przy życiu. Miał więc Beaumont świetny obiekt do obserwacji: człowieka z otworem w żołądku. Widział wyraźnie ruchy żołądka, widział sączący się wewnątrz sok żołądkowy. Postanowił też przeprowadzić kilka doświadczeń.

Zapuścił do żołądka St. Martina uwiązany na sznurku kawałek mięsa. Po upływie pół godziny wyciągnął sznurek i przekonał się, że mięso postrzępiło się na brzegach. Po godzinie z mięsa została połowa. Po dwóch godzinach mięso znikło, pętla sznurka była pusta. Beaumont zaobserwował, że sok żołądkowy pojawia się tylko wtedy, gdy pokarm dostaje się do żołądka lub żuty jest w ustach. Założywszy gumową sondę, młody chirurg zaczerpnął nieco czystego soku żołądkowego i posłał go w probówce Dunglisonowi, profesorowi uniwersytetu w Wirginii; profesor znalazł w soku dużą ilość kwasu solnego. Po raz pierwszy czysty sok żołądkowy poddany został dokładnej analizie chemicznej.

Beaumont dokonał jeszcze całego szeregu cennych doświadczeń. W roku 1833 ogłosił drukiem swoje spostrzeżenia. Mała książeczka, wydana w Nowym Yorku kosztem autora, jest jednym z wielkich słupów granicznych w dziejach fizjologii. Tak sumiennie prowadził Beaumont badania — a nie miał do dyspozycji nowoczesnego laboratorium fizjologicznego, pracował w warunkach nader prymitywnych — tak ostrożnie i mądrze wysnuwał wnioski, że od tego czasu stosunkowo niewiele zdołaliśmy dodać do zbudowanej przez niego fizjologii trawienia.

WYDALANIE

NERKI

Nerki — to misternie skonstruowany filtr, oczyszczający krew z „odpadków" przemiany materii. Sprawne działanie tego filtru jest dla życia organizmu równie niezbędne, jak praca serca. Człowiek bez nerek lub z ciężko schorzałymi nerkami musi ulec w końcu wewnętrznemu zatruciu. W organizmie naszym gromadzą się bowiem stale, podobnie jak popiół i żużel w paleniskach kotłów fabrycznych, niepożądane produkty dokonywujących się w tkankach przemian chemicznych.

Od „żużla przemiany materii" — jakby te substancje nazwać można — uwalnia tkanki krew. Rzecz jasna, że wchłaniając cały balast nie zużytych resztek ulega ona tym samym zanieczyszczeniu i traci cenne właściwości życiodajnego źródła. Dopiero oczyszczona i „odtruta" w nerkach krew może nadal pełnić pożytecznie swe czynności — opływając całe ciało i zasilając je w pokarm i tlen.

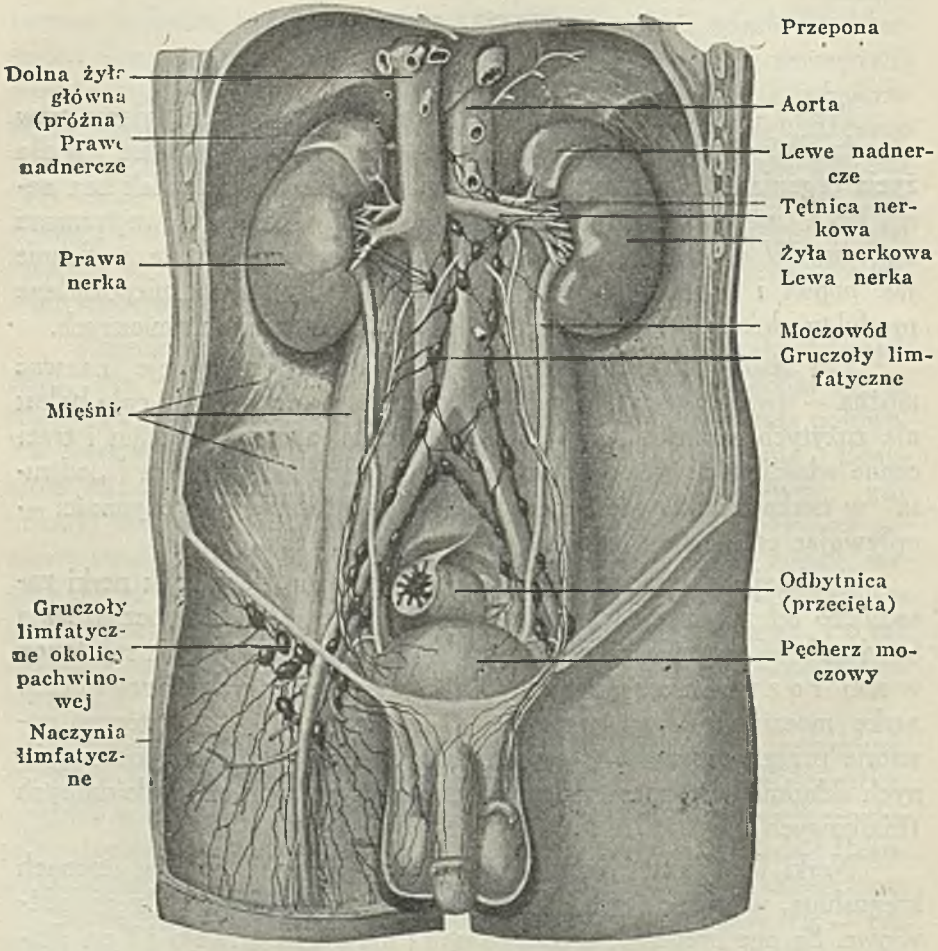
Spełniając względem krwi rolę filtru, różnią się jednak nerki zasadniczo od zwykłych filtrów stacji wodociągowej. Nie oczyszczają bowiem krwi z zawieszonych w niej ciał, lecz z substancji w niej rozpuszczonych. Skład chemiczny wydzielanego przez nerkę moczu różni się wybitnie od osocza krwi — z którego powstaje przez odsączenie — przede wszystkim stężeniem poszczególnych składników rozpuszczalnych a zarazem brakiem ciał koloidalnych (białkowych).

Nerki leżą przy tylnej ścianie jamy brzusznej, po obu stronach kręgosłupa, w miejscu, gdzie kręgi piersiowe przechodzą w kręgi lędźwiowe. Są one brunatne, kształtu fasoli i mają każda około 11 cm długości, 5 cm szerokości i 4 cm grubości. Powleka je otoczka z tkanki łącznej, która wraz z obfitymi pokładami tłuszczu, tworzącymi dla nich wygodne łożysko, chroni je od urazów zewnętrznych. Ponieważ nerki stosunkowo luźno zwisają przy kręgosłupie, zdarza się nieraz, szczególnie w stanach wyniszczenia i wychudzenia organizmu, że opuszczają

się one w dół, wędrując w głąb jamy brzusznej. Mówimy wówczas o t. zw. wędrujących nerkach.

Nie jest bynajmniej sprawą przypadku, że nerki umieszczone są tuż przy kręgosłupie, a nie gdzie indziej; jako organ oczyszczania krwi wymagają one, rzecz prosta, bliskiego sąsiedztwa głównych arterii na-

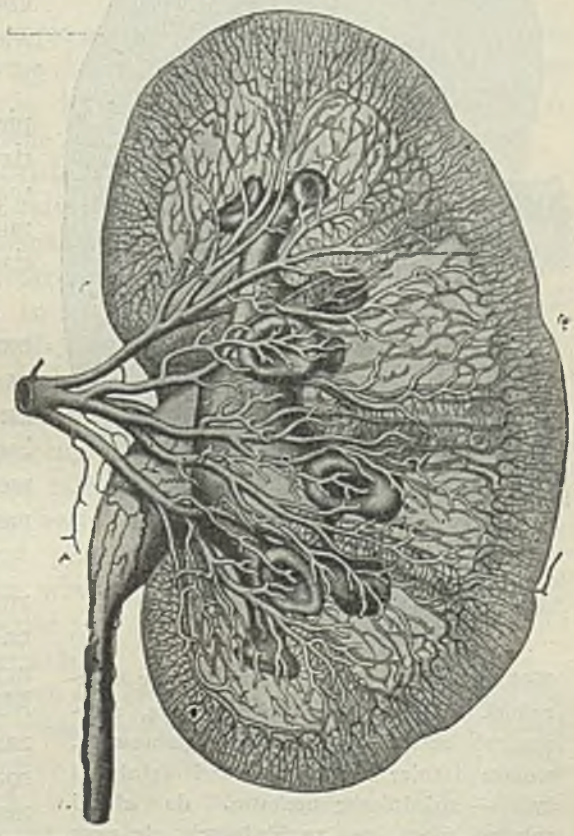
Nerki



szego ciała. A właśnie wzdłuż kręgosłupa przechodzi potężna tętnica główna, aorta, od której do każdej nerki biegnie krótka a gruba tętnica, wrastająca w nerkę pośrodku, w miejscu charakterystycznego wklęśnięcia. Przez tę tętnicę krew wlewa się do nerki potokiem silnym i wartkim. Z wklęśnięcia nerki wybiega — również krótka i gruba — ży-

ła nerkowa, prowadząca do żyły głównej. Tętnica doprowadza do nerki krew zanieczyszczoną, przez żyłę odpływa z nerki krew już oczyszczona. We wklęśnięciu nerki mieści się także woreczek z tkanki łącznej, t. zw. miedniczka nerkowa, w której zbiera się mocz, t.j. płyn zawierający wydzielone z krwi przez nerki substancje zanieczyszczające. Z miedniczki nerkowej mocz spływa rurką moczowodu w dół do pęcherza moczowego, z którego jest od czasu do czasu przez cewkę moczową wydalany na zewnątrz.

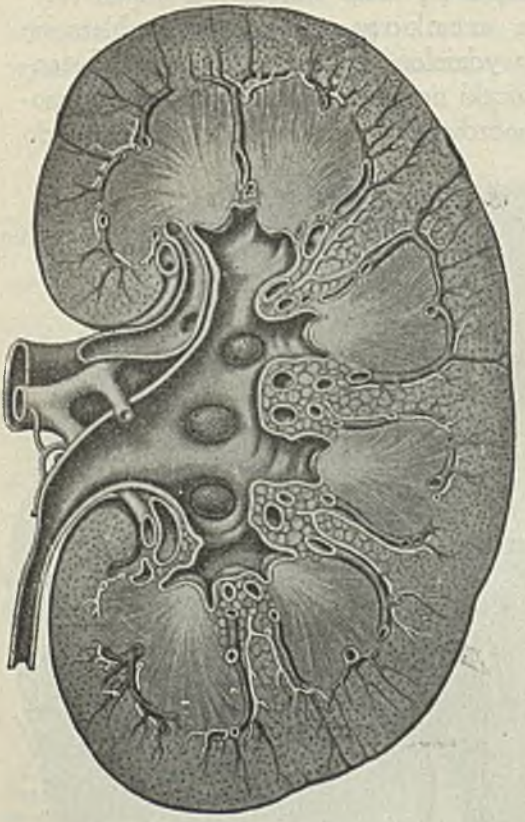
Na pozór więc sprawa wydaje się prosta: krew wpływa do nerek zanieczyszczona, wypływa z niej oczyszczona, a „żużel" w postaci składników moczu jest wydalany na zewnątrz. W istocie jednak funkcja tej niewielkiej a wspaniałej stacji oczyszczającej jest, jak się niebawem przekonamy, znacznie bardziej skomplikowana.



NERKA *(przekrój — wielkość prawie naturalna)*. Widać sieć naczyniową nerki. Na prawo, na krawędzi — tętniczka zaopatrująca w krew torebkę nerkową. Na lewo — biegnący ku dołowi moczowód.

Budowa nerek — to dzieło niepospolitego kunsztu. Przejęci podziwem dla jej celowości i precyzji anatomowie minionych stuleci nazwali nerkę *viscus elegantissimum* — najwytworniejszym z trzewi. Przepołowienie nerki wzdłuż zręcznym cięciem odsłania przed nami jej strukturę wewnętrzną, pozwala zorientować się w jej funkcjonowaniu. Tworząca nerkę tkanka składa się z dwóch różnych warstw: zewnętrznej, zwanej korą nerkową, oraz wewnętrznej, otaczającej miedniczkę nerkową, zwanej substancją rdzenio-

wą. W korze nerkowej nawet gołym okiem dostrzeżemy osobliwe, drobniutkie punkciki, uszeregowane jeden nad drugim w prawidłowych rzędach. W warstwie rdzeniowej natomiast zauważymy ułożone promienisto trójkątne wiązki jak gdyby włókien, skierowane ku miedniczce nerkowej i wchodzące w nią wierzchołkami.



NERKA *(przekrój — wielkość prawie naturalna)*. Na lewo widać ciemnoszarą, szerszą żyłę nerkową, przed nią — jasnoszarą, węższą tętnicę nerkową, przed tętnicą i żyłą — miedniczkę nerkową, do której spływa mocz ze znajdujących się przy szczytach otworów piramid. Między piramidami biegną biało oznaczone tętniczki i ciemno zabarwione żyły. Na granicy między substancją korową i rdzeniową tętniczki i żyły tworzą t. zw. arkady. Od arkad odchodzą drobniutkie, nie dające się stwierdzić gołym okiem odgałęzienia do substancji korowej (do kłębuszków).

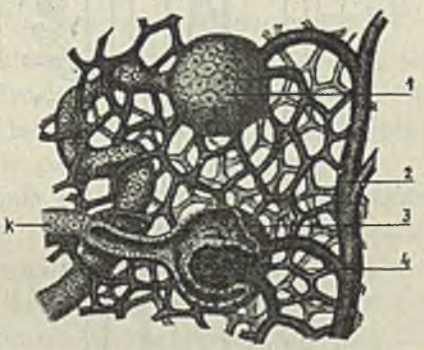
Trójkąty te są przekrojami piramid nerkowych. Wchodzący w miedniczkę nerkową wierzchołek każdej piramidy tworzy brodawkę, posiadającą maleńkie otworki.

Nasuwa się pytanie, co oznaczają tajemnicze kropki w korze nerkowej i biegnące ku miedniczce nerkowej „włókna" warstwy rdzeniowej. Odpowiedzi udziela nam, jak zwykle, mikroskop.

Wiemy już, że od aorty zmierza ku nerce gruba tętnica nerkowa, a do żyły głównej — gruba żyła nerkowa. Mikroskop pokazuje nam, że zarówno tętnica, jak i żyła rozwidlają się stopniowo w nerce w mnóstwo cieniutkich naczyń włosowatych, które zwłaszcza w korze tworzą gęstą, delikatnie utkaną sieć krwionośną. Zdumiewająca jest przy tym niezwykła regularność, z jaką rozgałęziają się naczynia krwionośne; nie tworzą bowiem chaotycznego, splątanego labiryntu, lecz cieniuteńką, prawidłową siatkę. Niezliczone tętniczki i żyłki uszeregowane

są tu obok siebie niby drzewka we wzorowym lasku sosnowym. I jak drzewka ze wszystkich stron wzajemnie dotykają się gałązkami, tak też przylegają do siebie w pewnych punktach gałązki naczyń krwionośnych. Ponieważ tętniczki i żyłki rozstawione są na przemian, stykające się gałązki należą zawsze — jedna do tętniczki, druga do żyłki. W każdym punkcie zetknięcia się gałązek tętniczek włosowatych z gałązkami włosowatych żyłek zawieszona jest niby owoc maleńka kuleczka.

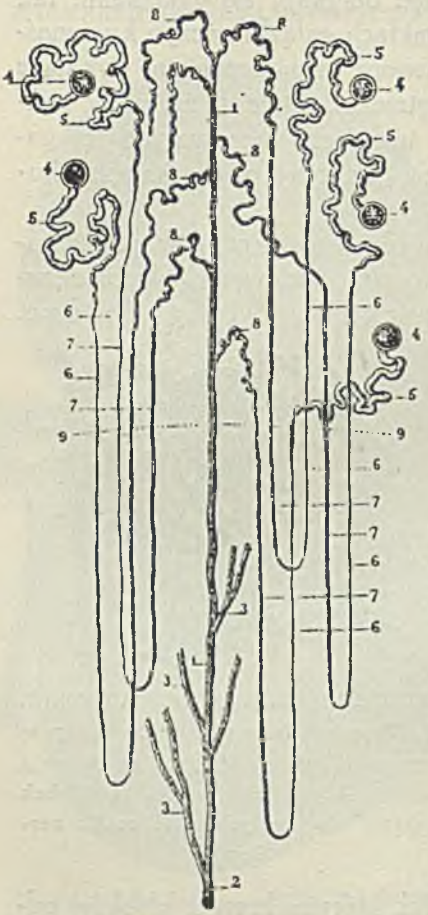
Gdy kuleczki te po raz pierwszy ujrzano przez mikroskop, nazwano je, ze względu na dziwnie skomplikowaną budowę, kłębkami dziwnymi. Obecnie zwiemy je kłębuszkami Malpighiego. W istocie są to nader zawiłe sploty naczyń krwionośnych. Każda tętniczka i każda żyłka rozwidla się tu naraz w wielokrotnie rozgałęzioną sieć okręcających się wokół siebie cieniuteńkich naczyń, tworząc okrągły, splątany kłębek o 1/4 milimetra średnicy. Kłębków takich jest w każdej nerce około miliona. Krew, która wpływa do nerki potężnym, szerokim strumieniem, musi zatem przeciskać się przez tysiące owych kłębków, musi przepływać przez wąziutkie rureczki naczyń włosowatych. Należy przy tym wziąć pod uwagę, że tętniczki, którymi krew wpływa do kłębków, są szersze niż żyłki, którymi krew z kłębków odpływa. Łatwo więc można sobie wyobrazić, jak krew, płynąca dotąd spokojnie tętniczkami, spiętrza się nagle w kłębkach, zanim zdoła wpłynąć do węższych żyłek, jak napiera na delikatne ścianki naczyń włosowatych, wyciskając przez nie, jak przez filtr, część swego płynu. Tu właśnie rozpoczyna się usuwanie z krwi „odpadków" przemiany materii, a zarazem wytwarzanie przez nerki moczu. Jednak mocz, który przesącza się przez ścianki naczyń krwionośnych kłębka, nie jest jeszcze tym właściwym czyli ostatecznym moczem, który wydalamy na zewnątrz. Możnaby go nazwać moczem pierwotnym, gdyż składa się z wydzielonej z krwi wody, w której zawarta jest dopiero część — nieznaczna jeszcze — „odpadków" przemiany materii.



MIKROSKOPOWA BUDOWA NERKI. 1. Torebka Bowmana. 2. Naczynie wyprowadzające oczyszczoną krew z kłębka. 3. Ścianki torebki. 4. Kłębek naczyń włosowatych. k. Kanalik nerkowy.

Wysączające się z kłębka krople moczu „pierwotnego" zbierają się w zrośniętej z kłębkiem otoczce, t. zw. torebce Bowmana,

w której kłębuszek jest zanurzony jak gdyby w pucharze, a która jest właściwie ślepym końcem cieniutkich rureczek, t. zw. kanalików moczowych. Tu właśnie odbywa się przeróbka moczu pierwotnego na mocz ostateczny.



SCHEMAT BUDOWY DROBNOWIDOWEJ NEREK — PRZEBIEG KANALIKÓW. 1. i 3. Kanaliki zbiorowe. 2. Przewód brodawkowy. 4. Kłębuszki Malpighiego. 5. Kanaliki korowe czyli kręte I rzędu. 6. i 7. Pętle Henlego; 6-ramię zstępujące, 7-ramię wstępujące. 8. Wstawka (czyli kanaliki kręte II rzędu). 9. Linie oznaczające granice pomiędzy warstwą korową a rdzeniową nerki.

Każdy taki kanalik w swej części początkowej jest bardzo kręty. Następnie biegnie już wyprostowany ku miedniczce nerkowej, lecz doszedłszy do połowy rdzenia, zawraca nagle i zbliża się ponownie do swego kłębka, tworząc w ten sposób jakby pętlę (t. zw. *pętlę Henlego*). W pobliżu kłębka kanalik wije się wężowato, po czym energicznym zwrotem ustala niejako swój kierunek i zmierza już zdecydowanie ku miedniczce.

W drodze do miedniczki łączy się on z licznymi innymi kanalikami w coraz grubsze kanały, t. j. przewody moczowe, aż wreszcie powstaje kilka większych przewodów moczowych — po jednym w każdym wierzchołku piramidy rdzeniowej.

Kanaliki moczowe są właśnie owymi dostrzegalnymi gołym okiem „włóknami" warstwy rdzeniowej nerki, kłębki Malpighiego zaś — zagadkowymi kropkami warstwy korowej. Gdybyśmy wyprostowali któryś z krętych kanalików moczowych, otrzymalibyśmy cieniuteńką rurkę stosunkowo pokaźnej długości 5 cm. A że kanalików takich w obu naszych nerkach jest około 2 milionów, łączna ich długość wyniosłaby 100 km — odległość, na której przebycie pociąg pośpieszny musiałby zużyć przeszło godzinę czasu.

Dlaczego natura w tak skomplikowany sposób ukształtowała kanaliki moczowe? Dlaczego mocz, wysączający się z kłębków do torebek Bowmana, nie spływa bezpośrednio do miedniczki nerkowej, by następnie zostać z niej wydalonym na zewnątrz?

Jak już wspominaliśmy, płyn przeciskany przez ścianki naczyń włosowatych kłębków nerkowych składa się głównie z wody, w której rozpuszczone są niewielkie tylko ilości (t. j. w takiej koncentracji jak we krwi) szkodliwych produktów przemiany materii. Opuszczając w tej postaci organizm, płyn ten powodowałby więc nadmierny ubytek niezbędnej dlań wody. Dla wyrównania tej straty musielibyśmy pić niemal bez ustanku. Trzeba bowiem pamiętać, że normalna zawartość wody w naszym ciele wynosi 58—64%, a u noworodków nawet 74% całej jego substancji. Zatem woda, która w nadmiarze dostała się do torebek Bowmana, musi być ciału zwrócona. Temu właśnie zadaniu służą kanaliki moczowe i dlatego to taka długa i kręta jest ich droga od punktu wyjścia do zakończenia w przewodzie moczowym.

Dawniej myślano, że wytwarzanie moczu odbywa się wyłącznie w kłębkach i że mocz jest produktem zwykłego mechanicznego procesu filtracyjnego. Przez długi też czas nauka zadowalała się takim wyjaśnieniem mechanizmu oczyszczania krwi przez nerki. Późniejsze doświadczenia jednak dowiodły, że sprawa ta nie jest bynajmniej tak prosta i że wytwarzanie właściwego moczu, będące skomplikowanym fizjologicznym, a nie zwykłym mechanicznym procesem, odbywa się w kanalikach moczowych.

O tym, że kanaliki moczowe nie są zwykłymi biernymi kanałami, którymi mocz spływa tylko z kłębków nerkowych do miedniczek nerkowych, świadczy już choćby to, że, jak obliczono, w ciągu doby kłębki obu nerek wydzielają z krwi ok. 60 litrów płynu, kanałami zaś zbiorowymi spływa do miedniczek nerkowych tylko 1½ litra moczu. Nasuwa się stąd nieodparcie wniosek, że większa część wydzielonego z krwi płynu powraca do krwi w drodze pomiędzy kłębkami a przewodami moczowymi. Według znakomitego fizjologa Heidenheina powrót tego płynu do krwi następuje na odcinku krętym kanalików moczowych. To powrotne wchłanianie odciągniętego pierwotnie płynu przez krew umożliwia gęsta sieć włosowatych naczyń krwionośnych, które delikatnym oprzędem osnuwają kanaliki ze wszystkich stron. Ale jaki jest sens tego powrotu większej części moczu pierwotnego do krwi?

Otóż kłębki nerkowe pracują jak filtry — zatrzymują ciałka krwi i substancje koloidalne (białko), a przepuszczają wodę wraz z roz-

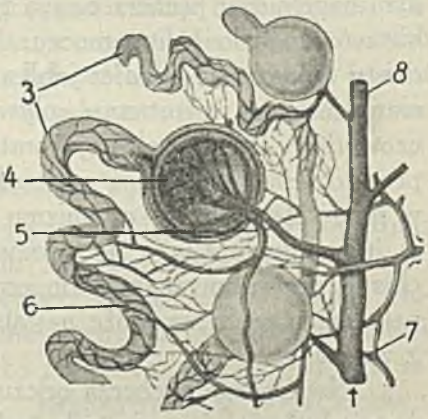
puszczonymi w niej ciałami — bez wyboru, zarówno szkodliwe produkty przemiany materii (np. mocznik), jak i pożyteczne składniki osocza krwi (cukier gronowy). Te ostatnie powinny powrócić do krwi wraz z wodą, która w dużym nadmiarze przesącza się przez kłębuszki. W tym celu właśnie mocz pierwotny jest przepuszczany przez długie i kręte kanaliki moczowe, w których ulega niejako przeróbce. Przerabianie to w kanalikach moczowych polega na tym, że komórki tkanki, tworzącej ścianki kanalików, współpracując czynnie w wytwarzaniu właściwego moczu, wchłaniają substancje, które powinny do krwi wrócić, a nie wchłaniają substancji szkodliwych. Przez ściany kanalików moczowych wraca też do krwi większa część wody odciągniętej przez kłębki. W ten sposób kanaliki moczowe, chłonąc z moczu pierwotnego wszystkie potrzebne krwi substancje oraz większą część wody, zagęszczają zawartość substancji wydalonych, przetwarzają mocz pierwotny na mocz właściwy, czyli ten właśnie płyn, który człowiek wydala na zewnątrz opróżniając pęcherz moczowy.

Oczyszczanie krwi z substancji trujących nie wyczerpuje działalności nerek. Powierzona im jest także piecza nad równowagą stałych składników krwi. Wystarczy np., aby zawartość soli kuchennej we krwi, która normalnie wynosi 0,6%, wzrosła do 0,8%—1%, a już zaczynają działać komórki kanalików moczowych i usuwają jej nadmiar. Podobnie dzieje się z cukrem, który ukazuje się w moczu jedynie wtedy, gdy jego zawartość we krwi przekroczy granice normalne.

Oczywiście i praca nerek odbywa się kosztem energii, doprowadzanej do nich przez krew w postaci substancji odżywczych. Pochłaniane przez nie zasoby są nawet stosunkowo dość duże, znacznie większe, niżby na nie proporcjonalnie do ich wielkości przypadało (obydwie nerki ważą razem nie więcej niż 240—300 g). Waga nerek stanowi $^1/_{262}$—$^1/_{162}$ wagi całego ciała, zaś zużywana przez nie energia wynosi $^1/_{10}$ całego zużycia energii przez organizm. W porównaniu więc z innymi narządami zużywają nerki piętnastokrotne ilości substancji odżywczych, a trzykrotnie więcej niż mięsień sercowy (licząc na gram i minutę).

Nic dziwnego zresztą: praca wykonywana przez nerki jest ogromna. Każdego dnia przetłacza się przez nie 500—600 litrów krwi, a około 60 litrów płynu opuszcza krew w kłębuszkach nerkowych. Z tego, jak już powiedzieliśmy, tylko 1,5—2 litry wydalane są do pęcherza moczowego, reszta dostaje się z powrotem do krwi za pośrednictwem kanalików moczowych. Oczywiście im więcej moczu nerka wydziela, tym większa jest praca i wysiłek komórek nerkowych

i tym więcej muszą one zużytkować energii. Kto wiele pije, musi też wiele płynu z organizmu wydalać, gdyż, jak już wspominaliśmy, ilość wody pobieranej z zewnątrz i wody wydalanej musi się równoważyć, aby ciało nasze nie ulegało ani „wyschnięciu" wskutek braku wody, ani „uwodnieniu" nadmiernemu w przeciwnym przypadku. Im więcej jednak płynu człowiek wydziela, tym więcej energii w postaci substancji odżywczych musi dotarczać swym nerkom. Jeżeli więc np. namiętni amatorzy piwa twierdzą, że piwo jest płynnym chlebem, to powinni pamiętać o tym, że większa część tego „chleba" idzie na marne — na dostarczanie nerkom energii, na dodatkową pracę, związaną z wydaleniem nadmiaru płynu z organizmu. Niewielki więc mają oni z tego piwa pożytek, nie mówiąc już o szkodliwym działaniu alkoholu na nerki.



SCHEMAT POŁĄCZENIA NARZĄDÓW KRWIONOŚNYCH I WYDALNICZYCH. 3. Kanalik moczowy. 4. Kłębuszek Malpighiego. 5. Tętniczka dochodząca do kłębuszka. 6. Wtórne rozgałęzienie naczynia wychodzącego z kłębuszka. 7. Żyła nerkowa. 8. Tętnica nerkowa.

Normalnie nerki nie są tak przeciążone pracą, aby musiały być stale czynne wszystkie ich komórki i kłębki. Znaczna część komórek i kłębków służy raczej jako rezerwa na wypadek, kiedy wydzielaniu stawiane są wyższe wymagania, np. przy nadmiernym spożywaniu napojów. Dlatego to można w wypadku pewnych schorzeń usunąć jedną nerkę drogą operacyjną, nie wyrządzając tym człowiekowi istotnej szkody. Pozostała nerka będzie wówczas wykonywała podwójną pracę. Rzecz prosta, człowiek o jednej nerce nie rozporządza już ową rezerwą niecałkowicie wykorzystywanych tkanek nerkowych, musi być przeto szczególnie ostrożny i umiarkowany, jeśli chodzi o picie.

* *
*

Z miedniczki nerkowej mocz, jak już wspominaliśmy, spływa moczowodem do pęcherza moczowego. Moczowody, podobnie jak przewód pokarmowy i jelita, zaopatrzone są w mięśnie gładkie, które kurcząc się i rozprężając ruchem robaczkowym, spychają

mocz przez moczowód i wyciskają go kroplami do pęcherza. Mocz nie spływa zatem do pęcherza sam przez się, jakby się to mogło wydawać. Gdyby tak było, w nocy, kiedy ciało nasze spoczywa w pozycji poziomej, mocz nie mógłby spłynąć do pęcherza i pozostawałby w miedniczce.

W pęcherzu mocz zbiera się niby w basenie, z którego wypuszczany jest tylko od czasu do czasu. Ścianki pęcherza, składające się z mięśni gładkich, są bardzo rozciągliwe, tak że z łatwością dostosowują się do każdej ilości zebranego w nim moczu. Przy maksymalnym napełnieniu pęcherz osiąga rozmiary sporego balonu; mieści w sobie wówczas do 1 litra moczu. Po opróżnieniu kurczy się on w fałdzisty woreczek wielkości jabłka, po czym znów się wydyma, napełniany moczem, nieustannie spływającym doń kroplami z obydwu moczowodów. Dzięki celowej konstrukcji swych ścianek pęcherz — choć przez dziesiątki lat dzień w dzień rozciąga się i kurczy po 5, 6 razy — w miarę starzenia się organizmu nie traci niemal nic na elastyczności. A już całkowicie mija się z prawdą bajeczka o rzekomym pękaniu pęcherza, spowodowanym nadmiernym jego napełnieniem. Pęknięcie napełnionego pęcherza może nastąpić jedynie w przypadku silnego ciosu z zewnątrz.

Napełnienie pęcherza odczuwamy jako parcie moczu. Parcie to jest jednak zależne nie tylko od ilości zebranego w pęcherzu płynu, lecz głównie od stanu napięcia muskulatury jego ścian. Jest ono skutkiem nie tyle biernego rozdęcia pęcherza przez mocz, ile aktywnego naprężenia się jego mięśni. Za pośrednictwem skomplikowanego układu nerwów „komunikują" mięśnie pęcherza mózgowi, jaki jest w danym momencie stopień wypełnienia pęcherza, w odpowiedzi na co przybywa pobudzenie naprężające włókna. U poszczególnych ludzi granice wrażliwości na parcie moczu są różne. Pobudliwe pęcherze już na 1/4 litra moczu reagują energicznym skurczem mięśnia, wywołującym odpowiednio silne uczucie ucisku. Pęcherze o mocnej muskulaturze dają się napełnić znacznie większą ilością moczu, zanim przeciwstawią ciśnieniu jego aktywne naprężenie ścian i wywołają w naszej świadomości uczucie parcia moczu. Zresztą nawet wrażliwość tego samego człowieka na napełnienie pęcherza jest zmienna, w dużej mierze zależna od jego stanów uczuciowych. Tak np., gdy jesteśmy pochłonięci interesującą sztuką teatralną lub fascynującą lekturą, pęcherz może się napełnić znacznie ponad poziom normalny, a naprężenie mięśni jego ścian nie nastąpi i nie będziemy odczuwali parcia moczu. Gdy jednak stan napięcia psychicznego, wywołanego wrażeniami

zewnętrznymi, przeminie i mózg zacznie reagować na sygnały wysyłane przez mięśnie pęcherza, wówczas odczujemy parcie moczu. I na odwrót, pewne oddziaływania psychiczne, jak przerażenie lub nawet tylko myśl o możliwości napełnienia pęcherza mogą wywołać odpowiednie skurcze muskulatury jego ścian i uczucie parcia moczu, mimo że w istocie zawartość płynu w pęcherzu jest minimalna. Podobnie przy stanach zapalnych błony śluzowej pęcherza nabrzmienie tkanki oddziaływa drażniąco na nerwy, wskutek czego chory niemal nieustannie odczuwa parcie moczu, choć pęcherz jego jest prawie zupełnie próżny. Z drugiej znów strony, gdy opróżnianie pęcherza jest stale opóźniane nad miarę, może się zdarzyć, że mięśnie ścian — nazbyt już rozciągnięte — wiotczeją i tracą zdolność kurczenia się. Wówczas człowiek, nawet kiedy pęcherz jego napełniony jest nadmiernie, nie odczuwa wcale parcia moczu.

W jaki sposób odbywa się opróżnianie pęcherza?

Gdy odczuwamy parcie moczu i postanawiamy pęcherz opróżnić, mózg wysyła rozkaz otwarcia „basenu", wypuszczenia moczu do cewki moczowej. Miejsce, w którym pęcherz przechodzi w cewkę, otoczone jest silnym mięśniem pierścieniowatym, który stale pozostaje w stanie skurczu i rozkurcza się tylko na rozkaz, otwierając tym samym wyjście z pęcherza do cewki. Jednocześnie za pośrednictwem ośrodka nerwowego w rdzeniu pacierzowym powodujemy skurcz ścianek pęcherza. Wówczas mięśnie te, kurcząc się, zmniejszają tym samym objętość pęcherza i wyciskają płyn na zewnątrz. Gdy natomiast chcemy opróżnienie pęcherza wstrzymać, musimy spowodować skurcz zwieracza cewki moczowej. Dzieci muszą się tego dopiero uczyć. Dopóki nie nauczą się panować nad zwieraczem pierścieniowatym cewki, proces oddawania moczu odbywa się u nich autonomicznie, bez udziału woli.

Pęcherz moczowy — choć brzmi to może nieprawdopodobnie — jest niezwykle czule reagującym organem naszego ciała. Jeśli połączyć go z manometrem — przyrządem do mierzenia ciśnienia — i przeprowadzić na badanym osobniku serię doświadczeń psychologicznych, strzałka manometru zarejestruje każde najdrobniejsze nawet doznane przez niego wrażenie. Pęcherz bowiem reaguje nawet na bardzo słabe podniety, nie oddziaływujące ani na tętno, ani na ciśnienie krwi. To, że na jednym z najbardziej pogardzanych organów naszego ciała, który gdzieś w głębi jamy brzusznej zbiera „odpadki" przemiany materii, bardziej niż na sercu, niż w oku, niż na twarzy odbijają się

nasze doznania duchowe, jest spośród wielu osobliwości ciała ludzkiego na pewno nie najmniejszą.

Poznaliśmy długą drogę, jaką przebywa mocz od miejsca, w którym zaczyna się wytwarzać, t. j. od kłębków nerki poprzez kręte kanaliki moczowe, kanały zbiorowe, miedniczki nerkowe, moczowody, pęcherz i cewkę moczową.

Na zakończenie zajmiemy się jeszcze przez chwilę jego składem chemicznym. Mocz składa się przede wszystkim z wody. Woda jednak nie jest najistotniejszym jego składnikiem; odgrywa jedynie rolę rozpuszczalnika względem ciał stałych — owych „żużli", dla których usunięcia właśnie mocz jest wytwarzany. Rozpuszczone w wodzie moczu, niepożądane te produkty mogą bez przeszkód opuszczać nasz organizm. Jeżeli stężymy mocz przez odparowanie wody, jak to czynimy np. z roztworem cukru lub soli, wówczas „żużle" wydzielą się zeń i utworzą kryształy. Na 1—1,5 litra moczu wydalonego w ciągu doby przypada 50 g substancji stałych. Pierwsze miejsce wśród nich zajmuje m o c z n i k, stosunkowo prosty organiczny związek azotowy, dalej idzie k w a s m o c z o w y i sole kwasu moczowego, t. zw. m o c z a n y. Mocznik i kwas moczowy powstają z przeróbki białka w organizmie. Poza tym znajdują się w moczu sól kuchenna, sole kwasu siarczanego, fosforowego i inne, których wyliczenie za daleko by nas zaprowadziło. W moczu rozpuszczone są również pewne substancje aromatyczne, które nadają mu swoisty zapach, oraz szereg barwików, którym mocz zawdzięcza swój złocistożółtawy kolor.

Oprócz tych zwykłych składników mocz zawierać może jeszcze domieszki, których obecność świadczy o takich lub innych zaburzeniach chorobowych w organizmie. Dwojakie mogą być przyczyny pojawienia się w moczu elementów obcych. Zdarza się, że, jak już wspominaliśmy, zawartość pewnych substancji we krwi, np. cukru, podnosi się nagle ponad poziom normalny. Wówczas nadmiar tych substancji jest przez nerki wydalany i obecność ich w moczu zdradza zaburzenia w procesie przemiany materii, np. chorobę cukrową. Kiedy indziej znów krew zawiera wszystkie swoje składniki w normalnych ilościach, natomiast nerki są chore i pozwalają na przeniknięcie z krwi do moczu substancji, których zdrowe nerki nie przepuszczają, np. białka. Zarówno w jednym, jak i w drugim przypadku analiza moczu stanowi dla lekarza cenną wskazówkę, sygnalizuje bowiem zaburzenia w zdrowiu pacjenta i ułatwia rozpoznanie choroby.

SKÓRA

Skóra spełnia tak liczne i różnorodne zadania, że istotnie jest rzeczą kłopotliwą, które by z nich uważać za najważniejsze: czy to, że osłania całe nasze ciało, współdziała w mechanizmie regulacji jego ciepłoty i w procesie oddychania, chroni narządy wewnętrzne od wszelkich szkodliwych wpływów, czy że jest ważnym narządem wydalniczym, czy wreszcie, że dzięki niej odbieramy cały szereg swoistych wrażeń ze świata zewnętrznego.

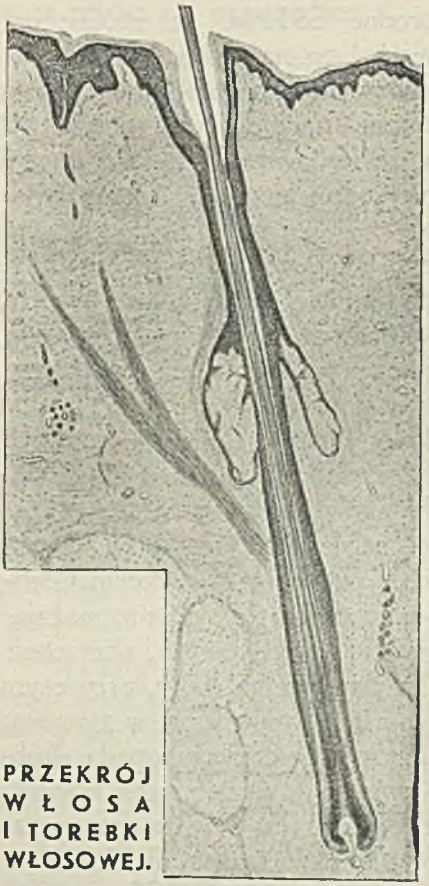
Rzecz prosta, że skóra, która pełni tak dużo różnorodnych funkcji, musi posiadać bardzo zróżnicowaną budowę, każda z nich bowiem ma niejako swoje własne podłoże anatomiczne. Istotnie, jak zobaczymy, w skórze roi się od rozmaitych gruczołów, kanalików, ciałek, zakończeń nerwowych i innych tworów anatomicznych.

Skóra, której grubość wynosi około 4 mm, składa się z dwóch warstw, mianowicie z naskórka i skóry właściwej; naskórek zbudowany jest z wielu warstw komórek nabłonkowych, skóra właściwa zaś z włóknistej tkanki łącznej. W tkance nabłonkowej naskórka wyróżniamy z kolei dwie warstwy: zewnętrzną i głębszą — twórczą. Głębsza składa się z żywych komórek, które bardzo szybko się rozmnażają. Dzięki powstawaniu ciągle nowych warstw nabłonkowych, wierzchnie pokłady posuwają się coraz bardziej ku powierzchni skóry, przy czym powoli obumierają, tracą jądro, a ich plazma zamienia się w ziarnistą, zrogowaciałą substancję, która po zużyciu i zeschnięciu opada drobnymi łuskami. Proces ten odbywa się przez całe życie: jedne komórki łuszczą się i ścierają, a nowe wciąż narastają. Tu tkwi tajemnica zawsze świeżej skóry ludzkiej; zużyty naskórek człowiek niejako zrzuca z siebie, a na jego miejsce powstaje nowa warstwa. Obliczono, że w ciągu 75 lat życia złuszcza się przeszło 20 kg tej zrogowaciałej substancji.

Produktami rogowacenia, oprócz naskórka, są paznokcie i włosy. Paznokcie są to rogowe płytki, których dolna część czyli nasada jest osadzona w łożysku, składającym się z żywych, szybko rozmnażających się komórek; dzięki temu paznokcie ciągle rosną u podstawy, posuwając się coraz bardziej na zewnątrz; w ciągu jednego tygodnia wzrastają mniej więcej o kilka mm; gdybyśmy ich nie obcinali, moglibyśmy sobie „wyhodować" pazury kilkometrowej długości.

Włos tkwi dolną swą częścią czyli cebulką w skórze właściwej, w t. zw. torebce włosowej. Cebulka składa się z żywych komórek, które wytwarzając nowe, wypychają starsze, obumie-

rające, ku górze; dlatego też zewnętrzny koniec włosa jest zawsze jego częścią najstarszą. W miejscu, gdzie włos wyrasta ze skóry właściwej, znajdują się ujścia gruczołów łojowych, które wydzielają łój, namaszczający naskórek i włosy. Wykształcony włos jest rurką utworzoną z substancji rogowej, wypełnioną barwikiem. Gdy barwika brak, puste rurki włosowe są białe.



PRZEKRÓJ WŁOSA I TOREBKI WŁOSOWEJ.

Na rycinie widzimy włos osadzony w torebce włosowej.
Z lewej strony torebki widać mięśnie napinacze włosa. Powyżej z obu stron — gruczoły łojowe. Na dnie torebki, a więc w głębi skóry właściwej — brodawka wzrostowa (nazywana też cebulką włosową). W pobliżu powierzchni skóry — warstwa żywych komórek nabłonkowych (ciemno zabarwiona). Na samej powierzchni — martwa, zrogowaciała warstwa naskórka.

Znaczenie zrogowaciałej warstwy naskórka jest olbrzymie; ona to stanowi idealny płaszcz ochronny żywego ciała, jest bowiem szczelna, lekka, nieprzemakalna, nie przewodzi ciepła i o ile jest dostatecznie gruba, spełnia znakomicie rolę izolatora od prądów elektrycznych. Jak cenne usługi oddają wierzchnie warstwy naskórka, łatwo można się przekonać, gdy następuje najlżejsze zadraśnięcie, a szczególnie starcie, np. o chropowatą powierzchnię; wtedy płyny tkankowe zaczynają przedostawać się na zewnątrz, ranka ciągle jest mokra, jątrzy się, gdyż bakterie mają znakomite pole działania; wtargnąwszy bowiem do głębszych warstw żywych komórek, rozwijają się ich kosztem i powodują rozmaite choroby.

Głębsza warstwa naskórka, zwana także warstwą Malpighiego, zawiera barwik — pigment i niektóre zakończenia nerwowe. W zależności od koloru i ilości barwika występują rozmaite odcienie skóry. Istnieją również istoty ludzkie, których skóra nie wytwarza barwika; są to t. zw. albinosi. Albinosi są kredowo

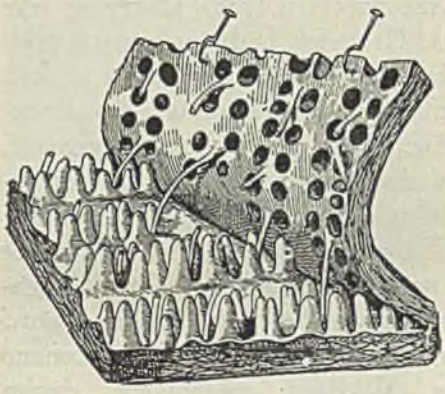
biali, mają bezbarwne włosy, lecz oczy czerwone (wskutek bowiem braku barwika przeświecają naczynia krwionośne naczyniówki).

Każdy z nas obserwował, że pod działaniem słońca i światła skóra nasza ciemnieje — „opalamy się". Czym to się tłumaczy? Czy jest to także jeden z objawów przystosowania się organizmu do warunków? Niewątpliwie, barwik stanowi bowiem ochronę narządów wewnętrznych przed nadmiarem światła, który wpływa na nie ujemnie; dlatego też skóra wytwarza go zawsze więcej u tych, którzy są wystawieni na silniejsze działanie słońca. Człowiek biały w krajach podzwrotnikowych jest często godny pożałowania, jeżeli jego skóra w dość krótkim czasie nie zdoła stworzyć dlań ochrony w postaci dostatecznej ilości barwika; czuje się wtedy źle, nie może się zaaklimatyzować, jest nieodporny na działanie promieni słonecznych. Wiemy, że blondyni, opalając się nawet na naszych plażach, łatwo podlegają szkodliwemu działaniu światła słonecznego. Zapalenie skóry jest u nich nader częstym zjawiskiem. Nie grozi ono natomiast brunetom, a nawet szatynom. Dla przekonania się, że istotnie warstwa barwikowa stanowi ochronę narządów wewnętrznych przed działaniem światła, dokonano bardzo interesującego doświadczenia. Włożono, mianowicie, dwóm jaszczurkom (z których jedna na skutek nocnego trybu życia nie posiadała prawie wcale barwika, druga zaś miała go w dużej ilości) do jamy brzusznej światłoczuły papier, jakiego używają fotografowie, a potem wystawiono je na działanie światła; okazało się, że u „białej" jaszczurki papier zupełnie sczerniał, u „ciemnej" zaś nie uległ żadnej zmianie.

Prawie trzykrotnie grubsza od obu warstw naskórka jest skóra właściwa, utworzona, jak już wspomnieliśmy, z włóknistej tkanki łącznej; mało w niej komórek, a dużo silnych i sprężystych włókien, dzięki którym skóra jest zwarta, elastyczna, rozciągliwa i bardzo wytrzymała. Po prostu trudno uwierzyć, że pas skóry ludzkiej szerokości 3—4 cm może utrzymać ciężar uwieszonego na nim całego ciała. Ze skórą właściwą — jak sama jej nazwa wskazuje — łączą się najważniejsze funkcje skóry, w niej bowiem umieszczone są główne narządy wydalnicze — gruczoły potowe, nadto torebki włosowe, gruczoły łojowe oraz liczne ciałka zmysłowe i zakończenia nerwowe, które służą do odbierania wrażeń. W niej jest też rozgałęziona gęsta sieć włosowatych naczyń krwionośnych.

Gruczoły potowe są to długie, skłębione rurki, oplecione gęstą siecią naczyń krwionośnych i otwierające się na powierzchni naskórka t. zw. porem. W skórze ludzkiej jest przeszło $2^1/_2$ miliona gru-

czołów potowych, ale nie są one równomiernie rozmieszczone; najwięcej ich jest na dłoniach, podeszwach, pod pachami i na twarzy. Gruczoły potowe do pewnego stopnia wyręczają inny narząd wydalniczy — nerki; krew przepływająca w gęstej sieci naczyń przez skórę oddaje produkty rozkładu w postaci soli, kwasów organicznych, mocznika, tłuszczu — gruczołom potowym, które je wydalają na zewnątrz. Pot jest więc pod względem składu chemicznego bardzo podobny do moczu, lecz zwykle jest znacznie bardziej rozcieńczony, zawiera bowiem około 97% wody. Ilekroć nerki funkcjonują gorzej, gruczoły potowe pracują intensywniej, wydalając niekiedy tyle składników moczowych, że po wyparowaniu wody z potu osadzają się one na skórze w postaci drobnych kryształików, przypominających szron.

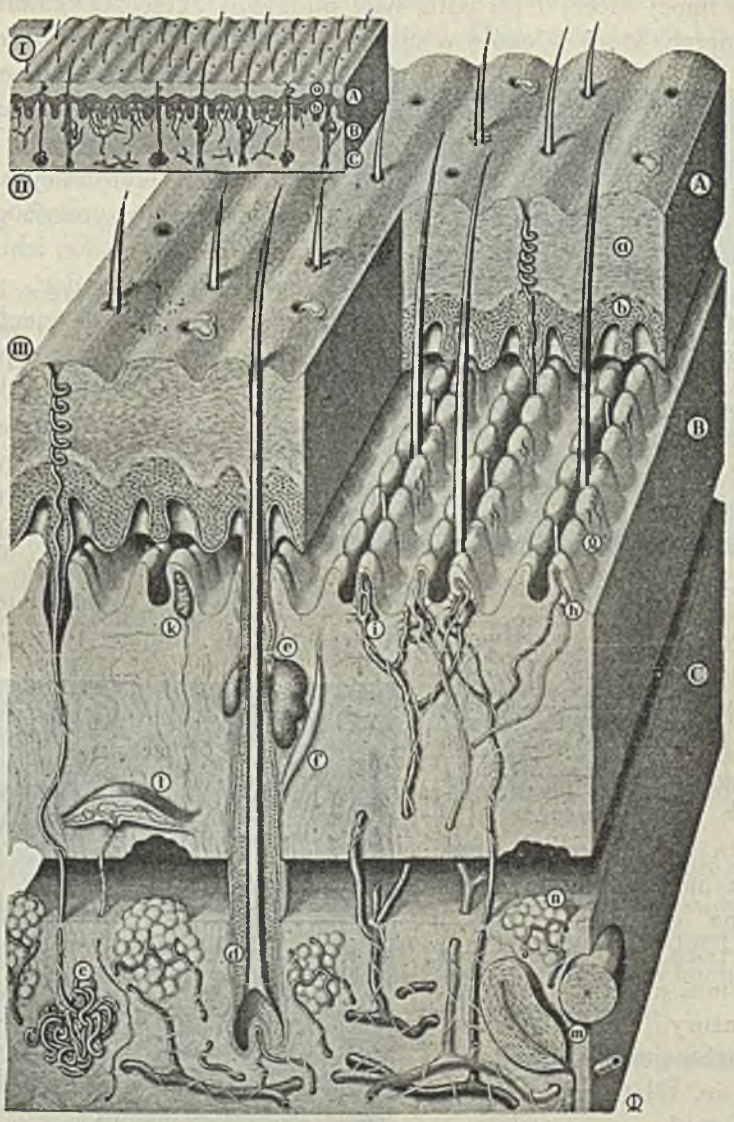


ZABEZPIECZENIE ŁĄCZNOTKANKOWE NARZĄDÓW. Wyrostki łącznotkankowe wiążą skórę właściwą *(dolna część ryciny)* z naskórkiem *(górna część ryciny — uniesiona)*.

Skóra nie tylko pomaga nerkom w ich czynnościach, lecz także częściowo uzupełnia oddychanie, wydalając dwutlenek węgla. U ssaków wymiana gazów przez skórę jest tak mała, że można nie brać jej niemal pod uwagę. U innych zwierząt, np. u żab, stanowić może ona 50% ogólnej wymiany gazowej.

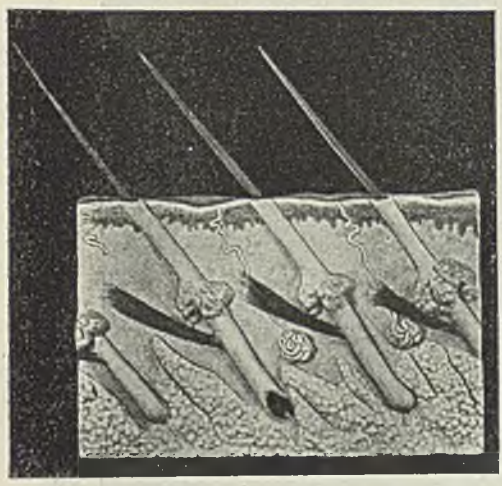
Praca gruczołów potowych nie zawsze jest tak mocno wytężona, przeciętnie człowiek wydala w ciągu doby ½—1 litra potu, lecz przy wzmożonej aktywności lub podczas chorób gorączkowych ilość ta wzrasta nawet do 20 l; każdy z nas wie z własnego doświadczenia, że silniej się pocimy, gdy jest gorąco, gdy ciężko pracujemy fizycznie i ilekroć mamy jakieś trudne zadanie do wykonania; stąd wyrażenie „pocić się", to tyle co „biedzić się" nad przekraczającym nasze możliwości zadaniem.

Gwałtowne pocenie się podczas gorąca, wzmożonej pracy fizycznej itp. okoliczności tłumaczy się tym, że rola gruczołów potowych nie ogranicza się jedynie do czynności wydalania; wespół z naczyniami krwionośnymi stają one w służbie drugiego ważnego zadania, mianowicie regulowania ciepłoty naszego ciała. Otóż każdy gram potu, który ulega wyparowaniu na naszej skórze, zużywa na ten proces ½ wielkiej kalorii ciepła, a ponieważ w normalnych warunkach wy-



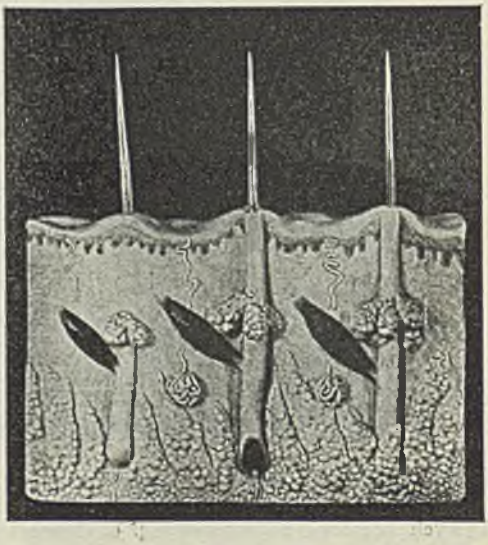
BUDOWA SKÓRY *(obraz schematyczny)*. I — wielkość naturalna, II — niewielkie powiększenie, III — duże powiększenie. a. Naskórek zrogowaciały. b. Warstwa żywych komórek nabłonkowych. c. Gruczoł potowy. d. Torebka włosowa. e. Gruczoł łojowy. f. Mięsień gładki — napinacz włosa. g. Wyrostki łącznotkankowe łączące skórę właściwą z naskórkiem. h. Naczynia krwionośne i nerwy. i. Naczynia włosowate. k, l, m — różnego rodzaju zakończenia nerwowe w skórze. n. Tłuszcz. A. Warstwa naskórka (tkanka nabłonkowa). B. i C. Warstwy skóry właściwej (tkanka łączna). *(Wg F. Kahna)*.

dalamy mniej więcej 1 litr potu, więc oddajemy około 500 kalorii, czyli 1/8 energii, którą w ogóle w ciągu dnia tracimy. Gdy zaś w otoczeniu podnosi się temperatura, czy też w naszym organizmie wytwarza się nadmiar ciepła wskutek wytężonej pracy, wzmaga się czynność gruczołów potowych, a ich obfite wydzieliny, parując, pochłaniają duże ilości ciepła. Ludzie, których gruczoły potowe nie funkcjonują należycie, nie są zdolni do żadnej ciężkiej pracy, przy każdym bowiem wysiłku fizycznym temperatura ich ciała gwałtownie się podnosi, dochodząc niekiedy do 40°. Dlatego też Holendrzy i Anglicy podobno nie wysyłają nigdy żołnierzy ani urzędników do swoich kolonii w krajach podzwrotnikowych, nie sprawdziwszy wcześniej, czy sprawność ich gruczołów potowych jest dostateczna.



Normalne położenie włosów w skórze.

Poza ludźmi jedynie konie i owce mają gruczoły potowe rozsiane w całej skórze; u małp pocą się jedynie ręce, nogi i nos, a kozy i psy, króliki, szczury, myszy są zupełnie pozbawione zdolności pocenia się. Dlatego te zwierzęta mają własne „metody" pozbywania się nadmiaru ciepła, np. pies zgrzawszy się chodzi z „wywieszonym językiem" silnie dysząc, aby parująca na powierzchni wewnętrznej płuc woda oraz ślina obniżyła temperaturę jego ciała.



„Gęsia skórka" — włosy ustawione prostopadle do powierzchni skóry wskutek skurczu mięśni — napinaczy włosów.

Z gruczołami potowymi w regulowaniu ciepłoty współdziała gę-

sta sieć przebiegających przez skórę naczyń krwionośnych, w których pomieścić się może 1/3 całej objętości krwi. Gdy temperatura krwi podnosi się, odpowiednie nerwy wywołują skurcz podległych sobie mięśni, znajdujących się w ściankach naczyń krwionośnych; wtedy naczynia rozszerzają się, skóra czerwienieje, a przepływająca przez nią w dużej ilości krew ochładza się; część ciepła oddaje ona zimniejszemu od niej powietrzu, część zaś pochłania, parując, wydzielający się obficie pot.

Natomiast gdy jest zimno, ilość krwi przepływająca przez skórę znacznie maleje, naczynia bowiem zwężają się, aby jak najmniej ciepła oddać otoczeniu, i skóra nabiera charakterystycznego, sinobladego koloru.

Zwężaniu się naczyń krwionośnych pod wpływem zimna towarzyszy często dobrze znane każdemu zjawisko t. zw. g ę s i e j s k ó r k i. Przyczepione u spodu każdej torebki włosowej włókna mięsne pod wpływem dochodzących do nich nerwów kurczą się i włosy stają prostopadle do powierzchni skóry, przy czym u podstawy każdego włoska występuje mała wypukłość; wypukłości takie widać wyraźnie na skórze oskubanej gęsi, stąd nazwa „gęsiej skórki". Odruch ten nie ma dla nas żadnego praktycznego znaczenia; jest on prawdopodobnie odziedziczony po naszych dalekich przodkach zwierzęcych, którzy najeżali się, gdy im było zimno. Najeżone włosy czy piórka wraz z zawartą pomiędzy nimi warstwą powietrza stanowią bowiem doskonałą osłonę przed utratą ciepła.

Widzimy więc, że każdemu poszczególnemu elementowi skóry przydzielona jest pewna ściśle określona funkcja; nie poznaliśmy dotychczas jedynie tych czynności, które są związane z rozmaitymi rodzajami zakończeń nerwowych zawartych w skórze. Omówimy je w związku z czynnościami innych narządów zmysłowych.

Jako dowód, że funkcje skóry są niezbędne dla organizmu, niechaj służą smutne wypadki, które się zdarzały ongiś podczas procesji świątecznych, w których chłopcy symbolizujący „złoty wiek" ludzkości występowali cali okryci złotem. Jeżeli nie usuwano pozłoty w dość krótkim czasie — chłopiec umierał. Pozłocona bowiem skóra nie przepuszczała wydzielin i śmierć następowała wskutek zatrucia szkodliwymi substancjami, ewentualnie wskutek zaburzeń w termoregulacji.

NARZĄDY HORMONALNE CZYLI GRUCZOŁY WYDZIELANIA WEWNĘTRZNEGO, INACZEJ GRUCZOŁY DOKREWNE

W ostatnich dziesięcioleciach ubiegłego wieku wiedzę o ciele ludzkim wzbogaciło niezwykle doniosłe odkrycie. Nauce udało się wydrzeć naturze jeszcze jedną tajemnicę. Fizjologowie stwierdzili, mianowicie, że znajdujący się w ciele człowieka, od dawna znany zespół osobliwie zbudowanych tworów, o nieokreślonej dotychczas funkcji, posiada niezmiernie doniosłe znaczenie, gdyż reguluje przebieg najważniejszych procesów życiowych organizmu, decyduje o jego życiu i śmierci.

Nie od razu zdali sobie uczeni sprawę ze znaczenia tych nowoodkrytych sprężyn żywego mechanizmu. Zastanawiająca była przede wszystkim ich budowa: przypominały do złudzenia gruczoły, a różniły się od nich zasadniczo brakiem najbardziej charakterystycznego elementu: przewodu wyprowadzającego. O wszystkich znanych do owej chwili gruczołach — wątrobie, trzustce, gruczołach ślinowych, potowych, łojowych itp. — wiadomo było, że posiadają przewód, przez który wytwarzane w komórkach gruczołowych soki odpływają bądź do różnych jam ciała, bądź na jego powierzchnię. Cóż to więc mogło znaczyć? Nauka stanęła wobec nierozwiązalnej, zdawałoby się, zagadki. Bo przecież gruczoł bez przewodu, to jak fabryka, która nie może zbyć swego towaru. Snuto więc najrozmaitsze, fantastyczne niekiedy, domysły. O jednym np. z tych zagadkowych tworów, znanym dziś pod nazwą gruczołu tarczowego, głoszono, że upiększa jedynie szyję, nadając jej krąglejszy kształt. Niektórzy uczeni jednak występowali ostro przeciw temu przypuszczeniu, twierdząc, że gruczoł ten reguluje dopływ krwi do mózgu. Jeszcze inni głosili, że gruczoł tarczowy ogrzewa krtań i chroni ją od ucisku.

Jednocześnie zwrócono uwagę, że owe tajemnicze gruczoły są nader obficie zaopatrzone w naczynia krwionośne. A było rzeczą od dawna wiadomą, że właśnie najważniejsze narządy najintensywniej są w krew zasilane. Już to samo musiało budzić poważne wątpliwości:

czyżby natura po to tylko tak hojnie obdarowywała gruczoł tarczowy krwią, by upiększał szyję?

W końcu anatomowie zniechęcili się i zaczęli omijać te osobliwe narządy; woleli badać nerwy i naczynia krwionośne, o których wiedziano, jakie spełniają zadania. Lecz oto pewnego pięknego dnia wystąpił w Paryskiej Akademii Nauk stary fizjolog, Brown-Séquard (1889), komunikując uczonemu gronu, że czuje się znakomicie odświeżony i odmłodzony od chwili, kiedy wstrzyknął sobie do żyły wyciąg z tkanki jąder (męskie gruczoły płciowe). I rzeczywiście, zebrani mogli się przekonać naocznie, że siedemdziesięciodwuletni staruszek wygląda nader rześko i młodo. Wprawdzie badania późniejsze nie potwierdziły bynajmniej celowości eksperymentu Brown-Séquarda, jednakże jemu to właśnie zawdzięczać należy, że sprawa zagadkowych gruczołów pchnięta została na właściwe tory.

Pod wrażeniem tego osobliwego wydarzenia zabrali się bowiem uczeni do nowych doświadczeń i niebawem stwierdzono, że owe nie posiadające przewodów gruczoły oddają swą wydzielinę bezpośrednio do krwi. Ułatwia im to zadanie, rzecz jasna, ta okoliczność, że, jak już mówiliśmy, są one obficie zaopatrzone w naczynia krwionośne.

Nazwano więc te gruczoły gruczołami dokrewnymi albo gruczołami o wydzielaniu wewnętrznym — w przeciwieństwie do gruczołów takich, jak wątroba, trzustka itp., zaopatrzonych w przewody i określanych jako gruczoły o wydzielaniu zewnętrznym.

Odkrycie funkcyj gruczołów dokrewnych było w dziejach fizjologii i medycyny bez wątpienia jedną z największych zdobyczy, a zarazem wielkim wstrząsem, zmieniającym — niekiedy do gruntu — dotychczasowe poglądy. Roztoczyło ono zgoła nowe horyzonty, nowe perspektywy przed nauką o człowieku i jego ustroju, pozwoliło wniknąć głęboko w tajniki organizmu ludzkiego.

Okazało się, że od niewidocznej pracy tych gruczołów w zakamarkach naszego ciała zależy nie tylko życie nasze i zdrowie, ale w dużym stopniu i nasz wygląd zewnętrzny, nasz charakter i nasze usposobienie. Gruczoły dokrewne decydują właśnie o tym, czy człowiek będzie piękny czy brzydki, mądry czy głupi, żywotny czy apatyczny, pogodny czy melancholijny — o tym jak ukształtuje się życie danego osobnika.

Soki wydzielane przez gruczoły dokrewne krew roznosi po ca-

łym organizmie; zaś istotne, czynne składniki tych wydzielin gruczołowych — słusznie nazwane h o r m o n a m i (od greckiego słowa „hormao" — poruszam, pobudzam) — kierują rozwojem i pracą naszego organizmu. Niektóre z nich posiadają moc działania tak wielką, że wystarczy znikoma, nieuchwytna niemal ich ilość, by zmienić zupełnie konstytucję, zarówno fizyczną jak psychiczną, danego osobnika. Przenikając wraz z krwią do najdalszych zakątków ciała, hormony oddziaływują odpowiednio na wszystkie jego narządy. Krążeniu tych soków zawdzięczamy zgodną współpracę wszystkich organów w kierunku pożądanym dla zdrowia i rozwoju całości organizmu.

Dotąd udało się nauce poznać, w mniejszym lub większym stopniu, siedem właściwych gruczołów dokrewnych: tarczycę, gruczoły przytarczyczne i grasicę w okolicy szyi, przysadkę mózgową i szyszynkę w czaszce, nadnercza w jamie brzusznej. Gruczołami natomiast wydzielania zewnętrznego i wewnętrznego, a więc pełniącymi obie funkcje, są gruczoły płciowe i trzustka.

GRUCZOŁ TARCZOWY

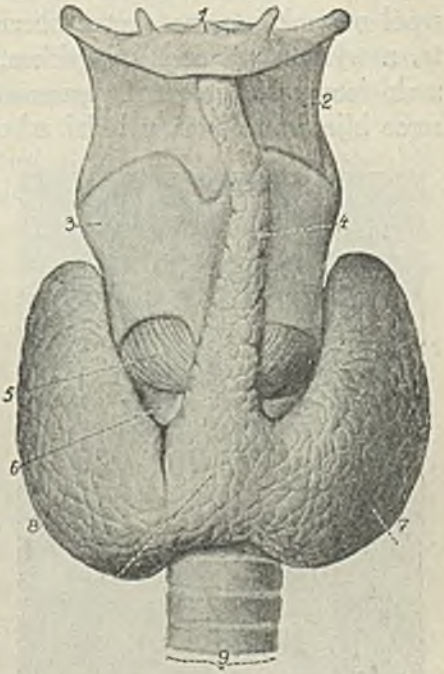
Jednym z najważniejszych i najlepiej zbadanych gruczołów dokrewnych jest t a r c z y c a. Gruczoł ten, mieszczący się w szyi, nieco poniżej chrząstki tarczowatej krtani, czyli jabłka adamowego, składa się na ogół z dwóch — w zasadzie równej wielkości — płatów, połączonych ze sobą niby mostem przewężeniem tkanki gruczołowej. Czasem zdarza się, że jeden z płatów jest większy, bywa też, że tarczyca składa się z jednego tylko płatu; znane są także tarczyce bez przewężenia.

Tarczyca jest obficie zaopatrzona w naczynia krwionośne. Z czterech stron dobiegają do niej arterie, dwie od góry i dwie od dołu. Gruczoł tarczowy jest najbardziej ukrwionym narządem ciała. Obliczono nawet, że cały zasób krwi ludzkiej przepływa przezeń szesnaście razy w ciągu jednej doby.

Jeśli się przyjrzymy tarczycy pod mikroskopem, przekonamy się, że w tkance jej tworzą się niejako wydrążenia, wypełnione osobliwą, galaretowatą masą. Masa ta — to właśnie produkowana przez komórki tarczycy wydzielina, zawierająca hormon tarczycy. Udało się również poznać skład chemiczny tej masy. Jak się okazało, najbardziej aktywnym czynnikiem wyciągów z tarczycy jest t. zw. t y r o k s y n a, zawierająca stosunkowo dużo jodu. Obficie przepływająca przez tarczycę krew roznosi jej hormon po całym organizmie, doprowadza go do wszystkich narządów ludzkiego ciała, umożliwiając mu w ten

sposób spełnianie wyznaczonej mu przez naturę funkcji. A funkcja to zgoła niepoślednia. Hormon tarczycy, a przede wszystkim zapewne zawarta w nim tyroksyna wpływa pobudzająco na wszystkie czynności organizmu ludzkiego, zarówno fizyczne jak psychiczne, zwłaszcza zaś na przemianę materii; najdrobniejsze zaś zaburzenia w funkcjonowaniu tego gruczołu dokrewnego prowadzą do poważnych wstrząsów w zdrowiu człowieka, powodują ciężkie stany chorobowe, nie zawsze łatwe do wyleczenia.

Gruczoł tarczowy



KRTAŃ WRAZ Z KOŚCIĄ GNYKOWĄ, CZĘŚCIĄ TCHAWICY I TARCZYCĄ. Tarczyca składa się z trzech płatów — dwóch bocznych i jednego środkowego, zwanego piramidalnym. 1. Kość gnykowa, 2. Błona gnykowo - tarczowa. 3. Chrząstka tarczowata. 4. Płat środkowy czyli piramidalny. 5. Mięsień tarczowo-pierścieniowy. 6. Chrząstka pierścieniowata. 7. Płat lewy tarczycy. 8. Płat prawy tarczycy. 9. Tchawica.

Jaką drogą doszła nauka do poznania roli i znaczenia tego ważnego narządu?

Jak zwykle, zaczęto od doświadczeń na zwierzętach. Gdy usuwano tarczycę wyższym zwierzętom, np. psom, zaobserwowano u nich wyraźne objawy chorobowe. Zwierzęta stawały się jakieś otępiałe, apatyczne, osowiałe, a ciało ich obrzękłe; marniały coraz bardziej, aż wreszcie zdychały z ogólnego wyczerpania. Jednocześnie w szpitalach i klinikach dokonywano prób leczenia chorych z zaburzeniami gruczołu tarczowego, t. zw. wolem. Szczególnie często wykonywano próby chirurgicznego usuwania wola, które nie jest niczym innym, jak chorobliwie obrzmiałą i zwyrodniałą tarczycą. Zrazu wyniki operacji były katastrofalne. Wielu pacjentów poumierało wkrótce po zabiegu w straszliwych drgawkach, inni uchodzili wprawdzie z życiem, zapadali jednak w ciężkie stany chorobowe o objawach zupełnie analogicznych do tych, jakie następowały po usunięciu tarczycy u zwierząt. Choroba, która rozwijała się u operowanych, nosi nazwę o b r z ę k u ś l u z a k o w a t e g o albo m y x o e d e m y. Usunięcie tarczycy nie jest zresztą jedyną tej choroby

przyczyną — bywa ona niekiedy przyrodzona, czasem zapadają na nią dzieci, czasem zaś dorośli. W każdym razie powoduje ją brak tarczycy lub niedostateczne wydzielanie przez nią hormonu. U dzieci chorych na obrzęk śluzakowaty następuje zahamowanie wzrostu. Wskutek pęcznienia i wyrodnienia podskórnej tkanki łącznej skóra ich staje się obrzękła (stąd nazwa choroby); oczy mają one wciąż na wpół przymknięte, na skutek obrzmienia powiek, usta szeroko rozwarte, z wysuniętym często językiem. Działalność całego organizmu jest mało intensywna: ogólna przemiana materii zmniejsza się wybitnie, serce bije wolniej niż u ludzi zdrowych, temperatura ciała obniża się, narządy trawienia pracują leniwie. Pod względem umysłowym dzieci takie rozwijają się słabo. Z wiekiem, wobec braku naturalnego rozwoju, wady się pogłębiają i dzieci stają się kretynami, niezdolnymi do wykonywania trudniejszej pracy i zadań.

KOBIETA—KRETYNKA. (Tysiące takich spotyka się w krajach alpejskich).

U człowieka dorosłego obrzęk śluzakowaty nie wpływa, oczywiście, na wzrost, wszystkie pozostałe jednak objawy są takie same jak u dzieci. Również pojawia się chorobliwa otyłość, obrzęk twarzy i ciała, rozstrój wyższych czynności psychicznych. Chory przestaje interesować się otaczającym go światem, pamięć jego słabnie, inteligencja zanika.

Nie wszyscy jednak chorzy, którym drogą operacji usunięto tarczycę, zdradzali opisane wyżej objawy chorobowe. Niektórzy wręcz przeciwnie — czuli się po operacji znakomicie. Zrazu nie umiano sobie tego wytłumaczyć; wreszcie okazało się, że w przypadkach, kiedy operowani nie doznawali fatalnych następstw tego zabiegu, tarczyca nie została usunięta całkowicie, jakaś jej cząstka pozostała. Znów więc podjęto doświadczenia na zwierzętach, tym razem wycinając im tylko część tarczycy. I te eksperymenty potwierdziły wyniki doświad-

czeń, uzyskane przy dokonywaniu operacyj na ludziach: jeżeli nie usuwa się tarczycy całkowicie, wszystkie szkodliwe następstwa zabiegu zostają zażegnane. Teraz więc już nie wycinają chirurdzy chorym całej tarczycy, lecz zawsze pozostawiają taką jej część, która zapobiega rozwijaniu się obrzęku śluzakowatego lub kretynizmu.

Podczas gdy obrzęk śluzakowaty i kretynizm są skutkiem usunięcia tarczycy, organicznego zaniku jej lub niedostatecznego wydzielania przez nią hormonu, wzmożona jej czynność, nadmierne wydzielanie przez nią hormonu powoduje t. zw. chorobę Basedowa. Zewnętrznym, narzucającym się naszej uwadze objawem tej choroby jest t. zw. wytrzeszcz oczu, choremu oczy zdają się z orbit wychodzić. Istotnymi, poważnymi a zarazem szkodliwymi objawami choroby Basedowa są: wzmożona przemiana materii, zwiększona pobudliwość nerwowa, ujawniająca się w nadto żywych ruchach i odruchach, zwiększona pobudliwość psychiczna, znacznie przyśpieszone tętno, zwiększone ciśnienie krwi, chudnięcie oraz wilgotna i porowata skóra. Jak widzimy, choroba Basedowa jest zupełnym przeciwieństwem obrzęku śluzakowatego.

Zdawałoby się, że skoro obrzęk śluzakowaty i kretynizm są skutkiem niedostatecznego funkcjonowania gruczołu tarczowego, choroba Basedowa zaś następstwem wzmożonej jego działalności, to w pierwszym przypadku tarczyca powinnaby być mała, w drugim natomiast powiększona. Tymczasem pozornie rzeczywistość przeczy temu zgoła logicznemu przypuszczeniu. Wiadomo bowiem, że kretynizm, a więc zjawisko będące wynikiem niedostatecznego zasilania organizmu przez hormon tarczycy, nader często idzie w parze z tworzeniem się wola i przeciwnie, cierpiący na chorobę Basedowa w bardzo licznych wypadkach nie mają wcale lub prawie wcale powiększonego gruczołu tarczowego. Chodzi o to, że tworzenie się wola czyli pęcznienie tarczycy nie jest związane z wzmożonym wydzielaniem przez nią hormonu. Przeciwnie, badania mikroskopowe wola wykazały, że spęczniała tkanka gruczołowa przeważnie nie jest zdolna do wydajnego produkowania hormonu, komórki jej bowiem są uszkodzone, zwyrodniałe.

Hormon tarczycy wpływa, jak już wiemy, pobudzająco na przemianę materii, przyśpiesza ogół procesów w organizmie. Najpiękniejszym tego dowodem są doświadczenia na kijankach.

Wiadomo, że jajo żabie rozwija się w kijankę, która z kolei, tracąc ogonek i skrzela i rozwijając w sobie płuca, przekształca się w żabę. Gdy odżywiano kijanki tarczycą, przeobrażały się one w żaby po znacznie krótszym przeciągu czasu, niż to się normalnie dzieje. Po-

wstałe w ten sposób żaby były drobne, niewyrośnięte. Przeciwnie działają wyciągi z grasicy: w tym przypadku kijanki nie rozwijają się w tempie przyśpieszonym, ale za to uzyskują olbrzymie rozmiary i wagę ciała.

Tak więc badając różne choroby, związane z nadmierną lub niedostateczną działalnością tarczycy, jak również skutki usunięcia tarczycy u ludzi i zwierząt, zdołała nauka stwierdzić, że normalne działanie hormonu tarczycy pobudza działalność układu nerwowego, serca, wpływa dodatnio na przemianę materii, wzrost i ogólny rozwój organizmu*).

GRUCZOŁY PRZYTARCZYCZNE

Mówiąc o pierwszych operacjach mających na celu usunięcie tarczycy, wspomnieliśmy o licznych wypadkach śmierci wśród drgawek. Przyczyna tych zagadkowych drgawek przez długi czas pozostawała niewyjaśniona, tym bardziej, że występowały one nie po każdej operacji. Światło na tę tajemniczą sprawę rzuciło odkrycie przez Gleya gruczołów przytarczycznych, jako odrębnych organów. Umieszczone są one parami po bokach tarczycy i niemal do niej przylegają, a niekiedy nawet w nią wrastają. Jest ich ogółem cztery, po dwa z każdej strony. Są żółtawe, wielkości ziarnka prosa lub drobnych ziarn grochu. Zresztą liczba ich, rozmiar i rozmieszczenie nie są stałe. Znaczenie tych gruczołów po dziś dzień nie jest jeszcze dokładnie wyjaśnione. Wiadomo tylko, że to one właśnie, a raczej usunięcie ich wraz z tarczycą powodowało drgawki i śmierć chorych po operacji. Uczeni, biorąc pod uwagę, że usunięcie tych gruczołów powoduje niekiedy również i zaburzenia w kształtowaniu kości oraz zębów, stwierdzili, że regulują one przemianę wapnia w organizmie, jak również unieszkodliwiają pewne produkty rozkładu białka. Udowodniono, że po usunięciu gruczołów przytarczycznych zawartość soli wapiennych w organizmie wybitnie się zmniejsza. Istnieją także dowody, że t. zw. tężyczka dziecinna jest skutkiem wadliwego działania przytarczycy. W każdym razie obecność gruczołów przytarczycznych jest nieodzownym warunkiem życia.

GRASICA

W górnej części klatki piersiowej, tuż za górnym końcem mostka, znajduje się gruczoł dokrewny, zwany grasicą. U dziecka

*) Artykuł ten jest jedynie ogólnym wprowadzeniem w zagadnienie hormonów, bliższe omówienie roli gruczołów dokrewnych znajdzie czytelnik w jednym z dalszych tomów, w artykule o schorzeniach gruczołów dokrewnych.

w pierwszych latach życia jest grasica dobrze rozwinięta i rozwija się dalej jeszcze do okresu dojrzewania płciowego. Później, w miarę dojrzewania gruczołów płciowych, zaczyna ona zanikać i w końcu wyrodnieje. Znaczenie tego gruczołu przez długi czas było osłonięte tajemnicą, aż wreszcie przeprowadzone przez kilku uczonych doświadczenia pozwoliły wysnuć pewne wnioski co do jego roli.

Otóż wspominaliśmy już, że karmienie kijanek tarczycą przyśpieszało ich przemianę w żaby. Natomiast gdy próbowano odżywiać kijanki grasicą, metamorfoza przebiegała znacznie wolniej, a za to powstawały kijanki olbrzymki. Grasica wpływa więc dodatnio na wzrost organizmu, a zarazem opóźnia dojrzewanie.

Wynika z tego, że funkcje obu gruczołów — tarczycy i grasicy — są poniekąd przeciwstawne. Rzecz prosta, wyniki doświadczeń na zwierzętach należy bardzo ogłędnie przenosić na ludzi. Nie ulega jednak wątpliwości, że podobny wpływ wywiera grasica na rozwój organizmu ludzkiego. Stwierdzono, że istnieje współdziałanie pomiędzy tarczycą a gruczołami płciowymi, zaś antagonizm pomiędzy gruczołami płciowymi a grasicą. Otóż u niedojrzałego płciowo dziecka działanie tarczycy jeszcze nie zachodzi lub przynajmniej nie przejawia się. Dzieje się tak dlatego, że grasica, która, jak już powiedzieliśmy, funkcjonuje do okresu dojrzałości płciowej, później zaś zanika, jest właśnie tym gruczołem, który aż do czasu trzyma tarczycę w szachu, oddziaływując hamująco na rozwój płciowy dziecka. Poza tym stwierdzono, że grasica wpływa na wzrost i rozwój kości.

NADNERCZA I TRZUSTKA

Para dalszych gruczołów dokrewnych, n a d n e r c z a, nasadzona jest na nerki niby dwa małe kapelusiki. Zresztą to położenie nadnerczy jest czysto przypadkowe, nie ma bowiem pomiędzy nimi a nerkami żadnej współzależności funkcjonalnej. Działalność nerek nie doznaje wyraźnego uszczerbku, gdy się nadnercza zwierzętom usuwa, by przeszczepić je w jakiekolwiek inne miejsce w jamie brzusznej.

Nadnercza są nieodzownym dla życia organizmu narządem. Usunięcie obydwu nadnerczy powoduje nieuchronnie śmierć, chyba że organizm — co się niekiedy zdarza — posiada jeszcze dodatkowe nadnercza. Natomiast usunięcie jednego nadnercza nie powoduje w organizmie wyraźnie dostrzegalnych zmian.

Jeśli się przyjrzymy nadnerczom przez mikroskop, przekonamy się, iż składają się one z dwóch wyraźnie odcinających się części: z części k o r o w e j oraz części r d z e n n e j. Część korowa jest

żółtawa, zawiera bowiem pewne ciała tłuszczowate, które jej tę barwę nadają. Rdzeń natomiast jest szary. Tkanka części rdzennej jest przy tym bardzo podobna do tkanki nerwowej, powstaje bowiem z tych samych elementów pierwotnych.

O trzustce była już mowa. Tutaj dodamy tylko, że pomiędzy komórkami gruczołowymi trzustki, wydzielającymi sok trzustkowy, znajdują się osobliwe grupy komórek, zwane wyspami Langerhansa. Komórki te funkcjonują wyłącznie jako organy wydzielania wewnętrznego. Wydzielanym przez nie hormonem jest t. zw. insulina. Natomiast substancja wydzielana przez rdzeń nadnerczy zwie się adrenaliną.

Jakie jest działanie na organizm tych dwóch hormonów?

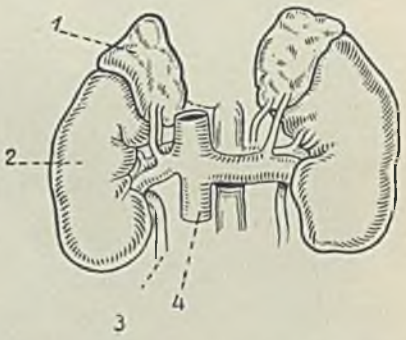
Rolę ich wyjaśniło przede wszystkim zbadanie przyczyn i przebiegu choroby cukrowej. Jak wiadomo, wątroba, to naczelne laboratorium ludzkiego ciała — pomiędzy innymi funkcjami — nagromadza w sobie cukier, pobierany przez krew z jelit. Normalnie krew nie zawiera w sobie więcej niż 0,1 % cukru gronowego, cały bowiem nadmiar wchłania wątroba, która znowu wydziela z siebie cukier stopniowo, zasilając nim stale krew, tak jednak, aby ilość zawartego we krwi cukru utrzymywała się na stałym poziomie (0,1%). Choroba cukrowa rozwija się wtedy, kiedy na skutek pewnych zaburzeń wątroba bądź nie wchłania nadmiaru cukru z krwi, bądź też wydziela do krwi nadmierne ilości cukru.

Otóż doświadczenie wykazało, że jeśli wstrzyknąć zwierzęciu lub człowiekowi hormon nadnercza — adrenalinę, wątroba jego zacznie wydzielać cukier. Podobny skutek wywołuje usunięcie zwierzęciu drogą operacyjną trzustki. Dowodzi to, że także działanie tych dwóch gruczołów — nadnerczy i trzustki — jest przeciwstawne: przez wprowadzenie do organizmu hormonu jednego z nich można osiągnąć to, co powoduje usunięcie drugiego.

Jak się więc okazuje, adrenalina jest tym czynnikiem, który powoduje wydzielanie cukru z wątroby, insulina zaś wydzielanie to hamuje, pobudzając wątrobę do nagromadzania cukru. Cukrzyca może być zatem spowodowana przez niedomogę trzustki, niedostateczne wydzielanie przez nią insuliny, prowadzące do nadmiernego oddawania przez wątrobę cukru do krwi. W takich wypadkach rozwijaniu się cukrzycy przeciwdziała wprowadzenie do organizmu insuliny z zewnątrz. Nie zawsze jednak jest insulina skutecznym na cukrzycę lekarstwem. Choroba ta może być bowiem spowodowana schorze-

niem samej wątroby, niemożnością wchłaniania i nagromadzania przez nią cukru.

Pobudzanie czynności wydzielania cukru nie wyczerpuje zgoła działalności nadnerczy, a hormon ich — adrenalina — ma jeszcze nierównie szerszy zakres zadań do spełnienia. Jak wykazały dalsze badania, adrenalina (nawiasem mówiąc, jest to pierwszy hormon, który udało się wyprodukować na drodze sztucznej, syntetycznej) jest jedną z najpotężniejszych substancji pobudzających wytwarzanych przez organizm ludzki. Na żabę działa już dawka 0,000001 miligrama. Przyśpiesza ona i wzmaga pracę serca, zwęża naczynia krwionośne, powodując tym samym wzrost ciśnienia krwi, rozluźnia muskulaturę przewodów oddechowych, a więc rozszerza je, zmniejsza znużalność mięśni szkieletowych — słowem, adrenalina wprowadza organizm w stan sprzyjający wykonywaniu pracy fizycznej. Rzecz niezmiernie ciekawa, że wzruszenia, szczególnie lękowe, powodują wzmożone wydzielanie adrenaliny przez nadnercza. Gdy człowiek doznaje wstrząsu pod wpływem nagłego niebezpieczeństwa, nadnercza natychmiast wysyłają do krwi spotęgowany ładunek adrenaliny, która pobudza jego siły i odporność, przysposabiając go do obrony czy też walki lub do ucieczki. Można zaryzykować twierdzenie, że adrenalina wsącza niejako w ludzi odwagę, zaś brak tego cennego hormonu jest bodaj właściwą przyczyną przerażenia obezwładniającego i tchórzostwa.



NERKI I NADNERCZA. 1. Nadnercze. 2. Nerki. 3. Moczowód. 4. Tętnica brzuszna.

Poważne skutki powodować też mogą zaburzenia w funkcjonowaniu kory nadnerczy — ich nadmierna lub niedostateczna działalność. Nauka nie wypowiedziała wprawdzie jeszcze w tej sprawie swego ostatniego słowa, wiadomo wszakże, że zniszczenie kory obu nadnerczy, przeważnie przez gruźlicę, powoduje t. zw. chorobę Addisona, dotąd trudno uleczalną i często kończącą się śmiercią. Chorobie tej towarzyszy osobliwe zbrunatnienie skóry, ogólne osłabienie mięśni, spadek ciśnienia krwi, zaburzenia w trawieniu.

Nadmierna natomiast czynność kory nadnerczy, zapewne dzięki współdziałaniu z przednim płatem przysadki, powoduje prawdopodobnie przedwczesny rozwój płciowy.

PRZYSADKA MÓZGOWA

Niezmiernie interesujące jest działanie t. zw. przysadki mózgowej. Gruczoł ten zwisa na stosunkowo cienkiej łodyżce, przy pomocy której przytwierdzony jest do spodniej strony międzymózgowia. Mieści się on w zagłębieniu kości klinowej, zwanym siodłem tureckim, w pobliżu miejsca, w którym krzyżują się nerwy wzrokowe.

Przysadka mózgowa nie jest organem jednolitym; składa się z dwóch odrębnych płatów — przedniego i tylnego, z których każ-

ZABURZENIA ROZWOJOWE WYWOŁYWANE ZMNIEJSZENIEM CZYNNOŚCI PRZYSADKI MÓZGOWEJ
(Z lewej strony każdej pary — osobniki zdrowe, z prawej — chore).

Wiek: 4 lata	7 lat	13 lat	15 lat	16 lat	17 lat
Wzrost: 93 cm	89,6 cm	145 cm	100 cm	152 cm	93 cm

dy wydziela do krwi inne hormony, różnie więc oddziaływa na organizm.

Stwierdzono, że płat przedni przysadki produkuje hormony wpływające na wzrost młodego organizmu, a zwłaszcza na rozrost kości. Usunięcie przysadki u zwierząt prowadzi do zahamowania ich wzrostu. Podobnie też u dzieci niedostateczne funkcjonowanie tego gruczołu wywołuje zmniejszenie szybkości wzrastania.

Któż nie widział — czy to na estradach teatrzyków, czy w cyrku, czy w Lunaparku — karzełków, człowieczków o wzroście dziecka, cienkim, dziecinnym głosiku, pozbawionych zarostu, a przecież dorosłych? Są to właśnie osobniki cierpiące na niedostateczną czynność przysadki mózgowej. Rzecz prosta, karłowatość jest przypadkiem krańcowym tej niedomogi. Zazwyczaj niedostateczne produkowanie hormonu przez przedni płat przysadki objawia się w niskim — niekoniecznie jednak lilipucim — wzroście, nadmiernej otyłości oraz braku zarostu. Niedostateczna działalność przysadki nie zawsze jest wrodzona; zdarza się, że gruczoł ten obniża produkcję hormonu również w wieku dojrzałym. Ciekawą np. obserwację poczyniono za czasów wielkiej wojny, mianowicie, że żołnierze, którym kula zniszczyła przysadkę mózgową, zaczynali nagle tyć chorobliwie.

NAJWYŻSZY CZŁOWIEK ŚWIATA. Jan van Albert *(wzrost ponad 9 stóp, a więc ponad 3 m)* z jednym z najmniejszych ludzi świata, ustawionym na jego ręce. Kobieta, stojąca obok, ma wzrost normalny.

Wzmożona czynność przedniego płatu przysadki powoduje zjawisko odwrotne. Dzieci zaczynają nadmiernie rosnąć, przeobrażając się niekiedy w olbrzymów, liczących 190—200 cm wzrostu. Znani są nawet olbrzymi, których wzrost sięgał 265 cm; (zdawałoby się, że siła takiego olbrzyma powinna być proporcjonalna do jego wzrostu, tymczasem ludzie ci są zazwyczaj bardzo słabi, o wiele słabsi od ludzi normalnego wzrostu).

U dorosłych, a więc pomiędzy 3 a 5 dziesiątkiem lat, nadmierna działalność przedniego płatu przysadki wywołuje nader poważną chorobę, t. zw. a k r o m e g a l i ę. Ludziom, którzy przedtem nie zdradzali żadnych chorobowych objawów, zaczynają nagle rosnąć nienormalnie poszczególne części ciała. Rozrastają się nieoczekiwanie ręce i stopy, powiększają się kości twarzy, zwłaszcza nos i dolna szczęka.

Język osiąga często takie rozmiary, że nie mieści się w ustach. Zjawiskom tym towarzyszy też niekiedy szereg zaburzeń wewnętrznych, np. zanik potencji płciowej.

Zaobserwowano także, że u kobiet w okresie ciąży przedni płat przysadki rozrasta się znacznie. Tym właśnie tłumaczą się występujące często podczas ciąży lekkie objawy akromegalii. Jak wiadomo bowiem, brzemiennym kobietom grubieją zazwyczaj rysy twarzy i powiększają się ręce. Po porodzie objawy te ustępują, w przysadce jednak na zawsze już pozostają pewne zmiany, pewne spęcznienia komórek, po których poznać można, czy dana kobieta była kiedyś w ciąży. Podczas ciąży przysadka w dużych ilościach wytwarza również i wydziela do krwi, a z krwi do moczu — inne jeszcze hormony (prolany A i B). Okoliczność ta posłużyła za punkt wyjścia dla jednej z metod wczesnego rozpoznawania ciąży.

O hormonie tylnego płatu przysadki wiemy na razie tyle tylko, że wzmaga ciśnienie krwi oraz oddziaływa hamująco na wydalanie moczu, które hormon przedniego płatu, przeciwnie, ułatwia.

Poza tym stwierdzono, że pozostaje on w ścisłym związku z gruczołami płciowymi i za ich pośrednictwem wywiera doniosły wpływ na przemianę materii. Często zdarza się, że samobójcy, którzy usiłują pozbawić się życia strzelając sobie w głowę, mierzą nieraz źle i kula nie przebija mózgu, lecz prześlizguje się wzdłuż jego powierzchni, zrywając niekiedy przysadkę lub też uszkadzając tylko jeden z jej płatów, przedni albo tylny. Dzięki takim przypadkom właśnie zdołano wykryć związek między tylnym płatem przysadki a gruczołami płciowymi. Pewien niedoszły samobójca po powrocie do zdrowia uległ osobliwej przemianie: jego narządy płciowe zmalały, a popęd i potencja znikły całkowicie. Osobnik ten stał się otyły, ospały, gnuśny i apatyczny. W kilku przypadkach zaniku tylnego płatu przysadki zaobserwowano rzadkie zjawisko t. zw. inwersji: mężczyźnie zanika zarost, piersi jego zaś zaokrąglają się jak u kobiety. U kobiet natomiast piersi stają się płaskie, a nad wargami pojawia się wąsik.

Hormon tylnego płatu przysadki mózgowej posiada jeszcze jedną doniosłą właściwość: oddziaływa pobudzająco na macicę rodzącej kobiety. Gdy opóźniają się zbytnio bóle porodowe, związane ze skurczami macicy, bez których niemożliwy jest normalny poród, wstrzykuje się położnicy preparat hormonalny tylnego płatu przysadki, t. zw. hipofyzynę; minimalna dawka wystarczy, by wzmocnić skurcze macicy, przyśpieszyć poród i uratować zagrożone życie matki i dziecka. Nie bez racji też zachwalał jeden z uczonych hipo-

fyzynę pozwalającą uniknąć porodu kleszczowego, nazywając ją „kleszczami przyszłości".

SZYSZYNKA

Dość tajemniczo przedstawia się działalność jeszcze jednego gruczołu dokrewnego, mieszczącego się w mózgu, t. zw. szyszynki. Gruczoł ten, wielkości ziarnka pszenicy, leży w głębokiej szczelinie pomiędzy mózgiem a móżdżkiem, nad śródmózgowiem. Rozwija się on zazwyczaj aż do siódmego roku życia, potem zaczyna zanikać, przemieniając się w tkankę łączną. Z tego właśnie, jak również z faktu, że uszkodzenie szyszynki idzie często w parze z przedwczesnym rozwojem płciowym, a także umysłowym, można wnosić, iż szyszynka wydziela hormon opóźniający dojrzewanie płciowe. Przypuszczenie to potwierdza zresztą eksperyment z młodziutkimi kogutkami, które wkrótce po usunięciu im szyszynki dojrzewają płciowo: wyrastają im grzebienie, zaczynają piać niczym dojrzałe koguty i napastować kury, podczas gdy inne, z nietkniętą szyszynką, niczym nie zdradzają swych „męskich" instynktów. Zatem niedostatecznej działalności szyszynki przypisać należy przypadki, kiedy to np. 6 — 7-letnie dzieci cechuje rozwój płciowy odpowiadający wiekowi lat 16—17.

Stwierdzono też, że przy schorzeniu szyszynki nawet narządy płciowe zewnętrzne nadmiernie się rozrastają. Z drugiej strony u samców wytrzebionych szyszynka ulega zanikowi. Mielibyśmy więc tu przykład wzajemnego wspomagania się jąder, względnie jajników i szyszynki.

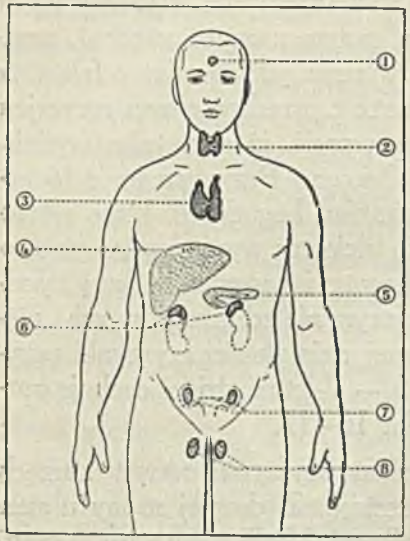
GRUCZOŁY PŁCIOWE

Gruczoły płciowe, podobnie jak trzustka, jednoczą w sobie właściwości gruczołów wydzielania zewnętrznego i wewnętrznego. Nie podobna jednak wśród tworzących je komórek ostatecznie wyróżnić oddzielnych grup, będących źródłem wydzielania wewnętrznego i służących wyłącznie wydzielaniu zewnętrznemu. Niektórzy uczeni przypuszczają, że funkcję wydzielania hormonów spełniają w gruczołach płciowych t. zw. komórki śródmiąższowe.

Hormony produkowane przez gruczoły płciowe odgrywają w życiu organizmu ludzkiego rolę niezwykle doniosłą. Świadczą o tym najlepiej zmiany zachodzące w człowieku w wypadku zaniku, utraty lub usunięcia gruczołów płciowych.

Z dawien dawna wiadomo, że usunięcie męskich gruczołów płciowych — jąder — t. zw. wytrzebienie lub kastracja po-

woduje przede wszystkim zanik charakterystycznych dla płci męskiej cech — t. zw. drugorzędnych (wtórnych) znamion płciowych, szczególnie jeżeli wytrzebienie odbyło się wcześnie, przed ostatecznym ukształtowaniem się ciała. Kastraci nie posiadają zarostu, głos ich jest wysoki i dźwięczny jak głos kobiecy. Nawiasem warto tu wspomnieć, że tę ostatnią okoliczność wykorzystywano w dawnych czasach dla celów muzycznych, tworząc chóry ze specjalnie w tym celu kastrowanych chłopców. Takim słynnym na cały świat chórem był np. chór wytrzebionych chłopców w kaplicy Sykstyńskiej w Rzymie. Usunięcie gruczołów płciowych niedojrzałym chłopcom sprawia, że drugorzędne znamiona płciowe w ogóle się u nich nie pojawiają.



ROZMIESZCZENIE GRUCZOŁÓW WYDZIELANIA WEWNĘTRZNEGO.
1. Przysadka mózgowa. 2. Tarczyca. 3. Grasica. 4. Wątroba. 5. Trzustka. 6. Nadnercza. 7. Jajniki. 8. Jądra.

Nie mniejszy wpływ wywiera usunięcie jąder na dyspozycje psychiczne oraz na czynności układu nerwowego. Kastraci są apatyczni, leniwi, cechuje ich oschłość charakteru i egoizm.

Podobnie zanikają drugorzędne znamiona płciowe kobiety, jeśli jej usunąć jajniki. Dziewczyna, pozbawiona gruczołów płciowych przed dojściem do okresu dojrzałości płciowej, rozwija się w „męską" kobietę, podobnie jak chłopiec w analogicznych okolicznościach rozwija się w „kobiecego" mężczyznę. „Męską" kobietę cechują: wąska, mała miednica, płaskie niemal jak u mężczyzny piersi, niedorozwinięte gruczoły mleczne, niski głos, kanciastość ciała, które na całe życie zachowuje dziecięce stadium rozwojowe. Usunięcie jajników prowadzi zresztą nie tylko do zaniku drugorzędnych znamion płciowych, ale i do ogólnego osłabienia działalności organizmu, a przede wszystkim wyciska piętno na kształtowaniu się „duszy". Interesujące doświadczenia z usuwaniem i przeszczepianiem gruczołów płciowych przeprowadzono na zwierzętach. Wykazały one, że można zwierzętom dowolnie „zmieniać płeć" — z kury uczynić koguta i odwrotnie, z koguta — kurę. Już samo usunięcie kurze jajników sprawia, że traci ona

drugorzędne cechy płciowe samicze. Powiększa się jej nieco grzebień, przybywają jej dodatkowe piórka i niewielkie ostrogi. Gdy na dodatek kurze takiej po usunięciu jajników przeszczepić jeszcze gruczoły płciowe samca, grzebień rozrasta się i osiąga wymiary takie, jak u koguta, pojawia się charakterystyczne upierzenie kogucie, całe jej zachowanie staje się wybitnie „męskie". Swą zaczepnością i kłótliwością nie różni się ona zupełnie od prawdziwego koguta.

Podobnie przeszczepienie samcowi świnki morskiej jajnika samicy nadaje mu drugorzędne znamiona płci odmiennej.

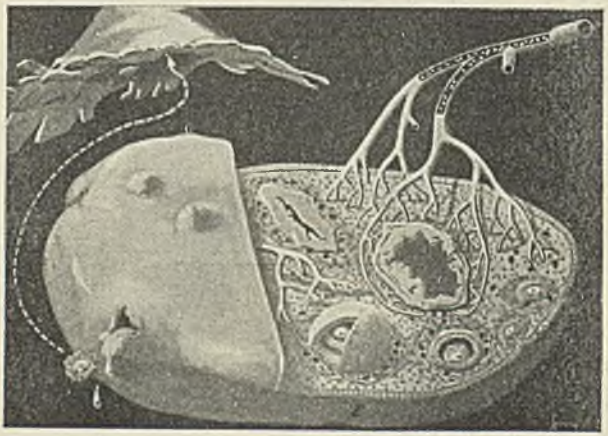
Jego sutki np. upodabniają się do sutków karmiącej samicy, a nawet mogą wydzielać mleko. Zachowanie jego, jego instynkty istotnie się zmieniają: normalny samiec unika, bez mała brzydzi się małych świnek, samiec z przeszczepionymi jajnikami czule opiekuje się małymi, próbuje je karmić i pieścić.

Wiadomo również, że trzebienie trzody chlewnej, bydła i drobiu sprzyja wytwarzaniu się wielkich ilości tłuszczu, dlatego też zwierzęta hodowane dla celów konsumpcyjnych są zazwyczaj pozbawiane gruczołów płciowych.

Działanie hormonów płciowych. Zastrzyknięcie męskich hormonów płciowych przywraca wytrzebionym kogutom utracone na skutek kastracji charakterystyczne znamiona płciowe — grzebień i dzwonki. Górny kogut — normalny, dolny — wytrzebiony, środkowy — kastrat z odzyskanymi pod wpływem zastrzykniętych hormonów zewnętrznymi cechami płciowymi. *(Wg Venzmera „Deine Hormone—dein Schicksal").*

Na początku tego rozdziału wspominaliśmy o eksperymencie starego Brown-Séquarda, który poczuł się odmłodzony po wstrzyknięciu sobie wyciągu z jąder. Podobnego typu doświadczenia podjęli w latach powojennych Steinach i Woronow. Zaobserwowanie wpływu, jaki wywiera na zwierzęta przeszczepienie gruczołów płciowych, nasunęło tym uczonym przypuszczenie, że przeszczepienie np. starszemu mężczyźnie jąder młodej małpy-samca powinno wpłynąć odmładzają-

co na cały jego organizm. Rzeczywiście, dokonywane przez nich operacje dawały wyniki dodatnie. Efekt ich jednak nie był długotrwały. Już po paru miesiącach odmłodzeni pacjenci ponownie zaczynali się starzeć. Jest bowiem rzeczą mało prawdopodobną, aby proces starzenia się był uzależniony wyłącznie od funkcjonowania gruczołów płciowych. Najpewniej wchodzi tu w grę cały splot różnorakich czyn-



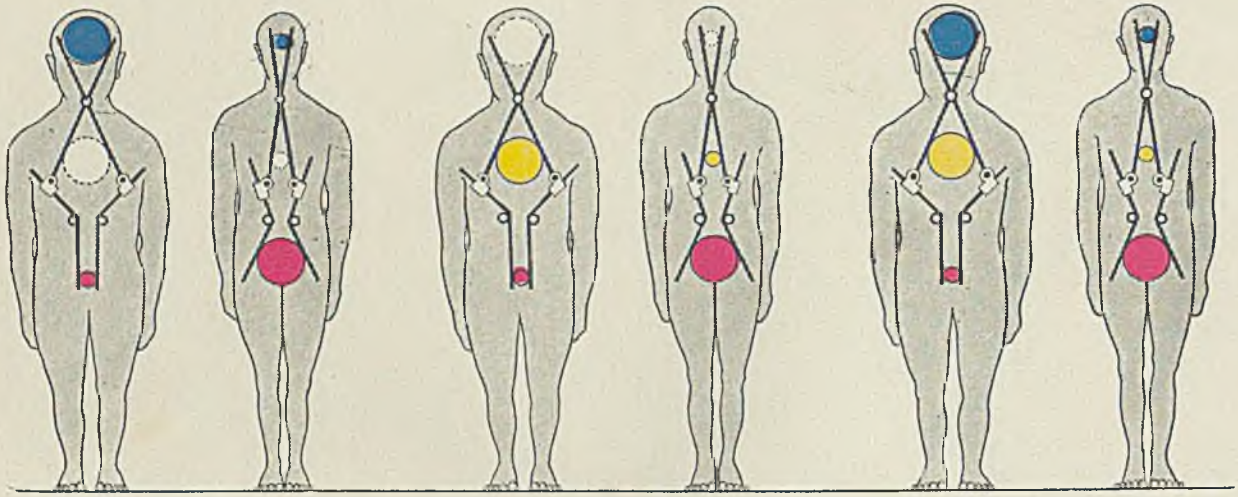
ŻEŃSKI GRUCZOŁ PŁCIOWY JAKO GRUCZOŁ WYDZIELANIA ZEWNĘTRZNEGO I WEWNĘTRZNEGO. Z lewej strony wskazana jest droga, jaką odbywa jajo do jajowodu po pęknięciu pęcherzyka jajowego. (Jak widzimy, jajo wydobywa się z jajnika na zewnątrz przez otwór wytworzony w tkance okrywającej jajnik). Z prawej strony — przekrój jajnika: widać pęcherzyki jajowe (Graafa) w różnych stopniach rozwoju i liczne naczynia krwionośne oplatające ciałko żółte (które wytworzyło się z pęcherzyka Graafa po wydaleniu jaja). Ciałko żółte oraz komórki śródmiąższowe wydzielają hormony bezpośrednio do naczyń krwionośnych. *(Wg Venzmera „Deine Hormone — dein Schicksal").*

ników, a poza tym przeszczepione jądra stosunkowo szybko ulegają resorbcji czyli wessaniu.

Jak widzimy, gruczoły dokrewne za pośrednictwem wydzielanych przez się hormonów regulują wszystkie najbardziej istotne czynności organizmu ludzkiego, przyśpieszając i wzmagając lub osłabiając i opóźniając procesy zachodzące w narządach naszego ciała. One to wywierają wpływ decydujący na wzrost człowieka, jego rozwój płciowy, pobudliwość jego układu nerwowego, zachodzącą w organizmie ludzkim przemianę materii, a nawet na życie psychiczne. Bez niektórych spośród tych gruczołów, np, przytarczyc, nadnerczy, życie ludzkie jest w ogóle niemożliwe. Usunięcie innych powoduje znów

TABLICA 4

STOSUNEK WZAJEMNY MIĘDZY SZYSZYNKĄ, GRUCZOŁAMI PŁCIOWYMI I GRASICĄ
(Szyszynka — niebieska, grucz. płciowe — czerwone, grasica — żółta)



I. Stosunek wzajemny między szyszynką a gruczołami płciowymi:

a) Dzieciństwo: jak długo szyszynka pozostaje duża, gruczoły płciowe są małe.

b) Okres dojrzałości: szyszynka zmalała, gruczoły płciowe powiększyły się.

II. Stosunek wzajemny między gruczołami płciowymi i grasicą:

a) Dzieciństwo: jak długo gruczoły płciowe pozostają małe, grasica jest duża.

b) Okres dojrzałości: gruczoły płciowe powiększyły się, grasica zmalała.

III. Stosunek wzajemny między szyszynką, gruczołami płciowymi i grasicą:

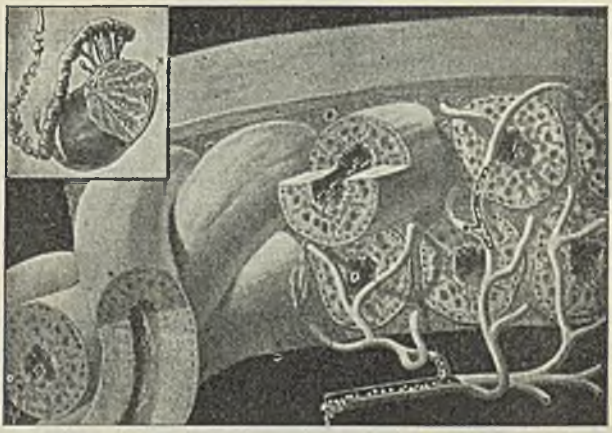
a) Dzieciństwo: jak długo szyszynka pozostaje duża, gruczoły płciowe są małe; póki gruczoły płciowe są małe, grasica jest duża.

b) Okres dojrzałości: szyszynka zmniejszyła się, powiększyły się gruczoły płciowe, w związku z powiększeniem gruczołów płciowych zmniejszyła się grasica.

W trójsystemie: szyszynka — gruczoły płciowe — grasica, szyszynka i grasica ulegają zmianom równolegle, podczas gdy gruczoły płciowe zachowują się wobec nich przeciwstawnie. Szyszynka i grasica są gruczołami dzieciństwa, w przeciwieństwie do gruczołów płciowych, gruczołów dojrzałości.

w organizmie człowieka głębokie zmiany, ciężkie niedomogi, a nawet groźne objawy chorobowe.

Gruczoły dokrewne przypominają poniekąd mechanizm zegara. Podobnie jak w zegarze jedno kółko zazębia się o drugie, tak i tutaj jeden gruczoł jest zależny od drugiego; funkcje wszystkich są ściśle ze sobą powiązane. Powołaniem jednych hormonów jest nadawanie rozpędu procesom życiowym, innym przypada w udziale rola hamul-



JĄDRO MĘSKIE JAKO GRUCZOŁ WYDZIELANIA ZEWNĘTRZNEGO I WEWNĘTRZNEGO. W lewej części ryciny widać kanaliki nasienne, które łącząc się ze sobą tworzą nasieniowód (górna lewa część ryciny), stanowiący przewód wyprowadzający gruczołu. Na prawo prócz tego widzimy część wewnątrzwydzielniczą gruczołu. Tworzy ją tkanka śródmiąższowa znajdująca się między kanalikami. Produkty tej części gruczołu męskiego (hormony płciowe) wydzielane są bezpośrednio do naczyń krwionośnych (jedno z naczyń, częściowo nadcięte, widać w prawej dolnej części ryciny). *(Wg Venzmera „Deine Hormone — dein Schicksal").*

ców. Dopełniając się i równoważąc wzajemnie gruczoły dokrewne wpływają na harmonijny rozwój organizmu i sprawność działania jego narządów. Najdrobniejsze natomiast odchylenia, najmniejsze zaburzenia w układzie wydzielania wewnętrznego, zachwianie niezbędnej tego układu równowagi prowadzą do groźnych następstw, odbijających się zarówno na zdrowiu fizycznym, jak i psychicznym człowieka.

Na zakończenie należy zaznaczyć, że nauka o gruczołach znajduje się jeszcze w początkowym stadium rozwoju (liczy bowiem zaledwie kilkadziesiąt lat), medycyna rokuje jej jednak świetną przyszłość.

UKŁAD NERWOWY

Zbliżamy się do kresu naszej wędrówki po zakamarkach ciała ludzkiego. Poszczególne etapy tej wędrówki pozwoliły nam poznać budowę i działanie rozlicznych mechanizmów skomplikowanej machiny, jaką jest nasz organizm. Nie odsłoniła się jednak jeszcze przed nami sprężyna najważniejsza, która nimi wszystkimi kieruje, pobudza je do pracy, pracę ich uzgadnia, koordynuje, sprawia, że organizm nasz funkcjonuje właśnie jako jednolity organizm, a nie jako chaotyczny zlepek poszczególnych narządów.

Na straży doskonałego ładu panującego w naszym organizmie stoi układ nerwowy. Jemu przypada w udziale rola regulująca i kierownicza. Układ nerwowy wpływa na wszystkie czynności naszego organizmu: powoduje skurcze i rozkurcze mięśni, ruchy serca i płuc, zabezpiecza sprawną, harmonijną współpracę wszystkich narządów naszego ciała. A co najważniejsze — dzięki narządom zmysłowym i połączonym z nimi nerwom i stacjom centralnym układu nerwowego odbiera człowiek wrażenia ze świata otaczającego i na nie reaguje. Z czynnościami nerwów, ściślej — głównego ich ośrodka — mózgu związane jest bezpośrednio nasze życie psychiczne.

UKŁAD NERWOWY OBWODOWY

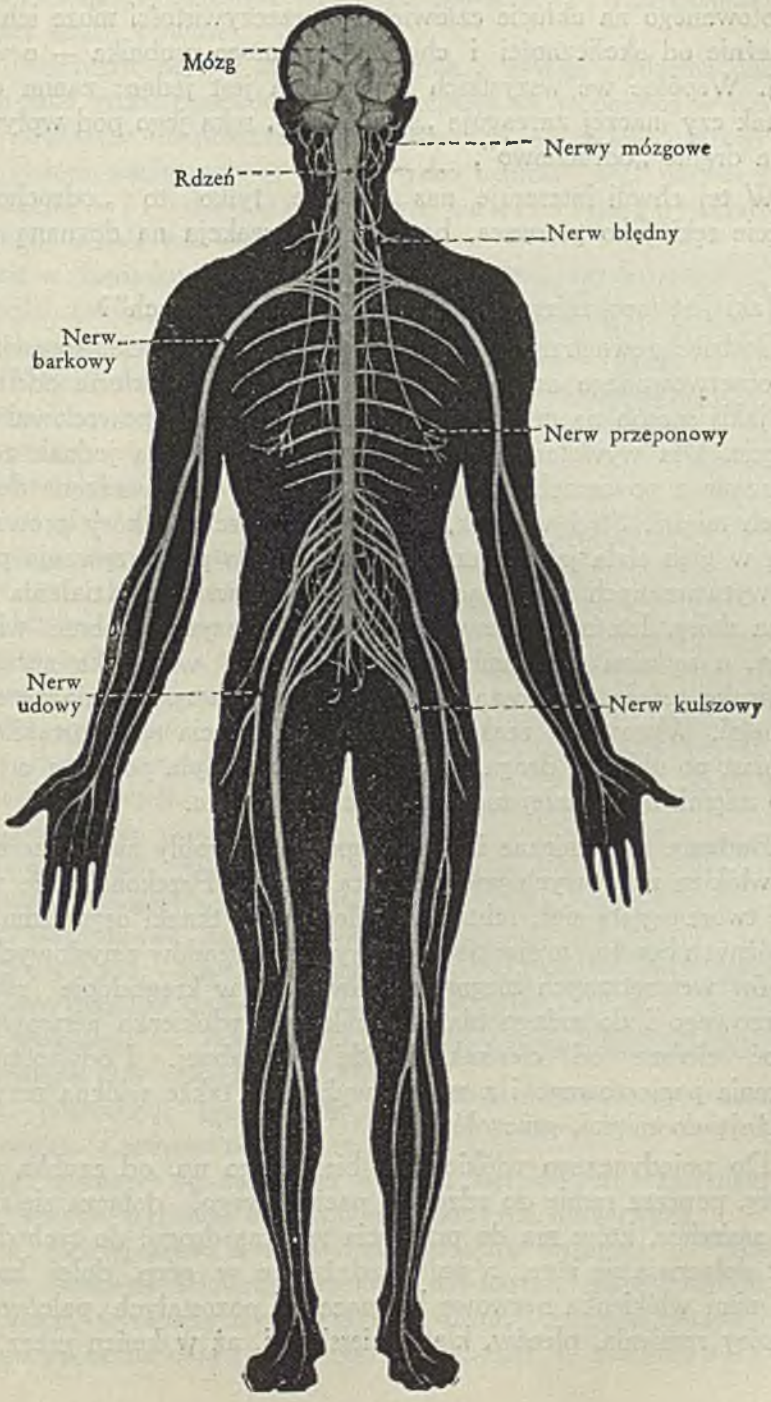
Nerwy i ich właściwości

Swoistą właściwością istoty żywej jest pobudliwość, t. j. zdolność odbierania bodźców z otaczającego ją środowiska. Gdy dotkniemy szpilką kamienia, kamień nic nie odczuje i niczym na ukłucie nie zareaguje. Już jednak ameba — najprostszy, jednokomórkowy organizm żyjący — na ukłucie szpilką reaguje ruchem swej galaretowatej masy.

Człowiek, ukłuty znienacka np. w palec, „odruchowo" poderwie rękę, po czym — w zależności od stosunków, jakie go z nami łączą, i od temperamentu — albo obruszy się, wpadnie w gniew, albo też potraktuje ukłucie jako żart i roześmieje się. Wymieniliśmy tu dla

Układ nerwowy

(Mózg i rdzeń przedłużony przedstawione w przecięciu)



przykładu jedynie dwie możliwości ewentualnego zachowania się nie przygotowanego na ukłucie człowieka, w rzeczywistości może ich być — zależnie od okoliczności i charakteru danego osobnika — o wiele więcej. Wspólne we wszystkich wypadkach jest jedno: zanim człowiek tak czy inaczej zareaguje „świadomie", ręka jego pod wpływem ukłucia drgnie „odruchowo".

W tej chwili interesuje nas właśnie tylko to „odruchowe" drgnięcie ręki jako pierwsza, bezpośrednia reakcja na doznaną podnietę.

Jaki jest mechanizm tych czynności „odruchowych"?

Bodziec zewnętrzny, w danym przypadku ukłucie, sprawił, że ręka obserwowanego osobnika drgnęła. Widocznie ukłucie oddziałało w jakiś sposób na mięśnie ręki, których skurcz spowodował owo drgnięcie. Dla wywołania skurczu podnieta musiała jednak zostać przekazana z powierzchni skóry w głąb ciała i doprowadzona do odnośnych mięśni. Stąd wniosek, że od powierzchni skóry prowadzić muszą w głąb ciała jakieś przewody, zdolne do przekazywania pobudzeń wytwarzanych w narządach czuciowych wskutek działania podniet na skórę. Istotnie, przewody takie, jak wszyscy dobrze wiemy, istnieją, a są nimi cieniuteńkie, mikroskopijne włókienka nerwowe. Włókienka te nie przenoszą jednak pobudzeń bezpośrednio ze skóry do mięśni. Wprawdzie reakcja w postaci drgnięcia ręki nastąpiła natychmiast po ukłuciu, droga jednakże, jaką przebyła podnieta od skóry do mięśni, bynajmniej nie jest krótka ani prosta.

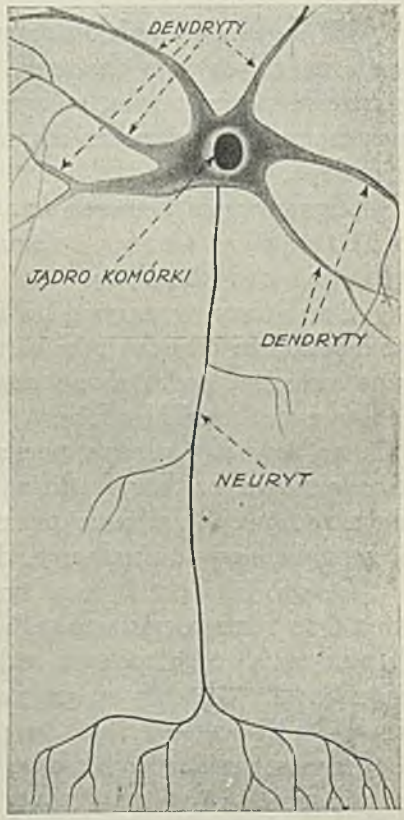
Badania anatomiczne i mikroskopowe pozwoliły nam prześledzić bieg włókien nerwowych pod powłoką skóry. Przekonały, że włókna te tworzą gęstą sieć, misternie wplecioną w tkanki organizmu. Od przeróżnych bowiem miejsc naszej skóry, od narządów zmysłowych, od organów wewnętrznych biegną do zawartego w kręgosłupie rdzenia pacierzowego i do mózgu białe, delikatne włókienka nerwowe, po stokroć cieńsze od cieniutkiej nitki jedwabnej. I odwrotnie — z rdzenia pacierzowego i z mózgu wybiegają także włókna nerwowe i zdążają do mięśni, gruczołów itd.

Do pojedynczego włókienka, biegnącego np. od czubka palca w górę, poprzez ramię do rdzenia pacierzowego, dołącza się niebawem sąsiednie, które ma do przebycia tę samą drogę; do tych dwóch znów dołączają się inne, również zdążające w górę, dalej kojarzą się z nimi włókienka nerwowe biegnące od pozostałych palców ręki, od skóry ramienia, pleców, klatki piersiowej, aż w końcu przez ciąg-

łe zespalanie się mnóstwa włókienek powstaje z tych cieniutkich nici istny gruby powróz.

Natomiast nerwy, które wychodzą z mózgu i rdzenia pacierzowego jako grube przewody, rozszczepiają się stopniowo w cieniutkie nici, zdążające do poszczególnych mięśni i narządów naszego ciała.

Rdzeń pacierzowy i mózg, jako centrale sieci nerwowej, noszą nazwę ośrodkowego czyli centralnego układu nerwowego, zespół zaś wybiegających z nich w kierunku obwodu naszego ciała (względnie znajdujących w nich ujście) włókien nerwowych określamy jako układ nerwowy obwodowy czyli peryferyczny.



Schemat neuronu (t. j. komórki nerwowej wraz z wypustkami).

Nerwy biegnące od powierzchni ciała w głąb, do rdzenia i mózgu, nazywają się nerwami dośrodkowymi, nerwy zaś wybiegające z rdzenia i mózgu noszą nazwę nerwów odśrodkowych.

Nerwy dośrodkowe nazywamy również nerwami czuciowymi, gdyż przewodzą do układu centralnego wszelkie czucia, wszelkie pobudzenia powstające w naszych narządach zmysłowych pod wpływem podniet zewnętrznych; nerwy odśrodkowe zaś nazywamy ruchowymi, gdyż przekazują mięśniom impulsy wysyłane z układu centralnego w odpowiedzi na docierające doń pobudzenia obwodowe, powodując tym samym ruchy mięśni. Zarówno nerwy czuciowe, jak ruchowe są zespołami włókien nerwowych czyli neurytów, stanowiących wypustki odpowiednich komórek nerwowych.

Z każdej komórki nerwowej wyrastają wypustki — jedna lub więcej. Niekiedy komórka nerwowa ma kształt gwiazdy o licznych ramionach, wysuniętych na wszystkie strony. Szczyty ramion bezpośrednio przekształcają się w krótkie wypustki, t. zw. dendryty,

rozszczepiające się jak drzewka na setki cieniuteńkich gałązek. Jedna z wypustek komórki nerwowej jest zawsze dłuższa od dendrytów, a niekiedy bardzo długa (1 m) i nosi nazwę neurytu. Całość, t. j. komórka nerwowa wraz z krótkimi wypustkami — dendrytami i neurytem zwie się neuronem.

Neuron jest podstawowym elementem, jednostką budowy układu nerwowego. Układ nerwowy, jako całość, stanowi zespół neuronów.

W organizmie ludzkim komórki nerwowe nie są rozrzucone bezładnie na całym jego obszarze, lecz w zasadzie zgrupowane są w rdzeniu pacierzowym, mózgu oraz zwojach nerwowych, np. rozmieszczonych na zewnątrz rdzenia pacierzowego przy każdym kręgu kręgosłupa.

Zgrupowania komórek nerwowych mają kolor szary i zwą się substancją szarą; zbiorowiska włókien są białe i noszą nazwę substancji białej.

Poznawszy w zarysie budowę układu nerwowego zrozumiemy już mechanizm odruchu ręki ukłutego przez nas człowieka. Spowodowane ukłuciem podrażnienie czyli pobudzenie przeniosło włókno dośrodkowe do komórki czuciowej w odpowiednim zwoju międzykręgowym na zewnątrz rdzenia pacierzowego. Z komórki czuciowej za pośrednictwem krótkiego włókna pobudzenie zostało przekazane komórce ruchowej w rdzeniu pacierzowym, skąd przez długie włókno tej komórki, nerw odśrodkowy, dotarło do mięśnia ręki.

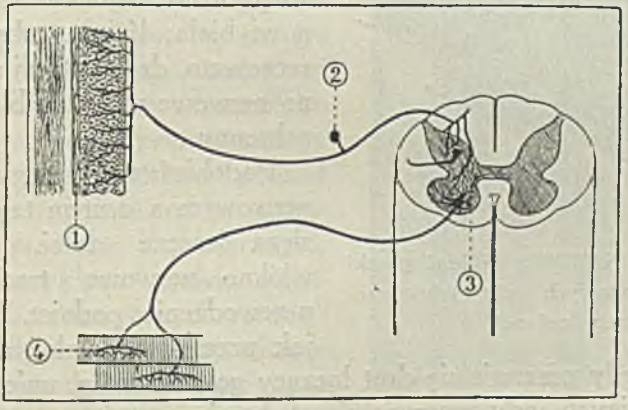
Droga, jaką przebyło w tym przypadku pobudzenie, od miejsca ukłucia do rdzenia pacierzowego i od rdzenia do mięśni, jest typowa dla wszystkich tego rodzaju reakcji „odruchowych", wywoływanych przez bodźce oddziaływujące na ciało nasze z zewnątrz. Nosi ona nazwę łuku odruchowego. „Łuku" — ponieważ podnieta nie jest przenoszona bezpośrednio ze skóry na mięsień, lecz zatacza łuk od skóry poprzez rdzeń pacierzowy do mięśnia. „Odruchowego" — ponieważ reakcja na podnietę następuje odruchowo, t. j. mimowolnie, autonomicznie, bez udziału świadomości, w przeciwieństwie do reakcji świadomej, w której jako ośrodek wysyłający impulsy występuje mózg — „siedziba" naszej świadomości. Bliżej omówimy reakcje odruchowe i świadome w rozdziale następnym.

Gdy śledzimy działalność układu nerwowego, nieodparcie nasuwa nam się porównanie z siecią telefoniczną. Rdzeń pacierzowy przypomina automatyczną centralę telefoniczną, dokonywującą połączeń pomiędzy korzystającymi z sieci abonentami. Nerwy są niejako odpo-

wiednikami przewodów telefonicznych, które za pośrednictwem centrali łączą ze sobą aparaty poszczególnych abonentów. A podrażniony ukłuciem odcinek skóry czyż nie występuje w roli abonenta, szukającego łączności z innym abonentem, w naszym przykładzie — z mięśniem?

Jak daleko sięga podobieństwo między rdzeniem pacierzowym a automatyczną centralą telefoniczną, przekonamy się w rozdziale następnym, w którym będzie mowa o budowie i funkcjach tego ośrodkowego organu układu nerwowego. Tutaj zajmiemy się analogią, jaka zachodzi między włóknem nerwowym a drutem telefonicznym.

Wiadomo, że druty łączące centralę telefoniczną z aparatami poszczególnych abonentów nie biegną każdy z osobna, lecz w grubych wiązkach czyli kablach. Kable te, wybiegające z centrali w różnych kierunkach, rozgałęziają się stopniowo w węższe kable, obsługujące



SCHEMAT PROSTEGO ODRUCHU. Pobudzenie wychodzące ze skóry (1) biegnie przez neuron czuciowy (2) (droga dośrodkowa) do rdzenia, a tam, za pomocą połączeń międzyneuronowych, przenosi się na neuron ruchowy (3) (droga odśrodkowa) i dociera do mięśnia (4). *(Wg Tout le corps humain).*

poszczególne dzielnice, ulice, domy, piętra, aż wreszcie rozdzielają się na pojedyncze druty, doprowadzane do poszczególnych aparatów. Podobnie ma się rzecz z siecią obwodowego układu nerwowego. Wspominaliśmy już, że włókna nerwowe przebiegają nie pojedynczo, lecz grubymi wiązkami.

Otóż każde włókno łączy się mniej więcej z tuzinem sąsiednich włókien w wiązkę, otoczoną specjalną powłoką z tkanki łącznej. Dopiero taką wiązkę dwunastu mikroskopijnych włókienek, zwaną potocznie nerwem, można dostrzec gołym okiem jako cieniutką białą

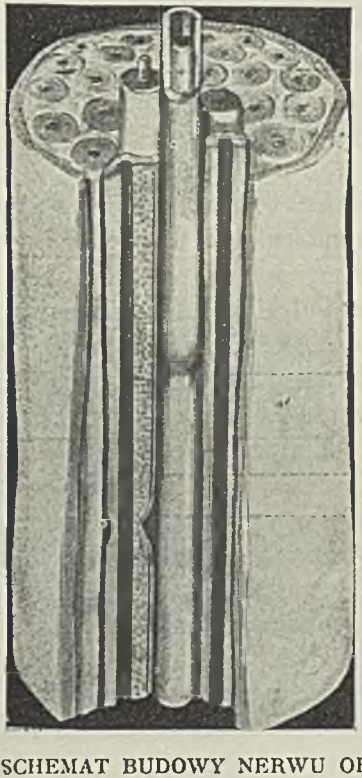
nić. Następnie wiązka taka łączy się z kilkunastoma podobnymi dwunastowłókienkowymi wiązkami, tworząc grubszą wiązkę, złożoną już z ok. 144 włókien (w dwunastu opakowaniach po dwanaście). Te grube wiązki łączą się z kolei z innymi grubymi wiązkami, tak że w końcu powstaje wielki kabel grubości ołówka, łączący w sobie 20.000—30.000 równolegle przebiegających włókien. Kabel taki budową swą do złudzenia przypomina budowę kabla telefonicznego. Każde bowiem włókno nerwowe, podobnie jak drut w kablu telefonicznym, jest ściśle izolowane od włókien sąsiednich osłonką rdzeniową, która zapobiega przerzucaniu się pobudzenia z jednego włókna na drugie; poszczególne wiązki włókien i cały „kabel" otoczone są powłokami z tkanki łącznej, która chroni je od urazów zewnętrznych. Osłonkę rdzeniową stanowi biała, lśniąca substancja tłuszczowata, dzięki której szare włókno nerwowe uzyskuje biały płaszcz ochronny.

PRZEKRÓJ NERWU. (Widać pęczki włókien nerwowych okrytych systemem osłonek).

Podobieństwo między włóknem nerwowym a drutem telefonicznym sięga jeszcze dalej. Przerwane włókno nerwowe traci zdolność przewodzenia podniet. I tak samo jak przestanie działać aparat telefoniczny, gdy przerwie się drut łączący go z centralą, unieruchomiony zostanie mięsień, gdy przerwie się obsługujący go nerw ruchowy. Na tym podobieństwo między nerwem a drutem telefonicznym się kończy. Przerwanie drutu elektrycznego nie wywołuje żadnych zmian w jego martwej substancji metalowej; z chwilą gdy przerwane końce zostaną ponownie złączone, drut znów będzie mógł przewodzić prąd elektryczny.

Inaczej dzieje się z nerwami. Włókna nerwowe są żywymi wypustkami żywych komórek i choć niektóre z nich ciągną się na odległość metra od komórki (np. włókno nerwowe biegnące od czubka palca u nogi do rdzenia pacierzowego), pozostają jednak częścią swej komórki i oderwane od niej nie mogą żyć. Pierwszy stwierdził to zjawisko w roku 1852 znakomity neurolog angielski dr Waller, formułując swoje fundamentalne dla późniejszych badań neurologicznych prawo degeneracji nerwów: „Włókno nerwowe istnie-

je dopóty, dopóki jest powiązane ze swoją komórką; oderwane od komórki, degeneruje się, obumiera". Gdy przetniemy nerw ruchowy wychodzący z rdzenia pacierzowego, porażony zostanie przede wszystkim mięsień przezeń obsługiwany, ponieważ nie dotrą już doń wychodzące z komórki nerwowej pobudzenia; po pewnym czasie zamrze oderwana od komórki część nerwu obwodowego i nawet zeszycie przerwanych końców nie przywróci jej życia.



SCHEMAT BUDOWY NERWU OBWODOWEGO. Wewnątrz leżą równolegle do siebie włókna nerwowe (czarne), otoczone osłonkami — myelinową (z przewężeniami) oraz zewnętrzną, cienką osłonką Schwanna *(neurylemma)*. Wszystkie włókna objęte są wspólną, mocną łącznotkankową osłonką. Budowa ta przypomina budowę kabla telefonicznego.

Druga kardynalna różnica między nerwami a przewodami telefonicznymi polega na tym, że podczas gdy druty telefoniczne przewodzą prąd elektryczny, nerwy przewodzą pobudzenia nerwowe, których z energią elektryczną bynajmniej utożsamiać nie można. Wprawdzie czynnościom nerwów towarzyszą pewne zmiany elektryczne, przewodnictwo podniet nerwowych jest jednak nader skomplikowanym procesem fizjologicznym, którego do zwykłych zjawisk chemicznych lub elektrycznych sprowadzić nie podobna. Już choćby różnice szybkości przewodzenia podniet przez nerwy i prądu elektrycznego przez druty obalają przyjmowaną ongiś przez fizjologów hipotezę, że nerwy przewodzą energię elektryczną. Podniety przebiegają bowiem przez nerwy z przeciętną szybkością około 50 m na sek., prąd elektryczny zaś przez drut (miedziany) z szybkością 10.000 m na sek. Mija się zatem z prawdą potoczny zwrot o „błyskawicznej szybkości" myśli, choć ta „błyskawiczna szybkość" nawet w naukowej fizjologii uważana była za pewnik aż do połowy ubiegłego wieku.

Do obalenia tej fałszywej tezy przyczynił się astronom niemiec-

ki Bessel. Do codziennych zajęć astronomów należy dokładne określanie czasu, w którym dana gwiazda przechodzi nad południkiem danego obserwatorium, według tego bowiem wyznacza się położenie gwiazdy na sklepieniu niebieskim. Pomiarów tych dokonywa się przy pomocy bardzo precyzyjnych przyrządów. Otóż Bessel zwrócił uwagę, że pomiędzy danymi poszczególnych obserwatorów zachodzą odchylenia o dziesiąte części sekundy. Co najciekawsze jednak, różnice pomiędzy pomiarami dwóch znanych ze swej skrupulatności astronomów były zawsze takie same.

Po długich próbach i badaniach udało się wreszcie Besselowi stwierdzić niezbicie, że owe różnice dostrzeżone w pomiarach nie są wynikiem ani wadliwości instrumentów, ani błędów obserwatorów, lecz jedynie i wyłącznie naturalnym skutkiem fizjologicznej właściwości ludzkiego układu nerwowego. Pobudzenia czyli t. zw. stany czynne nie przebiegają bowiem przez układ nerwowy z szybkością błyskawicy, lecz zużywają na to znacznie więcej czasu, przy czym jest rzeczą charakterystyczną, że szybkość przewodzenia pobudzeń jest u poszczególnych ludzi różna. Zatem t. zw. c z a s ś w i a d o m e j r e a k c j i, czyli czas, jakiego potrzeba człowiekowi, aby na pobudzenie narządów zmysłowych zareagował odpowiednim ruchem, jest wielkością indywidualną. Tym się właśnie tłumaczą owe różnice pomiędzy pomiarami poszczególnych astronomów; jeden z nich reagował na widok gwiazdy przesuwającej się przez krzyż w lunecie szybciej, drugi zaś wolniej.

Żyjemy dzisiaj w czasach, które nie tylko od astronomów wymagają zdolności szybkiego reagowania. Każdy maszynista kolejowy, który w razie niebezpieczeństwa musi natychmiast zahamować lokomotywę, każdy kierowca samochodu czy motorowy tramwaju, każdy pilot musi być zdolny do szybkiego reagowania. Toteż kandydatów na te stanowiska poddaje się specjalnym badaniom psychotechnicznym. Tak więc np. poleca się osobie badanej uważać, kiedy zapali się żarówka elektryczna, i natychmiast wyłączyć ją przez zdjęcie palca z przycisku. W momencie zapalenia się żarówki uruchomiona zostaje wskazówka specjalnego zegara, którego podziałka pozwala odczytywać tysiączne części sekundy. Z chwilą wyłączenia żarówki zegar staje, wykazując tym samym czas reakcji osoby badanej. Na podstawie takich doświadczeń stwierdzono, że czas reakcji na bodźce świetlne (optyczne) u osób reagujących szybko wynosi około $^{2}/_{10}$ sek., u reagujących ze średnią szybkością $^{3}/_{10}$ sek., u reagujących wolno $^{5}/_{10}$ sek.

Olbrzymie znaczenie ma czas reakcji w sporcie. Np. bieg krót-

kodystansowy o rekord światowy sprowadza się zazwyczaj do pobicia poprzedniego rekordu o dziesiątą część sekundy. Nic też dziwnego, że w tych warunkach czas reakcji, t. j. czas, upływający pomiędzy sygnałem startu a ruszeniem zawodnika z miejsca, jest czynnikiem niemniej ważnym niż szybkość samego biegu. W wyścigach konnych sumują się czasy reakcji dżokeja i konia. Dżokej musi reagować na sygnał startu, koń na ucisk ud dżokeja.

Nie udało się dotąd wymierzyć z absolutną dokładnością szybkości przewodzenia pobudzeń przez nerwy czuciowe. Nerwy ruchowe przenoszą pobudzenia z szybkością ok. 50—100 m na sek., nerwy czuciowe zaś w tempie nieco powolniejszym. Zatem stany pobudzenia przebiegają przez nasze ciało z szybkością od 200 do 350 km na godz., a więc z przeciętną szybkością samolotów komunikacyjnych.

ZMIENNOŚĆ TRWANIA T. ZW. CZASU REAKCJI ŚWIADOMEJ. *(Wg „Die Wunder des Lebens").*

CZAS REAKCJI ŚWIADOMEJ

Od postrzeżenia podniety do wystąpienia reakcji świadomej upływa okres czasu różny u różnych osobników.

Nerw przewodzi jedynie pobudzenia, wrażenie — reakcja świadomości — związana jest z czynnościami komórki mózgowej. Gdy np. dotykamy stopą podłogi, wydaje nam się, że to stopa odczuła zetknięcie się z powierzchnią podłogi. Jest to tylko złudzenie, w rzeczywistości bowiem odczucie nastąpiło w mózgu. Gdy wyłączymy komórkę nerwową, odurzając ją np. chloroformem, nie odczujemy nic, choćbyśmy stopę kłuli szpilkami lub nawet ją odrąbali. Jednak skłonni jesteśmy lokalizować dane odczucie tam, gdzie działa podnieta. Oto np. czujemy pewnego dnia, że boli nas prawa stopa. Zrazu myślimy, że to skutek uderzenia albo może objaw reumatyzmu, i leczymy zbolałe miejsce. Żadne środki jednak nie pomagają. Bo też pomóc nie mogą, gdyż stopa bynajmniej nie jest chora. To gdzieś w przewodzie nerwowym łączącym ją z mózgiem kryje się przyczyna bólu: w czaszce wytworzył się mały obrzęk jednej z kości i kość ta wywie-

ra teraz ucisk na komórki mózgowe, do których (poprzez rdzeń pacierzowy) dobiegają nerwy czuciowe stopy. Dzisiaj lekarz przy pomocy subtelnych metod diagnostyki neurologicznej wykrywa wnet ognisko schorzenia. Dawniej jednak nierzadko się zdarzało, że pacjentowi zalecano gorące kąpiele nóg i wysyłano go do odpowiednich uzdrowisk, podczas gdy w rzeczywistości nie cierpiał on bynajmniej na reumatyzm, lecz na chorobę rdzenia pacierzowego.

Niekiedy znów, chcąc uwolnić chorego od nieznośnego bólu, amputowano mu nogę, gdy tymczasem istotną przyczyną bólu był obrzęk kości miednicy, wywierający ucisk na nerwy nogi. Operacja nie uwalniała więc chorego ani od bólu, ani od obrzęku kości, lecz pozbawiała go zupełnie zdrowej nogi. Czytelnika dziwi zapewne, że mimo amputacji dokuczliwy ból nie ustępował. Trzeba jednak wziąć pod uwagę, że komórki mózgowe po amputacji wciąż jeszcze były drażnione przez ucisk wywierany na nerwy nogi w miednicy. I to właśnie podrażnienie komórek mózgowych odczuwał operowany pacjent jako ból nogi, której już nie posiadał.

Po każdej amputacji doznaje pacjent przez pewien czas złudzenia, że wciąż jeszcze boli go odcięty członek. Przyczyna tego dziwnego na pozór zjawiska jest prosta. Amputacja nogi powyżej kolana wywołuje silne podrażnienie przeciętych podczas operacji włókien czuciowych, których punktem wyjścia jest stopa. Ponieważ od najmłodszych lat odczuwamy podrażnienie tych włókien jako ból stopy, pacjent i teraz, kiedy mu odcięto prawie całą nogę, wciąż jeszcze ma wrażenie, że boli go stopa. Gdy rana w miejscu odcięcia nogi zagoi się, podrażnienie przeciętych nerwów mija, nerwy te wskutek bezczynności obumierają, a wraz z nimi urojone uczucie bólu już nie istniejącej stopy.

Głośny był przed laty proces, wytoczony przez pewnego pacjenta chirurgowi, który mu amputował nogę poniżej kolana, obiecując, że pozbędzie się w ten sposób nieznośnego uczucia swędzenia łydki, nie dającego się usunąć żadnymi lekami. Mimo jednak amputacji nogi swędzenie nie ustąpiło. Rozgoryczony pacjent nie tylko odmówił chirurgowi zapłaty honorarium, lecz zażądał jeszcze odeń wysokiego odszkodowania. Biorąc pod uwagę opinię rzeczoznawców, sąd odroczył wydanie wyroku na kilka tygodni. Było to iście salomonowe załatwienie sprawy. Przez te kilka tygodni bowiem powierzchnia przecięcia zabliźniła się i podrażnione włókna nerwowe obumarły. Swędzenie ustąpiło i zadowolony pacjent wypłacił chirurgowi należne mu honorarium.

UKŁAD NERWOWY CENTRALNY

Rdzeń pacierzowy czyli kręgowy

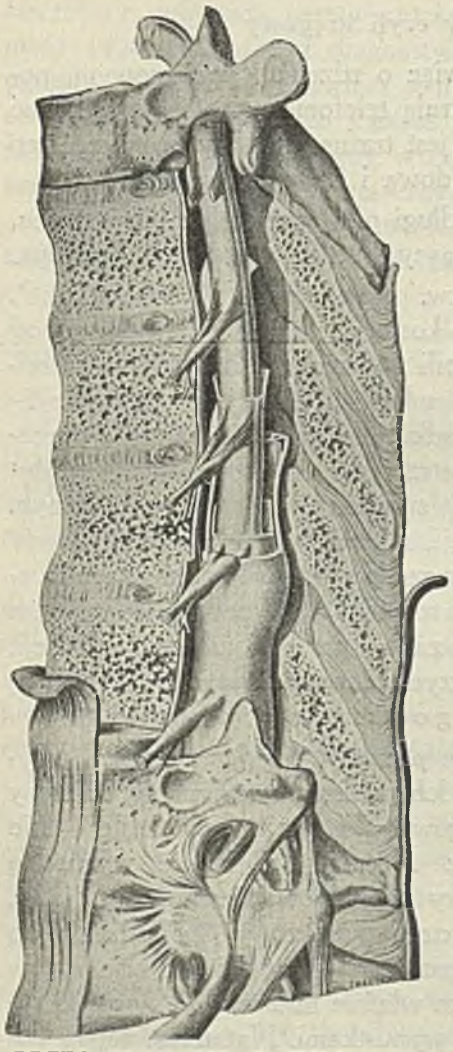
W rozdziale poprzednim, mówiąc o rdzeniu pacierzowym, porównaliśmy go z automatyczną centralą telefoniczną. Aby przekonać się, czy i jak dalece porównanie to jest trafne, musimy przyjrzeć mu się bliżej, zaznajomić się z jego budową i funkcjonowaniem.

Rdzeń pacierzowy, tworzący długi pień grubości dużego palca, wypełnia sobą kanał kręgowy, biegnący wzdłuż całego kręgosłupa.

Otoczony trzema błonami, t. zw. o p o n a m i r d z e n n y m i, spoczywa on bezpiecznie w mocnej kostnej rurze, która chroni go od urazów. Gdybyśmy z rdzenia odkroili poprzeczny plasterek, wyróżnilibyśmy w nim wyraźnie skupienie substancji szarej w kształcie litery H albo raczej motyla — w środku, dokoła niej zaś białe obrzeże. Między skrzydłami „motyla" dostrzeżemy od strony przedniej głęboki rowek wrzynający się w białą substancję rdzenia, a w samym środku plasterka, w szarej substancji, maleńki otwór okrągły. Otwór ten stanowi przekrój wąziutkiego, szczelinowatego kanału rdzeniowego, biegnącego przez całą długość rdzenia i wypełnionego płynem zbliżonym do limfy, szary „motyl" zaś — przekrój szarej substancji, otaczającej ten kanał. Przednie skrzydła „motyla" noszą nazwę r o g ó w p r z e d n i c h, tylne — r o g ó w t y l n y c h rdzenia.

Z rdzenia pacierzowego bierze początek 31 par nerwów. Wychodzą one z obu stron rdzenia, a ich punktem wyjścia są rozstępy między łukami poszczególnych kręgów. Wyrażając się ściśle — nie wszystkie nerwy w y c h o d z ą z rdzenia. W istocie wychodzą z rdzenia pacierzowego tylko nerwy odśrodkowe, ruchowe, t. j. te, które przewodzą wysyłane przez rdzeń pacierzowy pobudzenia do mięśni. Wyrastają one w postaci grubych korzonków z obu rogów przednich substancji szarej, gdyż tam właśnie mieszczą się komórki ruchowe, których nerwy te są długimi wypustkami. Natomiast nerwy dośrodkowe, czuciowe, t. j. te, które niosą pobudzenia powstające przy podrażnieniu narządów czuciowych, połączonych z naszymi narządami zmysłowymi, odbierającymi podniety ze świata otaczającego — nie wybiegają z rdzenia pacierzowego, lecz wręcz przeciwnie, w rdzeniu, ściślej — w dwóch tylnych rogach substancji szarej znajdują swe ujście. Bezpośrednio dochodzą jednak włókna od obwodu ciała nie do rogów tylnych rdzenia, lecz do t. zw. w ę z ł ó w m i ę d z y k r ę g o w y c h, t. j. zwojów nerwowych, znajdujących się już na zewnątrz

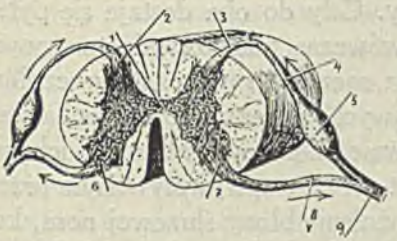
rdzenia pacierzowego. W zwojach tych mieszczą się komórki czuciowe. Zatem podnieta, biegnąca długim włóknem czuciowym np. od powierzchni skóry, nie dociera od razu do rdzenia pacierzowego; najpierw dostaje się do komórki czuciowej znajdującej się w zwoju międzykręgowym; dopiero stąd drugie włókno tej samej komórki przenosi ją do tylnego rogu substancji szarej rdzenia. Na zewnątrz rdzenia oba korzonki — ruchowy i czuciowy — łączą się we wspólny kabel, t. zw. n e r w m i e s z a n y.



RDZEŃ KRĘGOWY Z WYCHODZĄCYMI ZEŃ KORZONKAMI NERWÓW *(widok z boku)*. Na rycinie uwidoczniony jest obnażony rdzeń kręgowy po wycięciu (podłużnym) części kręgosłupa. W części dolnej ryciny widać więzadła międzykręgowe. *(Wg F. Kahna)*.

Rdzeń pacierzowy, jako w pewnej mierze niezależna od mózgu centrala układu nerwowego, zarządza o d r u c h a m i, czyli najprostszymi, bezwiednymi reakcjami naszego ciała na doznawane przez nie bodźce. Rolę rdzenia pacierzowego w mechanizmie odruchów łatwo jest zaobserwować, przeprowadzając doświadczenia z żabą, której usunięto mózg, nie naruszając rdzenia. Żaba taka żyje jeszcze przez jakiś czas. Gdy powiesić ją na haku, to wisieć będzie w zupełnym bezruchu, aż wreszcie zginie lub wyschnie. Jeżeli jednak podrażnimy ją, przykładając np. do skóry papierek nasycony kwasem siarczanym lub solnym, podniesie ona po chwili łapkę i strąci papierek. Jeżeli nie uda się jej uczynić tego jedną łapką, ucieknie się do pomocy drugiej. Gdy strącony papierek przyłożymy znowu, żaba powtórnie poderwie łapkę i znów zrzuci papierek. I ruch ten z niezmienną stałością powtarzać będzie w odpowiedzi na każde podrażnienie, dopóki nie

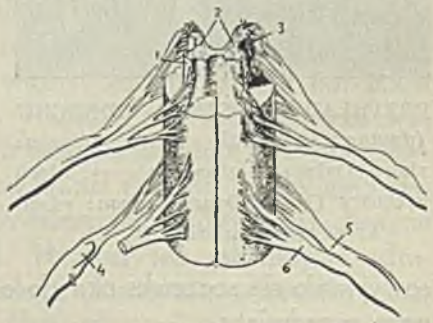
straci swej pobudliwości. Gdy natomiast zniszczymy żabie rdzeń pacierzowy, wdrążając np. drut do kanału kręgowego, nie drgnie ona nawet, choćbyśmy drażnili jej skórę najbardziej stężonym kwasem, nie zareaguje już na żadne bodźce, gdyż stacja przełączająca podniety z nerwów czuciowych na ruchowe została zniszczona.



PRZEKRÓJ POPRZECZNY RDZENIA KRĘGOWEGO. 1. Kanał centralny. 2. Rogi tylne. 3. Korzonek tylny. 4. Nerw dośrodkowy (czuciowy). 5. Węzeł międzykręgowy. 6. i 7. Przednie (ruchowe) rogi rdzenia. 8. Korzonek przedni. 9. Nerw mieszany.

Rdzeń pacierzowy nie jest zresztą centralą odruchów, całym bowiem szeregiem ważnych reakcji odruchowych człowieka zarządza również t. zw. rdzeń przedłużony oraz inne części mózgu, o których mowa w rozdziale następnym.

Najprostszym przykładem reakcji odruchowej u człowieka jest t. zw. odruch kolanowy. Gdy założymy jedną nogę na drugą, tak aby swobodnie zwisała, i uderzymy ją w kolano pod rzepką, podudzie drgnie odruchowo, bez naszej woli, a nawet świadomości — ruchem wyrzutowym. Takie uderzenie w kolano często stosowane jest przez lekarzy przy ogólnym badaniu pacjenta, szybkość bowiem i stopień odruchowego wyrzutu nogi świadczy o sprawności układu nerwowego.



POŁĄCZENIE DWÓCH PAR NERWÓW Z RDZENIEM *(widziane od przodu)*. 1. Szara substancja rdzenia (na tym odcinku substancja biała — usunięta). 2. Rogi tylne rdzenia. 3. Rogi przednie rdzenia. 4. Połączenie obu korzonków czyli nerw mieszany obwodowy. 5. Korzonek tylny. 6. Korzonek przedni.

Charakterystyczną cechą odruchu jest jego stałość i niezmienność. Gdy taka sama podnieta podrażni zakończenia nerwów czuciowych danego odcinka skóry, za każdym razem wywoła ona taką samą reakcję odruchową. Tą właśnie niezmiennością i niejako przymusową automatycznością różni się odruch od ruchu dowolnego, który pod wpływem jednakowej podniety może przybierać najrozmaitsze postacie.

Weźmy inny przykład. Gdy człowieka śpiącego, którego świa-

domość jest niejako zawieszona, będziemy lekko, tak aby się nie obudził, kłuli w stopę, będzie on przy każdym ukłuciu cofał nogę jednakowym ruchem.

Rozpatrzmy inne jeszcze odruchy. Gdy do oka dostaje się pyłek i podrażnia spojówkę lub rogówkę, wówczas podrażnienie to wywołuje odruchowe mruganie powiek oraz sączenie się łez z gruczołów łzowych. Reakcją odruchową jest również kichanie i kaszel. Kichanie jest odruchem, wywoływanym przez drażnienie błony śluzowej nosa, kaszel zaś — błony śluzowej krtani. Zarówno mruganie powiek, jak kaszel i kichanie są reakcjami odruchowymi o charakterze obronnym, celem ich jest bowiem usunięcie drażniącej podniety. Organizm za pomocą odruchów broni się przed szkodliwymi bodźcami. Do kategorii odruchów obronnych należy również gwałtowne cofanie ręki pod wpływem oparzenia.

PRZYKŁAD PROSTEGO ODRUCHU *(dwuneuronowego)*. Jeden neuron: skóra (więzadło stawowe) — rdzeń kręgowy (1, 2). Drugi neuron: rdzeń kręgowy — mięsień (3, 4.).

Inny rodzaj odruchów stanowią odruchy akomodacyjne, polegające na przystosowywaniu oka do zmienionych warunków zewnętrznych, jak np. zwężanie się źrenicy pod wpływem światła lub przystosowywanie się soczewki oka do odległości, jaka dzieli nas od oglądanego przedmiotu.

Cały szereg odruchów, zarówno u zwierząt, jak u ludzi, jest niezbędny dla zachowania osobnika i gatunku. Takim odruchem jest np. ssanie. Niemowlę ssie pierś matczyną odruchowo, a gdy odruch ten z jakichkolwiek powodów u noworodka nie występuje, konieczne jest zastosowanie skomplikowanych zabiegów, aby drogą sztucznego odżywiania utrzymać go przy życiu.

Z.e skomplikowanego łańcucha odruchów składa się także proces odżywiania. Z chwilą wprowadzenia do jamy ustnej pokarmu, rozpoczyna się odruchowe wydzielanie śliny przez gruczoły ślinowe. Kiedy pokarm jest już przeżuty i przepojony śliną, połykamy go. Myliłby się jednak, kto by sądził, że połykanie jest jedynie aktem woli;

na czynność połykania składa się bowiem cały szereg powiązanych ze sobą odruchów. Kiedy przeżuwany w ustach kęs przyciskamy językiem do podniebienia miękkiego, podrażnia on znajdujące się w błonie śluzowej zakończenia nerwów czuciowych. Te znów za pośrednictwem ośrodków, mieszczących się w rdzeniu przedłużonym, przenoszą pobudzenie na nerwy ruchowe, które uruchamiają zespół mięśni jamy ustnej, przełyku i przewodu pokarmowego. Na skurczach tych mięśni polega właśnie akt połykania, a drażnienie nerwów czuciowych podniebienia miękkiego jest jego nieodzownym warunkiem. Nie mając w ustach środków drażniących podniebienie miękkie, nie potrafimy aktu połykania dokonać. Kiedy przełykamy nie mając nic w ustach, wysyłamy przedtem ślinę z gruczołów ślinowych i przyciskamy ją językiem do podniebienia. Jeżeli zaś kilkakrotnie raz po raz przełkniemy ślinę, gruczoły ślinowe opróżniają się i z braku środka drażniącego podniebienie, nie potrafimy uruchomić mięśni przełyku. Gdy natomiast ssiemy cukierek, pobudzający gruczoły ślinowe, możemy aktu przełykania dokonywać bez wysiłku raz za razem. Jeżeli znieczulimy człowiekowi podniebienie, a szczególnie jego odcinek głęboki, przy gardle, kokainą, nie zdoła on przełknąć ani kęsa, gdyż nie nastąpią wtedy niezbędne odruchy. I na odwrót, człowiek musi przełykać, kiedy mu się drażni podniebienie miękkie np. rączką łyżki lub pędzlem.

Z doświadczenia codziennego wiemy, że cały szereg odruchów potrafimy tłumić przy pomocy woli. Podczas gdy np. niespodziewane ukłucie powoduje cofnięcie ręki, to ukłucie, na które jesteśmy przygotowani (np. zastrzyk podskórny), ruchu nie wywoła. Podobnie świadomym wysiłkiem woli możemy powstrzymać odruchowe zwarcie powiek przy dotknięciu gałki ocznej. Możemy też zahamować odruchy wywołane łaskotaniem skóry. Jednak hamowanie odruchów możliwe jest tylko do pewnego stopnia. Przy silnym i raz po raz powtarzającym się drażnieniu pobudzenie odruchowe bierze w końcu górę nad wolą. Nie dają się też zahamować odruchy, które nie mogą być wywoływane jako ruchy dowolne. A więc np. ruchy źrenic, erekcja, wytrysk nasienia, akt porodowy nie mogą być ani dokonywane dowolnie, ani też zahamowane z chwilą, kiedy zostały odruchowo wywołane.

Hamowanie lub ułatwianie odruchów należy do czynności mózgowych. Hamujący wpływ mózgu na odruchy ujawnia następujące doświadczenie: żaba, której usunięto półkule mózgowe, skrzeczy, ilekroć głaszcze się ją po grzbiecie. Natomiast u żaby z nienaruszonym mózgiem odruch ten trudniej się ujawnia, gdyż jest hamowany przez

mózg. Podobnie ma się rzecz z odruchem obejmowania samicy żaby, występującym u samca w czasie kopulacji. Polega on na tym, że pod wpływem podrażnienia skóry piersi samiec silnie obejmuje samicę przednimi łapkami. Odruch ten ze wzmożoną siłą występuje po odcięciu żabie-samcowi głowy. Chwyta on i obejmuje wtedy silnie każdy przedmiot, który zetknie się ze skórą jego brzucha, podczas gdy normalnie samiec reaguje podobnie tylko na podniety pochodzące od samicy.

Odruchy mogą być hamowane nie tylko przez impulsy pochodzące z mózgu, lecz również przez drażnienie nerwów dośrodkowych, a więc w ten sposób, że hamuje się dany odruch przez wywołanie innego; np. odruch skrzeczenia żaby pozbawionej mózgu można zahamować przez silny ucisk łapki albo przez przyłożenie do jej skóry papierka nasyconego kwasem siarczanym. Hamowaniem odruchów przez drażnienie nerwów dośrodkowych posługujemy się często w życiu codziennym. Wiadomo np., że można stłumić kichanie przez pocieranie nosa albo powstrzymać śmiech lub płacz przez szczypanie się lub kłucie, czy też przez zagryzanie warg.

SIŁA ODRUCHU. Żaba *(samiec)*, która ma przecięty rdzeń kręgowy i zniszczony mózg, dzięki odruchowi obejmowania *(przednich kończyn)* trzyma się mocno na grzbiecie samicy.

Hamowanie odruchów odgrywa w życiu człowieka rolę nader doniosłą. W chwili urodzenia jest człowiek wskutek słabego jeszcze rozwoju mózgu i ośrodków hamujących stworzeniem rządzonym raczej przez rdzeń pacierzowy — podobnie jak niższe zwierzęta. U niemowlęcia pęcherz kurczy się automatycznie i opróżnia pod wpływem ucisku wywieranego przez mocz; podobnie automatycznie funkcjonuje kiszka stolcowa.

Wszelkie niemiłe uczucia wywołują jako reakcję odruch krzyku, nadmierne napełnienie żołądka — odruchowe wymioty.

Istota wychowywania małych dzieci sprowadza się więc, podobnie jak tresura zwierząt, przede wszystkim do rozwijania w nich ośrodków hamujących, które z bezładnych, bezwolnych, instynktownych odruchów tworzą stopniowo uporządkowane, celowe czynności. Tak więc np. uczy się dziecko czekać na posiłki. Z początku krzyczy ono, gdy jest głodne, uczucie głodu wywołuje bowiem odruch krzy-

ku. Potem jednak przyzwyczaja się czekać cierpliwie, t. j. hamować odruch krzyku. Następnie uczy się dziecko hamowania odruchów pęcherza i kiszki stolcowej. Pierwsze niezdarne próby uchwycenia przez dziecko jakiegoś przedmiotu stopniowo ustępują także miejsca ruchom bardziej opanowanym, celowym, aż wreszcie dziecko sięga bezpośrednio po interesujący je przedmiot. I to zjawisko jest wynikiem wytworzenia się u dziecka ośrodków hamujących, dzięki którym może ono wyłączać wszystkie zbędne, niepotrzebne ruchy.

Taki sam proces powtarza się później, gdy dziecko z biegiem lat uczy się opanowywania bardziej złożonych czynności. Przy nauce pisania np. dziecko musi nauczyć się wyłączać wszystkie niecelowe ruchy, których wynikiem są odchylenia od przepisowego kształtu liter. Niezdarne gryzmoły malca przechodzą z czasem w poprawne i czytelne pismo. Podobnie swoboda w trzymaniu obsadki pióra jest wynikiem nabytych hamulców. Podczas pierwszych lekcji pisania dziecko kurczowo zaciska palce na obsadce, ponieważ bodźce powodowane dotknięciem obsadki wywołują liczne nieopanowane, odruchowe skurcze mięśni. Stopniowo uczy się dziecko wyłączać przez hamowanie zbędne napięcie mięśni. To samo powtarza się przy nauce gry na fortepianie, skrzypcach itp.

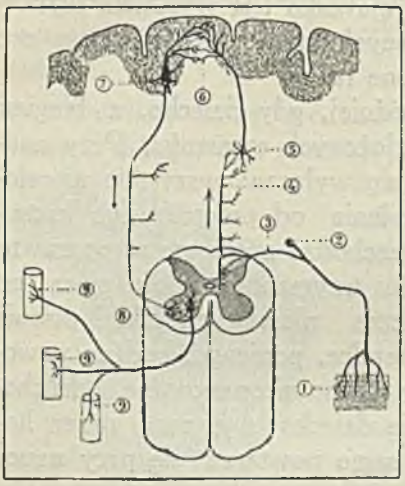
Drogą odpowiednich ćwiczeń uczy się człowiek coraz dokładniej wyłączać wszystkie zbędne odruchy, aż osiąga ideał techniki, polegający na wykonywaniu jedynie bezpośrednio do celu zmierzających ruchów. Talent muzyczny np. jest właściwością wrodzoną, natomiast wysoka technika gry jest nabytą zdolnością celowego włączania lub wyłączania określonych ruchów. Również t. zw. „dobre wychowanie" jest skutkiem wyrobienia ośrodków i szlaków hamujących, dzięki którym potrafimy panować nad odruchami.

Umiejętność hamowania się jest dla naszego życia w szrankach cywilizacji niezbędna. Opanowanie trzyma jednak człowieka w nieustannym napięciu, które nieraz przekształca się w uczucie niewoli. Toteż ludzie, szukając wyzwolenia spod dyktatury hamulców, zrzucają z siebie od czasu do czasu krępujące pęta surowej obyczajowości. Uwalniają się od nich odurzając się np. alkoholem. Alkohol okazuje się skuteczny. Pod działaniem trunku następuje szybko t. zw. „rozwiązanie języka" i ujawnia się „naga dusza".

Dotąd zajmowaliśmy się rdzeniem pacierzowym jedynie jako samodzielną centralą, kierującą reakcjami odruchowymi naszego ciała. Poza tym pełni rdzeń jeszcze funkcje kabla, będącego łącznikiem między najwyższą centralą układu nerwowego — mózgiem a obwo-

dowym układem nerwowym. Ta funkcja rdzenia związana jest z jego substancją białą.

Substancja biała rdzenia składa się z milionów długich włókien nerwowych, tworzących jak gdyby kable, zwane pęczkami lub powrózkami. Poprzez te włókna odbywa się komunikacja pomiędzy rdzeniem a mózgiem, komunikacja obustronna. Przede wszystkim tędy doprowadzane są do różnych ośrodków mózgu wszelkie pobudzenia pochodzące od bodźców zewnętrznych. Gdy ukłujemy się w palec, czujemy ból. Co to znaczy? Znaczy to, że spowodowane ukłuciem pobudzenie dotarło do naszej świadomości, a zatem do mózgu, który jest tej świadomości „siedzibą". W jaki sposób dotarła podnieta do mózgu? Włókienka komórek czuciowych, znajdujących się w zwojach międzykręgowych, prowadzą nie tylko do szarej substancji rdzenia, lecz wysyłają również długie białe odnogi, które biegną wzdłuż białej substancji rdzenia i dochodzą do mózgu. Tory tych włókien przebiegają przez tylną część substancji białej rdzenia, pomiędzy tylnymi rogami szarego „motyla". I odwrotnie — z komórek nerwowych mózgu wychodzą również długie białe włókna, których zadaniem jest przewodzenie pobudzeń z mózgu do mięśni.



SCHEMAT REAKCJI, ODBYWAJĄCEJ SIĘ PRZY WSPÓŁUDZIALE MÓZGU. Podnieta, wychodząca ze skóry (1), biegnie poprzez czuciowy neuron obwodowy (2), którego odgałęzienie (3), zamiast łączyć się z obwodowym neuronem ruchowym w rdzeniu, wznosi się ku górze (4) i łączy z neuronem centralnym (5). Odgałęzienie tego ostatniego biegnie do kory mózgowej, gdzie zespala się (6) z neuronem ruchowym ośrodkowym (7). Włókno odchodzące od tego neuronu biegnie z kolei do ruchowego neuronu obwodowego (8), którego odgałęzienia dochodzą do mięśni (9). Strzałki wskazują kierunek wędrówki pobudzenia nerwowego. *(Wg Laumoniera).*

Włókna te wychodzą z wielkich komórek kory mózgowej i biegną bocznymi i przednimi pęczkami białej substancji rdzenia, wysyłając rozwidlające się włókienka do komórek ruchowych szarej substancji rdzenia. Pośrednictwu tych właśnie włókien zawdzięczamy wszystkie nasze ruchy dowolne, świadome. Gdy chcemy podnieść rękę, mózg nasz wysyła impuls—po-

budzenie, które biegnie wzdłuż tych właśnie włókien, a ich rozwidlenia przerzucają je na odpowiednie komórki ruchowe rdzenia. Stąd zaś długie włókna ruchowe doprowadzają je do mięśni ręki. Za pośrednictwem włókien biegnących od mózgu do rdzenia świadomość nasza może zahamować odruchy, które uzna za niepożądane.

Mózg

W mocnej pokrywie kostnej czaszki spoczywa bezpiecznie delikatna, galaretowata masa — mózg. Tej niepozornej, szarawej substancji zawdzięcza człowiek swe panowanie nad światem. W niej bowiem zrodziła się myśl ludzka, która wyniosła człowieka wysoko ponad wszystkie inne twory żyjące.

Zwierzę do sił otaczającej je przyrody przystosowuje się biernie, samo jest tylko tej przyrody cząstką i niczym więcej. Człowiek — istota myśląca — przyrodę ujarzmia, podporządkowuje sobie siły natury, czyni z nich posłuszne narzędzia swej twórczej pracy. W szarych zwojach masy mózgowej Szekspirów, Beethovenów, Kantów, Koperników, Einsteinów i Edisonów zrodziły się wiekopomne arcydzieła twórczości ducha ludzkiego, które godnie współzawodniczyć mogą z cudami otaczającego świata.

Dziś każde dziecko wie, że narządem warunkującym powstawanie myśli jest mózg. Upłynęło jednak wiele stuleci, zanim ta tak oczywista dziś dla nas prawda zdobyła sobie prawo obywatelstwa.

Krętymi ścieżkami zdąża myśl ludzka do prawdy. Grecy starożytni np. doszukiwali się siedziby duszy i myśli ludzkiej w piersi, a Arystoteles — najgenialniejszy umysł starożytności — głosił, że mózg jest zimną masą, umieszczoną w głowie po to, by chłodziła opary wznoszące się z serca. Hebrajczycy znów umiejscawiali myśli i uczucia w nerkach.

Myślicielem, który pierwszy uznał mózg za narząd niezbędny do tego, aby zjawiska świadomości mogły zaistnieć i przebiegać normalnie, był Alkmeion z Krotony (VI w. przed Chr.). Nie od razu jednak zdobyły sobie jego twierdzenia posłuch wśród filozofów i lekarzy starożytności. Dopiero znakomity lekarz szkoły aleksandryjskiej Herophilos (żył ok. roku 300 przed Chr.) zdołał wywalczyć uznanie temu poglądowi. On to pierwszy wykazał różnicę między nerwami a ścięgnami, pojął rolę i znaczenie nerwów. Stwierdził, że wszystkie one bezpośrednio lub za pośrednictwem rdzenia kręgowego łączą się z mózgiem, i wyprowadził stąd wniosek, że mózg

uznać należy za główny ośrodek układu nerwowego i tym samym za siedzibę „ducha".

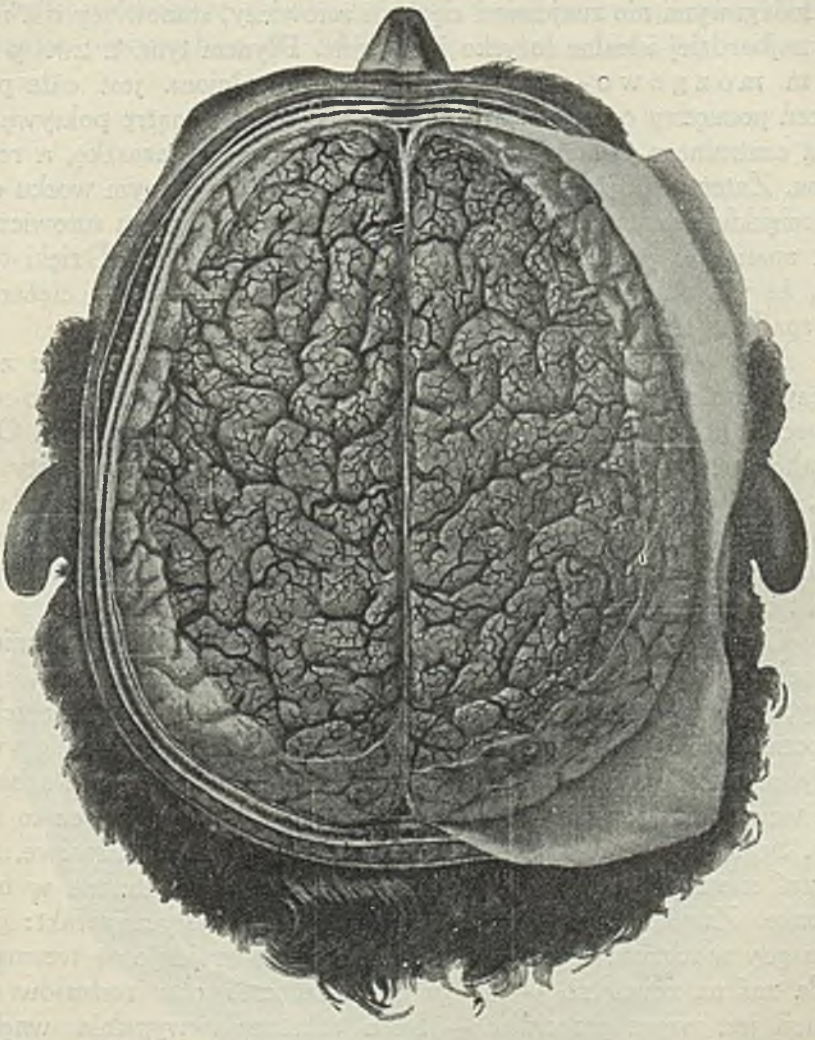
Mózg nie jest wszakże organem jednolitym, lecz składa się z kilku odrębnych części. Tylko jedna z nich — t. zw. kora mózgowa — jest istotnie ośrodkiem warunkującym istnienie myśli i czynności świadomych. W pozostałych częściach mieszczą się ośrodki czynności nerwowych przebiegających poza obrębem naszej świadomości. Zanim jednak przejdziemy do omówienia czynności mózgu, zaznajomimy się z jego budową.

Gdy otworzymy czaszkę, przekonamy się, że mózg nie przylega do niej bezpośrednio, lecz jest oddzielony od niej trzema spowijającymi go błonami, t. zw. oponami mózgowymi. Błonę zewnętrzną stanowi t. zw. opona twarda, która jest na stałe zrośnięta z wewnętrzną powierzchnią kości czaszkowych. Pod oponą twardą znajduje się delikatna i przezroczysta jak pajęczyna opona pajęcza, trzecią zaś błonę, wewnętrzną, stanowi ściśle do mózgu przylegająca opona miękka. W tkance opony miękkiej przebiega niezwykle gęsta sieć naczyń krwionośnych, których zadaniem jest odżywianie mózgu, zasilanie go w potrzebne mu substancje. Inkrustowane w oponie miękkiej naczynia krwionośne osnute są arcymisternie rozgałęzioną siecią włókienek nerwowych, które regulują dopływ krwi do poszczególnych obszarów mózgu. Znane każdemu uczucie przypływu lub odpływu krwi z głowy związane jest ze stopniem napełnienia naczyń krwionośnych opony miękkiej i czynnościami oplatających te naczynia nerwów. Również migrena, występująca w postaci ataków jednostronnego zazwyczaj bólu głowy, jest prawdopodobnie wywoływana przez stany podrażnienia tych nerwów, powodujące zwężanie się naczyń krwionośnych.

Kto widział móżdżki cielęce, od których mózg ludzki zewnętrznie niewiele się różni, wie, jak miękka i delikatna jest substancja mózgowa. Nasuwa się tedy obawa, że ta delikatna, galaretowata masa mogłaby przy lada wstrząsie ulec zmiażdżeniu, zderzając się z twardą pokrywą czaszki. Obawa ta jest jednak zgoła płonna. Byłoby tak istotnie, gdyby mózg spoczywał w czaszce luźno. W rzeczywistości jednak jest on w niej umieszczony nieruchomo i wypełnia ją ściśle.

Budową swą mózg przypomina jądro orzecha włoskiego. Gdy rozłupiemy skorupę orzecha, zobaczymy, że zawarte w niej jądro składa się z dwóch pofałdowanych półkul, przedzielonych szczeliną i połączonych ze sobą w środku spoidłem. Podobnie też mózg składa się z dwóch symetrycznych, przedzielonych głęboką bruzdą i połą-

czonych spoidłem półkul mózgowych, pod którymi mieści się oddzielony od nich szczeliną poprzeczną i przedzielony na dwie połowy móżdżek. I podobnie jak w szczeliny jądra orzecha



OPONY MÓZGOWE. Na rycinie widać półkule mózgowe połączone spoidłem i okryte oponą miękką, przez którą przebiega bogato rozgałęziona sieć naczyń krwionośnych; opona pajęcza i twarda — odchylone.

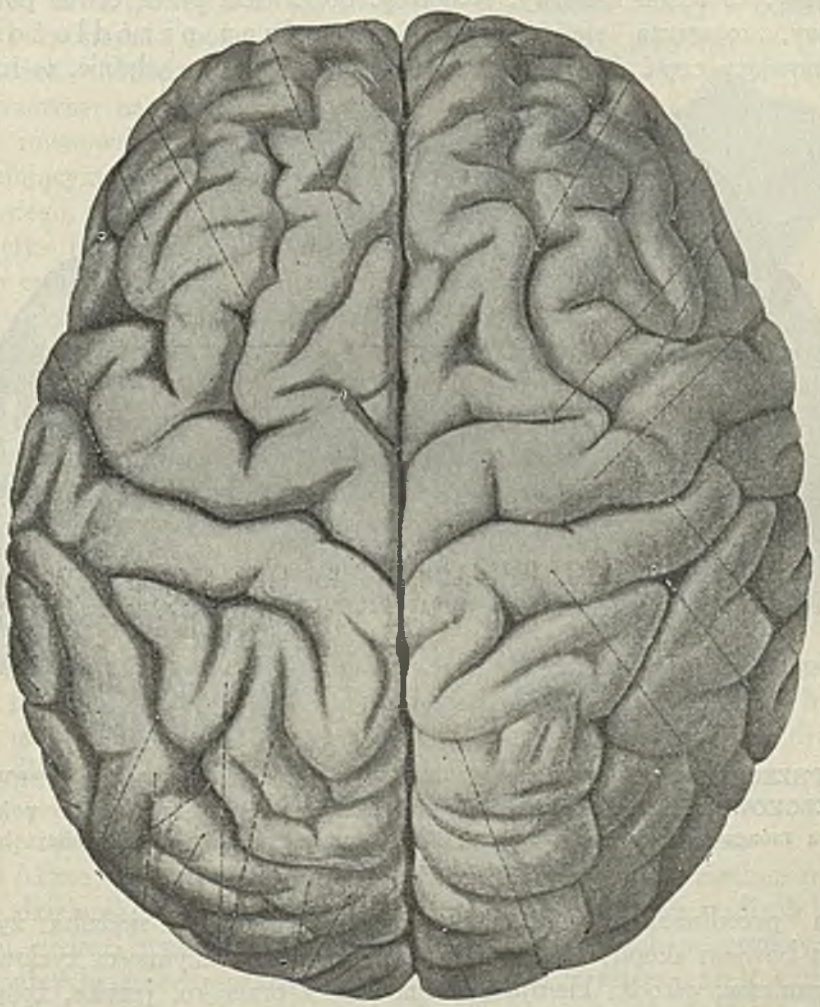
wrasta twarda błona, tak w szczelinę podłużną, między półkule mózgu, a także szczelinę poprzeczną, między mózg a móżdżek, wrasta twarda opona mózgowa. Przeto każda część mózgu, osobno objęta oponą, spoczywa jakby w oddzielnej przegródce.

Mimo to jednak mózg nie byłby tak bezpiecznie zamknięty w swej skorupie, nie miałby skutecznej ochrony przed zetknięciem z twardymi ścianami kostnymi czy tarciem, gdyby pomiędzy oponami mózgowymi nie znajdował się płyn surowiczy, stanowiący dla mózgu najbardziej idealne łożysko izolacyjne. Płynem tym, t. zw. p ł y n e m m ó z g o w o - r d z e n i o w y m, wypełniona jest cała przestrzeń pomiędzy oponą twardą, osłaniającą od wewnątrz pokrywę kostną centralnego układu nerwowego — kręgosłup i czaszkę, a resztą opon. Zatem mózg unosi się niejako zamknięty w mocnym worku opony miękkiej, zanurzony w przestrzeni wypełnionej płynem surowiczym, jak ananas w puszce konserwowej we własnym soku. Dzięki temu też, że jest on zanurzony w płynie mózgowo-rdzeniowym, ciężar jego spada z 1100—1400 g do 30 g.

Przy zapaleniu opon mózgowych zdarza się czasem, że z ich naczyń limfatycznych wydziela się zbyt wiele płynu mózgowo-rdzeniowego, który wywiera wówczas na mózg nadmierne ciśnienie. Obok gwałtownego bólu głowy pojawiają się wtedy wymioty, zawroty głowy, następuje utrata przytomności. Objawom tym przeciwdziała się drogą usuwania nadmiaru płynu surowiczego, t. zw. p u n k c j i, polegającej na nakłuwaniu opony twardej, obejmującej rdzeń kręgowy, i odciąganiu płynu wydrążoną igłą.

Gdy wyjmiemy galaretowatą masę mózgu z czaszki i usuniemy z niej okrywające ją opony, ujrzymy pofałdowaną bruzdami w fantastyczne zwoje barwy cielistej z odcieniem szarawym powierzchnię wspomnianych już półkul mózgowych, t. zw. k o r ę m ó z g o w ą. Gdy natomiast wytniemy skrawek kory, przekonamy się, że substancja wewnętrzna, czyli rdzeń półkul, jest biała. Wiemy już, co to znaczy. Szarą substancję kory mózgowej tworzą komórki nerwowe, białą zaś substancję rdzenia włókna nerwowe, zaopatrzone w białą osłonkę. Zwróćmy przy tym uwagę na charakterystyczny fakt: podczas gdy w rdzeniu kręgowym szara substancja znajduje się wewnątrz, biała zaś na zewnątrz, w mózgu rozmieszczenie obu rodzajów substancji jest wręcz przeciwne — biała substancja wypełnia wnętrze mózgu, szara natomiast tworzy jego powierzchnię i gdzieniegdzie wewnątrz białej masy mózgowej — jądra. Jest to okoliczność ogromnej wagi. Gdyby szara substancja półkul mózgowych, będąca właściwym „siedliskiem" naszej świadomości i zawierająca w sobie ośrodki naszych niezliczonych a skomplikowanych czynności psychicznych, mieściła się wewnątrz masy mózgowej, rozwój jej, a wraz z nim rozwój naszej świadomości byłby ograniczony. Tworząc warstwę zewnętrz-

ną może się ona swobodniej powiększać. Rozwój substancji szarej nie może jednak odbywać się w nieskończoność, zaporę stanowią dla niej ściany czaszki. Aby jednak w tych ściśle wyznaczonych ramach możliwie swój obszar powiększyć, kora mózgowa zwija się i fałduje, osiągając powierzchnię ok. 2200 cm^2.



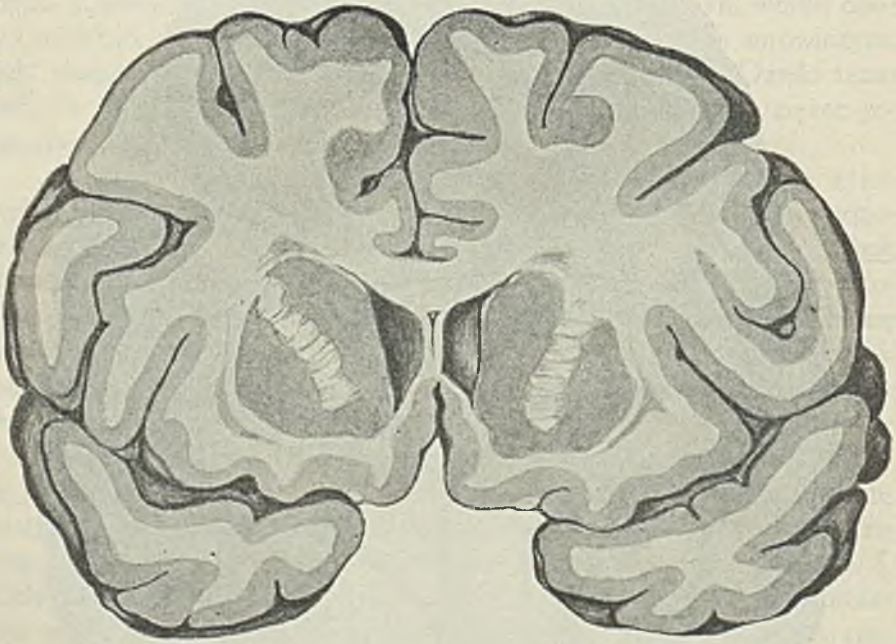
PÓŁKULE MÓZGOWE. (Widziane od góry, przedzielone szczeliną strzałkową).

Tak potężny rozwój osiągnęły półkule mózgowe dopiero u człowieka. Im niższy szczebel zajmuje dane zwierzę w hierarchii kręgowców, tym gładsza jest powierzchnia półkul mózgowych i tym mniejsza jest ich objętość w stosunku do całej masy mózgowej. Natomiast inne

części masy mózgowej, tworzące t. zw. pień mózgowy oraz móżdżek, nie uległy w ewolucji kręgowców tak wielkim zmianom, jak półkule mózgowe.

Jakie są te inne części masy mózgowej i jakie spełniają zadania?

Gdy przyjrzymy się podłużnemu przekrojowi głowy i szyi, zobaczymy, że rdzeń kręgowy, wchodząc do czaszki przez otwór potylicowy, rozszerza się i tworzy t. zw. rdzeń przedłużony, stanowiący część pnia mózgowego. Otóż tu właśnie, w rdze-



POPRZECZNY PRZEKRÓJ MÓZGU W OKOLICY SKRZYŻOWANIA NERWÓW WZROKOWYCH. Widać sfałdowaną powierzchnię półkul mózgowych pokrytą korą mózgową (substancja szara). Główna masa półkul — substancja biała, zawierająca jądra substancji szarej.

niu przedłużonym, mieści się niejako właściwa siedziba życia. Tu bowiem skupiły się ośrodki podstawowych czynności życiowych organizmu, ośrodki kierujące pracą płuc i przełyku, języka, żołądka i jelit; stąd też wychodzą nerwy regulujące czynności serca i naczyń krwionośnych. Tu zatem mieści się centrala odruchów warunkujących prawidłowe oddychanie, trawienie, krążenie krwi itp. Rdzeń przedłużony — to dla życia organ niezbędny. Można usunąć psu cały rdzeń kręgowy — spowoduje to wprawdzie bezwład całego cia-

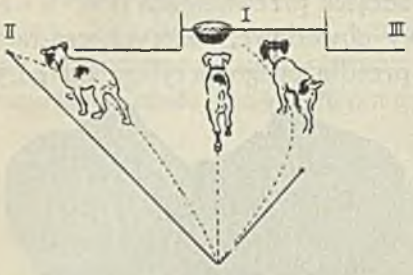
ła, ale pies pozostanie przy życiu. Można go pozbawić obydwu półkul mózgowych — zidiocieje wówczas, ale będzie żył nadal. Utraty jednak rdzenia przedłużonego nie przeżyje. Nawet nieznaczne uszkodzenie tej części mózgu pociąga za sobą często natychmiastową śmierć. W rdzeniu przedłużonym bierze też początek przeważająca ilość nerwów mózgowych. Są to nerwy obwodowe, których centralą jest bezpośrednio mózg. Do rdzenia przedłużonego przylega od góry móżdżek. Móżdżek jest niejako centralnym narządem utrzymującym równowagę ciała zwierzęcia i regulującym jego ruchy. Nic przeto dziwnego, że jest on tym lepiej rozwinięty, im bardziej skomplikowanych odruchów wymaga dla danego zwierzęcia utrzymanie równowagi. Tak np. żyjące w głębokich wodach rekiny i łososie, odbywające wędrówki do źródeł rzecznych i zdobywające po drodze wodospady, prawdziwi wśród ryb „szampioni" pływania, zarówno jak i inne ryby, mają móżdżki znakomicie rozwinięte, podczas gdy zadomowione u brzegu rzek ociężałe, niezdarne aligatory posiadają móżdżki karłowate. Jeszcze lepiej rozwinięte móżdżki mają ptaki, zaś spośród ssaków ruchliwe małpy, wspinające się na drzewa i przeskakujące zręcznie z gałęzi na gałąź, oraz wyróżniający się swą postawą pionową człowiek.

MÓŻDŻEK

Móżdżek, podobnie jak mózg właściwy, składa się z dwóch półkul, połączonych ze sobą wiązką włókien nerwowych, t. zw. robakiem. Przekrój poprzeczny móżdżku przypomina rysunkiem drzewo, dlatego starożytni anatomowie nazwali móżdżek arbor vitae — drzewem życia. Tak samo jak półkule mózgowe, składa się móżdżek z szarej, pofałdowanej kory i białego rdzenia.

Mimo dokładnej znajomości struktury móżdżku o mechanizmie jego działania wiemy niewiele. Jak zwykle w pierwszych stadiach badania danego organu, mniej wiemy o jego czynnościach pozytywnych, normalnych, aniżeli o zjawiskach negatywnych, występujących w wypadku schorzenia lub usunięcia organu. Kiedy wskutek stanów zapalnych, narośli lub krwawień móżdżek jest podrażniony lub częściowo uszkodzony, występują charakterystyczne zaburzenia w normalnym stanie napięcia mięśni oraz w regulowaniu równowagi i ruchów ciała. Chory doznaje zawrotów głowy, zatacza się jak pijany i w końcu pa-

da, przy czym, jeśli ma uszkodzoną prawą półkulę móżdżku, pada zawsze na prawy bok, jeśli lewą — na lewy. Gdy chce coś wskazać palcem, celuje ręką tuż obok. Gdy się psu wytnie jedną półkulę móżdżku, nie może on już więcej biegać wzdłuż linii prostej, lecz wciąż zatacza koła. Gdy przed takim psem w pewnej odległości postawić miskę z jadłem, nie pobiegnie on do niej wprost, lecz zataczając łuki wciąż będzie wokół niej krążył nie docierając do miski. Usunięcie natomiast psu obu półkul móżdżku nie wywołuje — rzecz zdumiewająca — jaskrawych objawów patologicznych. Czyżby więc móżdżek miał być zbędnym narządem? Przemawiałyby za tym doświadczenia znakomitego fizjologa Goltza, który wsławił się swymi niezwykle zręcznymi zabiegami operacyjnymi, dokonywanymi na mózgach zwierząt. Usuwał on małpom i psom móżdżki, po czym zoperowane zwierzęta niczym nie różniły się od swych normalnych towarzyszy poza niedokładnością w wykonywaniu trudniejszych zespołów ruchów (skoki, przeskakiwanie przeszkód). Na sekcjach zwłok niejednokrotnie stwierdzano u nieboszczyków niedorozwinięty móżdżek. Okazywało się przy tym, że ludzie ci za życia nie zwracali na siebie uwagi otoczenia żadnymi patologicznymi objawami.



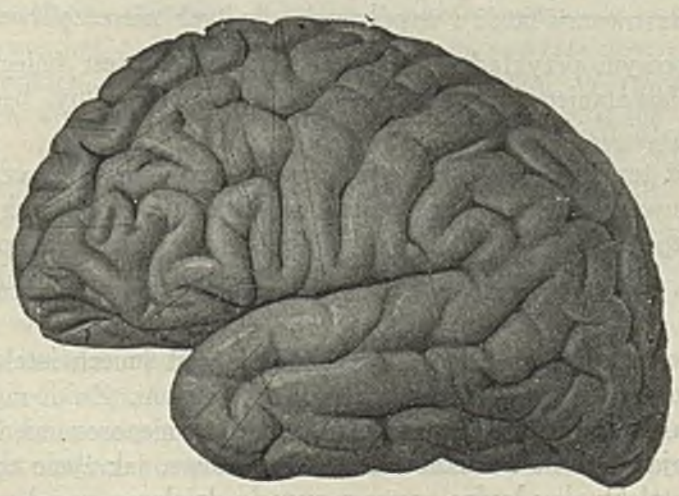
NASTĘPSTWA USZKODZENIA MÓŻDŻKU. Pies z usuniętą połową móżdżku nie może biec naprzód po linii prostej (I), lecz zbacza (II) z drogi właściwej. Aby dobiec do swej miski, pies ten musiałby odbyć drogę wskazaną na rycinie (III). *(Wg F. Kahna).*

Prawdopodobnie brak jaskrawych objawów patologicznych u zwierząt po usunięciu obu półkul móżdżku, ewentualnie u ludzi posiadających obie półkule móżdżku niedorozwinięte, tłumaczy się tym, że móżdżek nie spełnia funkcji samoistnych, lecz wchodzi w skład skomplikowanej aparatury, samoczynnie regulującej ruchy ciała; jednym z najważniejszych składników tej aparatury jest błędnik uszny.

Usunięcie jednej półkuli móżdżku powoduje więc znaczne zaburzenia równowagi, gdyż zdecydowanie niszczy symetryczną innerwację prawej i lewej połowy ciała; po zniszczeniu jednej półkuli ruchy jednej połowy ciała są znacznie silniejsze, pełniejsze i obszerniejsze niż strony przeciwnej — stąd pochodzą ruchy maneżowe (okrężne).

Natomiast usunięcie obydwu półkul pociąga za sobą stosunkowo niewielkie zaburzenia — gdyż nie narzuca asymetrii ruchowej i czuciowej.

Być może też, że brak objawów patologicznych u zwierząt nie posiadających móżdżku i u ludzi z niedorozwiniętym móżdżkiem tłumaczy się tym, iż funkcje jego przejmują na siebie inne ośrodki, znajdujące się w głębi mózgowia, w t. zw. śródmózgowiu i międzymózgowiu, które obok rdzenia przedłużonego wchodzą w skład pnia mózgowego. Śródmózgowie np. zawiera okrągławe skupienia szarej substancji, t. zw. wzgórki czworacze, które są ośrodkami kojarzenia ruchów. Dzięki nim możemy więc wykonywać ruchy złożone, t. j. wywołane przez skurcz kilku mięśni lub grup mięśniowych jednocześnie. Przykładem takich ruchów złożonych jest np. chodzenie, podczas którego zgodnie współpracują ze sobą mięśnie nie tylko nóg, ale np. i rąk, inne zaś utrzymywane są w stanie pewnego napięcia celem zachowania równowagi ciała. Cho-



PÓŁKULE MÓZGOWE. (Widziane z boku. Szczelina Sylwiusza oddziela płaty skroniowe od reszty półkul).

dząc nie zdajemy sobie wcale sprawy ze skomplikowanych czynności wykonywanych przez nasze mięśnie. Świadomość nasza wysyła bowiem tylko ogólny nakaz „wyruszenia w drogę", kierowanie zaś sprawną współpracą poszczególnych grup mięśniowych należy już do wzgórków czworaczych oraz do móżdżku.

Z ośrodków mieszczących się w międzymózgowiu wymienić na-

leży skupienia komórek nerwowych, tworzące t. zw. wzgórki wzrokowe. We wzgórkach tych u niższych kręgowców kończą się szlaki wzrokowe, które u wyższych kręgowców i u ludzi biegną stąd dalej, do kory mózgowej.

Wzgórki wzrokowe u człowieka kierują odruchami wzruszeniowymi (wyraz mimiczny strachu, gniewu, oburzenia, płaczu, śmiechu), wywołanymi między innymi przez doznania wzrokowe. Tak więc za sprawą wzgórków wzrokowych dziecko odruchowo wybucha płaczem na widok obcej twarzy, która napawa je lękiem. Podobnie wzgórki wzrokowe sprawiają, że odruchowo wybuchamy śmiechem na widok klowna, w zabawnych podskokach i pląsach wbiegającego na arenę cyrkową, albo że reagujemy odruchem śmiechu na niefortunne potknięcie się mijającego nas przechodnia, który wyciąga się naraz jak długi na równej drodze. Podobnie wywołują w nas odruchy śmiechu groteskowe wyczyny ludzi obłąkanych, mimo że zdajemy sobie sprawę, iż te zabawne na pozór gesty są przejawem tragicznej choroby, i mimo że odczuwamy litość i współczucie dla tych nieszczęśliwców.

Typowym przykładem śmiechu odruchowego jest śmiech powodowany łaskotaniem, zatem śmiech absolutnie bezmyślny, będący reakcją czysto fizjologiczną.

Otóż ten śmiech przymusowy (odruchowy) i wzruszeniowy jest uwarunkowany współpracą wzgórków wzrokowych. Natomiast dysponowanie świadomymi ruchami twarzy, a więc np. śmiech udany (jak u aktorów) jest wynikiem współpracy półkul mózgowych.

Przeciwieństwem śmiechu odruchowego jest śmiech intelektualny, uwarunkowany pewnymi skojarzeniami myślowymi. Źródłem śmiechu intelektualnego mogą być np. rozmaite zabawne nieporozumienia, w jakie obfitują zarówno komedie teatralne i filmowe, jak życie codzienne. Śmiech intelektualny budzą w nas przygody dzielnego wojaka Szweika i sławnego rycerza Don Kichota. Śmiechem intelektualnym reagujemy także na komiczne przypadki przydarzające się ludziom roztargnionym, którzy np. szukają okularów, zapominając, że mają je na własnym nosie, albo przechodząc na ulicy przed lustrem, uchylają kapelusza, biorąc własne odbicie w lustrze za postać znajomej osoby.

Klasycznym źródłem śmiechu intelektualnego jest dowcip, satyra, karykatura itp.

Pień mózgowy oraz móżdżek stanowią u człowieka zaledwie $^1/_7$

część całej masy mózgowej, aż $^{6}/_{7}$ tej masy przypada na półkule mózgowe. W mózgach zwierzęcych półkule obejmują znacznie mniejszą część masy mózgowej. W zasadzie masa półkul mózgowych jest tym mniejsza, im niższy stopień rozwoju osiągnął dany gatunek zwierzęcy. Pień mózgowy i móżdżek w ewolucji gatunków powiększają się stosunkowo mało, na ogólny wzrost masy mózgowej wpływa przede wszystkim wzrost półkul mózgowych. Zdawałoby się zatem, że z rozwojem zdolności umysłowych, których półkule mózgowe są „siedzibą", idzie w parze wzrost ciężaru całego mózgu. Bynajmniej jednak tak nie jest. Nie można mierzyć inteligencji ciężarem mózgu. Waga mózgu wieloryba wynosi np. 2500 g, a nie jest on z pewnością 40.000 razy mądrzejszy od pszczoły, której mózg waży zaledwie ułamek grama. Nie ustępuje mu też chyba pod względem inteligencji człowiek, choć mózg jego waży przeciętnie tylko 1400 g. Jest rzeczą oczywistą, że zwierzęta duże mają mózg cięższy niż małe, toteż stopnia rozwoju mózgu nie można określać na podstawie jego bezwzględnego ciężaru. Ciężar względny mózgu, t. j. stosunek ciężaru mózgu do ciężaru ciała, również nie jest największy u człowieka, przewyższającego inteligencją wszystkich przedstawicieli świata zwierzęcego. Wprawdzie mózg wieloryba wynosi $^{1}/_{40000}$ ciężaru jego ciała, mózg słonia $^{1}/_{500}$, konia $^{1}/_{400}$, orangutanga $^{1}/_{100}$, człowieka zaś $^{1}/_{40}$, ale większy niż człowiek względny ciężar mózgu mają zwierzęta małe, jak np. szczur — $^{1}/_{28}$, mysz — $^{1}/_{23}$, kanarek — $^{1}/_{12}$. To dziwne na pozór zjawisko tłumaczy się tym, że małe ptaki i zwierzęta ssące posiadają w stosunku do ciężaru ciała większą powierzchnię, której obsłużenie wymaga stosunkowo większej ilości włókien nerwowych i w związku z tym stosunkowo większego mózgu.

Wysoki stopień pofałdowania kory mózgowej nie może również uchodzić za nieomylną oznakę wyższej inteligencji, gdyż bywa wynikiem zbyt małych rozmiarów czaszki. Wieloryb np. ma mózg gęsto pofałdowany.

Nawet w ramach danego gatunku, a więc także u ludzi, nie można na podstawie ciężaru mózgu wnioskować o inteligencji danego osobnika. W zasadzie, jak wykazały pomiary mózgów, ludzie wybitnego umysłu mają mózgi większe i cięższe od przeciętnych. Odstępstwa od tej reguły są jednak tak częste i jaskrawe, że wartość jej jest wielce problematyczna. Wprawdzie mózg Kanta, ważący 1650 g, dość znacznie przekracza przeciętny ciężar mózgu (1400—1500 g); podobnie mózg Schillera (1580 g); jeszcze większym mózgiem odzna-

czał się Byron (1807 g); lecz np. mózg znakomitego chemika niemieckiego Liebiga ważył tylko 1352 g, a mózg wielkiego pisarza francuskiego Anatola France'a, jednego z najwybitniejszych umysłów współczesnej Europy — zaledwie 1017 g. France umarł jako osiemdziesięcioletni starzec, jeśli więc nawet przyjąć, że dla wieku lat 80 przeciętny ciężar mózgu wynosi tylko 1230 g (waga mózgu zmienia się bowiem z wiekiem), to jednak, mimo wszystko, waga jego mózgu jest dużo niższa od przeciętnej. Z drugiej strony, największe spośród badanych mózgów (2400, 2850 g) bynajmniej nie należały do geniuszów, lecz wręcz przeciwnie — do idiotów. W każdym razie istnieje dolna granica ciężaru mózgu: 1000 g. Mózgi ważące mniej niż 1000 g nie mogą spełniać normalnie swych funkcji, są to mózgi ludzi niedorozwiniętych umysłowo.

ROZMAITOŚĆ WAGI MÓZGU *(Wg „Die Wunder des Lebens").*

Przeciętny ciężar mózgu mężczyzny wynosi 1400 g, kobiety — tylko 1250 g. Różnica jest znaczna. Nie świadczy ona jednak o niższości intelektualnej kobiety. Przyczyna tych różnic tkwi po prostu w niższym przeciętnie wzroście kobiety.

Poznaliśmy więc w ogólnym zarysie budowę mózgu i rolę poszczególnych jego części. Z kolei zaznajomimy się bliżej z czynnościami kory mózgowej — właściwego ośrodka naszego życia psychicznego.

Jaką drogą zdołała nauka stwierdzić, że właśnie czynności kory mózgowej są niezbędnym warunkiem normalnej pracy naszej świadomości?

Jednym ze sposobów, stosowanych najczęściej w celu zbadania czynności układu nerwowego, jest usuwanie tej jego części, której funkcje poznać pragniemy. Wnioski opiera się na obserwacji skutków operacji, t. j. zachowania się zwierzęcia i zmian, jakie zachodzą w je-

go czynnościach normalnych. Otóż doświadczenia polegające na wycięciu półkul mózgowych wykazały skutki tym wyraźniejsze, im większą rolę w przejawach życia zwierzęcia odgrywają czynności świadome.

Gdy usuwano rybom kostnoszkieletowym obydwie półkule mózgowe (stanowiące drobną tylko cząstkę ich mózgowia), nie zdołano zaobserwować prawie żadnych zmian w ich zachowaniu. Pływały w wodzie równie żywo jak ryby normalne, a nawet czyniły wrażenie żywszych, bardziej ruchliwych. Fakt ten tłumaczy się tym, że ryby zostały uwolnione od hamującego wpływu półkul mózgowych na odruchy i czynności instynktowne.

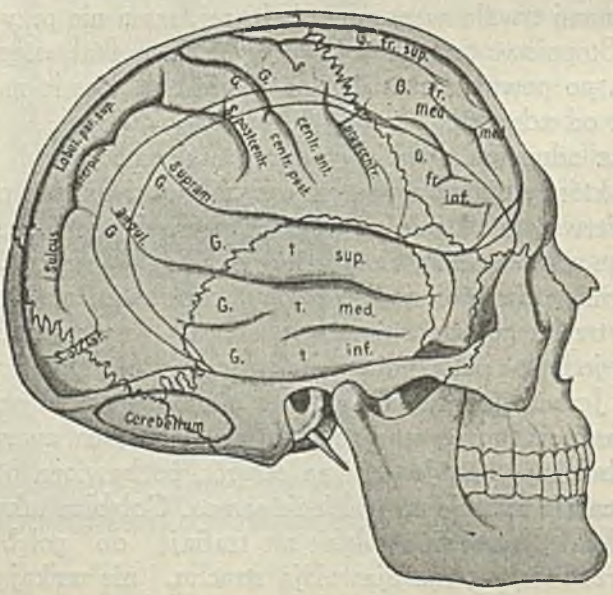
Podobne zjawisko stwierdzono u płazów. Żaba, której wycięto półkule mózgowe, z początku nie wykonywała ruchów dowolnych, całymi godzinami trwała w pozycji siedzącej, sama nie przyjmowała pożywienia. Stopniowo jednak objawy wycięcia półkul ustępowały coraz bardziej, a po pewnym czasie żaba operowana prawie niczym się już nie różniła od zdrowej.

Wręcz odmienne skutki wywołuje usuwanie półkul mózgowych u ptaków, które stoją na wyższym szczeblu rozwoju niż płazy. Zwłaszcza w pierwszym okresie po operacji wykazuje ptak znaczne zmiany w swym zachowaniu. Gołąb, którego pozbawiono półkul mózgowych, całymi godzinami siedzi skulony, bez ruchu, nie przyjmuje pożywienia i trzeba go sztucznie odżywiać, aby go utrzymać przy życiu. Stopniowo jednak apatia mija i ptak zaczyna okazywać więcej samodzielności. Jednak już do końca życia cechuje go brak wszelkich skojarzeń i pamięci. Np. gruchający samiec nie zwraca uwagi na samicę, która się obok niego znajduje, i na odwrót, pozbawiona półkul mózgowych samica nie reaguje na wabienie samca. Gołębica taka nie dba też o swe pisklęta. Operowane gołębie nie trafiają do gołębnika, nie odróżniają przedmiotów, nie ujawniają strachu, nie unikają niebezpieczeństw.

Olbrzymie znaczenie w serii doświadczeń mających na celu zbadanie czynności półkul mózgowych miał eksperyment Goltza, który pierwszy dokonał udanej operacji. Goltzowi udało się przez półtora roku utrzymać przy życiu psa o wyciętych półkulach mózgowych. Pies ten, po przebyciu wstrząsu wywołanego operacją, cieszył się najlepszym zdrowiem, ale był zupełnie zidiociały. Biegał wprawdzie i chodził prawie normalnie, a nawet umiał przeskoczyć przez niską przeszkodę, ale pożywienia sam nie przyjmował. Trzeba mu było zanurzać

pysk do miski, aby jadł i pił. Widział wprawdzie, gdyż omijał przeszkody, ale nikogo nie poznawał. Reagował też na podniety słuchowe. Nie odpowiadał jednak na wołania, pieszczoty czy groźby.

Streszczając wyniki tych doświadczeń należy stwierdzić, że u zwierząt niższych, jak ryba i żaba, których życie ogranicza się niemal wyłącznie do instynktów i odruchów, usunięcie półkul mózgowych nie wywołuje prawie żadnych zmian w zachowaniu. U gołębia obserwujemy już zmiany dość znaczne, u psa natomiast, zajmującego najwyższy szczebel w hierarchii tych czterech gatunków zwierzęcych, stwierdzamy po usunięciu półkul mózgowych zupełny niemal zanik czynności psychicznych. Ruchy jego sprowadzają się odtąd głównie do czynności odruchowych i instynktownych, kierowanych, jak już



Schemat umieszczenia mózgu w czaszce (zaznaczone są główne płaty i zakręty). *(Wg Rauber i Kopsch „Anatomie").*

wiemy, przez niższe ośrodki nerwowe: rdzeń kręgowy, móżdżek i pień mózgowy. Dowodzi to, że półkule mózgowe są ośrodkiem życia psychicznego oraz czynności świadomych i celowych.

Wiele światła na rolę i czynności kory mózgowej rzuciły doświadczenia i prace znakomitego fizjologa rosyjskiego Pawłowa, twórcy teorii t. zw. o d r u c h ó w w a r u n k o w y c h.

Co to są za odruchy i czym się różnią od odruchów zwykłych?

Wiadomo, że gdy wkłada się do ust jakiś smakowity kąsek, gruczoły ślinowe zaczynają wydzielać ślinę. Jest to prosta reakcja odruchowa, polegająca na tym, że pokarm podrażnia zakończenia nerwów smakowych, które przenoszą pobudzenie do rdzenia przedłużonego; stamtąd pobudzenie przekazane zostaje ośrodkowi ślinowemu, który z kolei pobudza gruczoły ślinowe do wydzielania śliny. Podobny odruch zachodzi u psa, gdy wkładamy mu do pyska kawałek mięsa. Zresztą dorosłemu psu, który już mięso jadał i zna jego smak, ślina cieknie na sam widok mięsa. Gdy pokażemy natomiast mięso młodemu szczenięciu, które nigdy jeszcze nie skosztowało mięsnego pokarmu, nie zareaguje ono na widok smakołyku wydzielaniem śliny. Ślina zacznie się u niego wydzielać dopiero wtedy, gdy włożymy mu mięso do pyska. Dopiero po poznaniu smaku mięsa zacznie ono reagować na jego widok jak psy dorosłe.

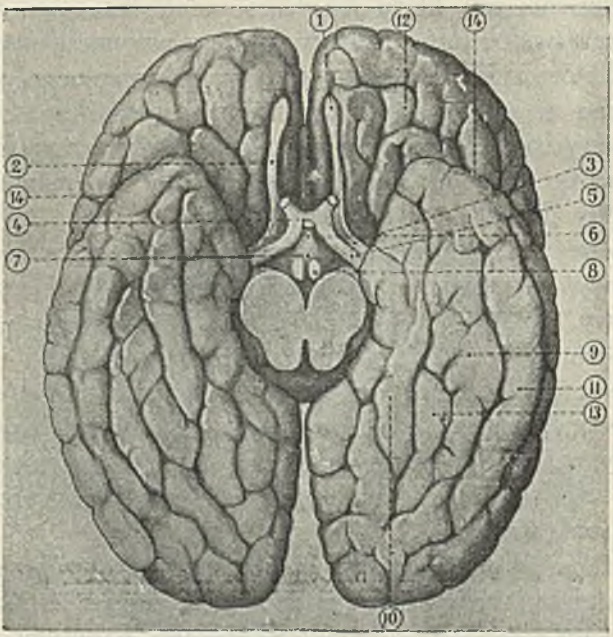
Czego uczy nas powyższe doświadczenie? Jak widać, w układzie nerwowym szczenięcia zaszła jakaś zmiana, gdyż wytworzył się u niego nowy, dotąd obcy mu odruch. Odruch ten świadczy o tym, że w jego centralnym układzie nerwowym musiało powstać jakieś nowe połączenie: połączenie pomiędzy ośrodkiem wzrokowym a ośrodkiem ślinowym. Na podstawie skrupulatnych badań tego zjawiska Pawłow wykazał, że to nowe połączenie powstaje w korze mózgowej. Tak więc udział kory mózgowej jest niezbędny w tworzeniu się odruchów warunkowych.

Otóż takie właśnie odruchy, które powstają u zwierząt w wyniku ich doświadczenia życiowego, a których centralą jest kora mózgowa, nazywamy odruchami warunkowymi lub nabytymi — w przeciwieństwie do zwykłych, bezwarunkowych odruchów wrodzonych, z którymi zwierzęta przychodzą na świat i których centralami są niższe ośrodki nerwowe — rdzeń kręgowy, pień mózgowy i móżdżek.

Warunkowy odruch wydzielania śliny wywołać może u szczenięcia nie tylko widok pokarmu, ale i jego zapach, a nawet rozmaite okoliczności uboczne, w których szczenię otrzymuje zazwyczaj posiłek. W laboratorium Pawłowa wywoływano i badano odruchy warunkowe zwierząt na dźwięki, na drapanie skóry i rozmaite inne bodźce. Można np. sprawić, że pies zacznie wydzielać ślinę na dźwięk trąby. Wystarczy tylko karmić go przy dźwięku trąby, a już samo kojarzenie tego dźwięku z karmieniem wywoła u psa odruch warunkowy.

W przeciwieństwie do odruchów wrodzonych odruchy nabyte nie są trwałe. Mogą one zanikać i pojawiać się ponownie. Jeżeli np. drażnić łapę psa prądem elektrycznym, podrywa on łapę i skomle. Jest

to odruch bezwarunkowy, wrodzony. Jeżeli z kolei drażniąc łapę psa prądem, będziemy jednocześnie potrząsali np. dzwonkiem, po kilkakrotnym powtórzeniu tego doświadczenia zacznie on podrywać łapę i skomleć już na sam dźwięk dzwonka. Tym razem wystąpi już odruch warunkowy, powstały na gruncie odruchu zwykłego. Jeżeli jednak będziemy przez kilka dni powtarzać potrząsanie dzwonkiem nie drażniąc jednocześnie łapy psa prądem, odruch warunkowy zacznie



PÓŁKULE MÓZGOWE WIDZIANE OD TYŁU. 1. Opuszka węchowa. 2. Pasmo węchowe. 4. Skrzyżowanie nerwów wzrokowych. 5. Pasmo wzrokowe. 6. Szypuła przysadki mózgowej. 7. Ciało popielate. 8. Ciałko sutkowate. 9. Pierwszy zakręt skroniowo-potyliczny. 10. Drugi zakręt skroniowo-potyliczny. 11. Trzeci zakręt skroniowo-potyliczny. 12. Zakręt oczodołowy. 13. Płat skroniowo-potyliczny. 14—14. Szczelina Sylwiusza. *(Wg Tout le corps humain).*

słabnąć coraz bardziej, aż wreszcie całkiem zniknie — pies przestanie reagować na dźwięk dzwonka.

Celem bliższego zbadania odruchów warunkowych Pawłow i jego uczniowie przeprowadzali na zwierzętach dalsze, niezwykle interesujące doświadczenia. Z początku wytworzono u psa warunkowy odruch ślinowy na dźwięk trąby. Kiedy już ten odruch utrwalił się, zastąpiono trąbę piszczałką. Pies reagował na nią tak samo, jak na trąbę: wydzielaniem śliny. Nie wyróżniał zatem początkowo dźwięku pi-

szczałki, lecz reagował jedynie na sygnał dźwiękowy. Wystarczyło jednak dawanie mu przez pewien czas jedzenia tylko po sygnale trąby, a przestał wydzielać ślinę na dźwięk piszczałki. Odpowiednio więc przeprowadzone zmiany w przebiegu doświadczenia sprawiły, że pies zaczął rozróżniać te dwa rodzaje dźwięków ze względu na ich znaczenie i pożytek.

Ćwicząc psa w ten sposób, można wykształcić w nim wrażliwość na różnice dźwiękowe niemal niedostrzegalne, uchwytne jedynie dla ucha człowieka o bardzo subtelnym słuchu.

Dzięki odruchom warunkowym, dzięki powstawaniu jednych odruchów, a zanikaniu innych, aparatura odruchowa staje się plastyczna i zwierzę może dostosowywać się do różnych a wciąż zmieniających się warunków życia. Weźmy dla przykładu psa, który zazwyczaj dostaje pożywienie podczas obiadu pod stołem. U psa takiego wytwarzają się odpowiednie odruchy warunkowe. Gdy widzi on, że domownicy siadają do obiadu, sam włazi pod stół i pilnuje, by nie zapomniano o nim. Cóż jednak stanie się z takim psem, gdy zabłąka się i będzie musiał prowadzić życie włóczęgi? Po pewnym czasie jego dotychczasowe odruchy warunkowe znikną, a zastąpią je nowe, wypływające z nowych warunków zdobywania pożywienia. Na każdą bowiem istotną i trwałą zmianę środowiska zewnętrznego układ nerwowy zwierzęcia odpowiada wytworzeniem nowych odruchów warunkowych i zahamowaniem dawnych, które w zmienionej sytuacji nie mają już racji bytu.

Najprostszym przykładem odruchu warunkowego u człowieka jest również odruch ślinowy, kiedy to według utartego powiedzenia „ślinka cieknie" na sam widok smakowitej potrawy. Nie zdajemy sobie nawet sprawy, jak wiele miejsca zajmują w naszym życiu codziennym odruchy warunkowe. Czymże, jeśli nie łańcuchem odruchów warunkowych, są nasze codzienne czynności mycia się i ubierania? Czynności te wykonywamy odruchowo, niemal ze sprawnością automatu.

Zwykle stosuje się nazwy i terminy: „odruch", „odruchowy", jeżeli chodzi o czynności proste, mało skomplikowane; w przeciwnym przypadku używa się terminu: „zautomatyzowany". Czynnościami zautomatyzowanymi w ścisłym tego słowa znaczeniu nazywamy te, które nauczyliśmy się wykonywać sprawnie bez czujnej kontroli, bez wytężonej uwagi — na skutek długotrwałej wprawy, np. jazdę na rowerze. Czynności te były jednak początkowo wykonywane przy udziale wytężonej uwagi i wszelkich naszych dyspozycji psychicznych.

Różnica między odruchami właściwymi a czynnościami zautomatyzowanymi

polega na tym, że pierwsze są wrodzone, a drugie — nabyte, wyszkolone.

Odruchy warunkowe — niekiedy nazywane skojarzeniowymi — są na pograniczu obu typów reakcyj.

Zupełnie inaczej zachowuje się dziecko, które dopiero od niedawna ubiera się samo. Dla niego każda ze związanych z ubieraniem się czynności jest nowa i wymaga namysłu. Ruchy są niesprawne i za każdym razem inne. Jednak przez codzienne wykonywanie tych samych czynności po pewnym czasie wytworzą się u dziecka odpowiednie odruchy nabyte, a wówczas tak skomplikowaną dlań poprzednio procedurę będzie ono wykonywać sprawnie, bez zastanowienia. Sprawne i szybkie pisanie na maszynie sprowadza się też jedynie do wyrobienia odpowiednich odruchów warunkowych. Z początku uczący się musi żmudnie szukać na klawiaturze każdej potrzebnej mu litery; napisanie krótkiego nawet tekstu trwa wtedy bardzo długo. Jednak stopniowo w jego korze mózgowej powstają nowe połączenia, które sprawiają, że palce same trafiają na właściwe klawisze, tak że pisząc może on nawet nie patrzeć na klawiaturę. Biegła maszynistka bynajmniej nie musi myśleć o tym, co pisze pod dyktando; na dźwięk wypowiadanych głosek palce same odpowiednio poruszają się na klawiaturze i wystukują potrzebne znaki.

Podobnie nauka zwykłego pisania piórem przypomina wytwarzanie się odruchów warunkowych. Uczące się pisać dziecko z wysiłkiem i namaszczeniem kreśli każdą literę; dopiero gdy opanuje zawiłe arkana sztuki pisania, palce jego niejako same będą wodziły piórem po papierze.

Pomiędzy odruchami warunkowymi ludzkimi a zwierzęcymi zaznaczają się wybitne różnice. U zwierzęcia najbardziej nawet skomplikowane odruchy warunkowe powstają na gruncie już istniejących odruchów i w niewielkim tylko stopniu podlegają kontroli słabo rozwiniętej świadomości. U człowieka natomiast odruchy warunkowe tworzą się przy wybitnym udziale świadomości i pozostają pod stałą jej kontrolą.

Ośrodki warunkujące czynności świadome człowieka mieszczą się w korze mózgowej, przy czym każdy z nich zajmuje określony odcinek kory. Doniosły problem lokalizacji czyli umiejscowienia tych ośrodków od dawna pasjonował badaczy, pobudzając ich do żmudnych poszukiwań i doświadczeń.

Już lekarz niemiecki Franciszek Józef Gall (żyjący na przełomie XVIII i XIX w.) głosił, że każdą czynnością ciała rządzi specjal-

nie ku temu przeznaczony odcinek kory mózgowej. Również dla poszczególnych uzdolnień — twierdził Gall — znajdują się w korze mózgowej odpowiednie ośrodki, którym odpowiadają na czaszce charakterystyczne wypukłości. Na tej zasadzie, badając czaszki różnych ludzi, ułożył on nawet mapę kory mózgowej. Posunął się przy tym tak daleko, że wyznaczył określone siedziby już nie tylko poszczególnym rodzajom pamięci (pamięć słowa, przedmiotów, nazw), ale nawet takim uczuciom, jak przyjaźń i miłość, takim cechom charakteru, jak pycha, męstwo, dowcip itd. Teoria Galla, będąca płodem bujnej imaginacji autora, rychło została obalona. Dopiero doświadczenia fizjologów drugiej połowy XIX wieku wykazały, że twierdzenia Galla zawierały ziarnko prawdy. Istotnie bowiem kora mózgowa dzieli się na pewne obszary, warunkujące normalny przebieg określonych funkcji psychicznych i fizjologicznych.

Jakimi drogami kroczą badacze mózgu, szukając w korze mózgowej ośrodków różnych jej czynności?

Przede wszystkim posługują się metodami doświadczalnymi. Wycinają więc zwierzętom poszczególne odcinki kory i obserwują zmiany, jakie występują u zwierzęcia po operacji. Jeżeli skutkiem wycięcia danego odcinka kory zwierzę przestaje poznawać znajomych mu ludzi i przedmioty, świadczy to, że wycięty odcinek obejmuje sferę pamięci wzrokowej. Jeżeli zaś wskutek wycięcia innego odcinka zwierzę zdradza zaburzenia w dziedzinie ruchów, można wnioskować, że ten właśnie odcinek kieruje jego czynnościami ruchowymi.

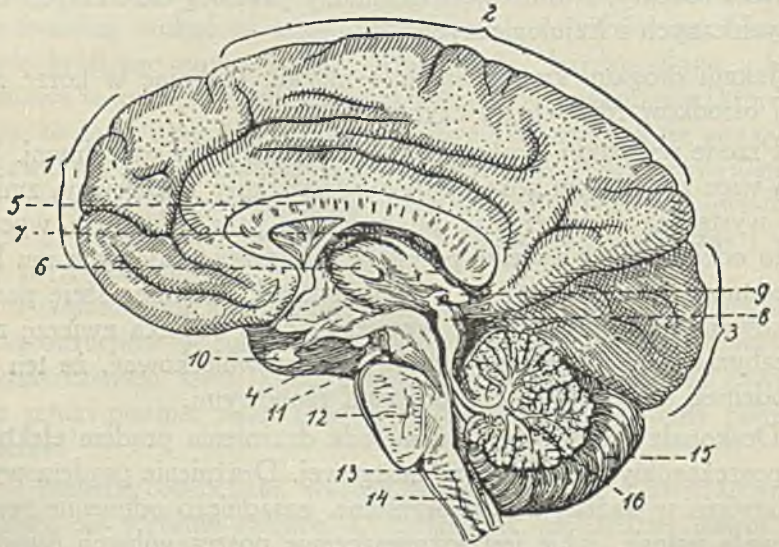
Doskonałe wyniki daje też metoda drażnienia prądem elektrycznym poszczególnych okolic kory mózgowej. Drażnienie prądem wywołuje bowiem w każdej z nich określone, zasadniczo odmienne reakcje i pozwala wnosić, jakie jest rozmieszczenie poszczególnych ośrodków w korze mózgowej.

Uzupełnieniem metod doświadczalnych są obserwacje schorzeń kory mózgowej, powodujących zniszczenie tych lub innych jej odcinków. Porażenie pewnych odcinków kory powoduje np. zaburzenia w sferze wzrokowej, innych — słuchowej itd. Wielu obiektów do obserwacji (żołnierzy o przestrzelonych czaszkach) dostarczyła wojna światowa.

Budowa kory mózgowej wydaje się na pierwszy rzut oka nader zawiła. Jakiś dziwaczny zespół chaotycznie splątanych ze sobą zwojów. Wystarczy jednak przyjrzeć się jej bliżej, a okaże się, że bynajmniej nie jest trudno zorientować się w tych tak fantastycznych na po-

zór splotach. Wśród mnóstwa rowków, odchodzących od wielkiej głębokiej bruzdy, która dzieli mózg na dwie półkule, rozróżnić można z każdej strony po dwie głębsze bruzdy, dzielące powierzchnię każdej półkuli na cztery części, zwane płatami. Od przodu znajduje się płat czołowy, z boku płat skroniowy, od góry płat ciemieniowy, od tyłu płat potyliczny. Mniejsze bruzdy dzielą każdy płat na liczne zakręty.

Kora mózgowa jest, jak już wiemy, szara, składa się bowiem z komórek nerwowych oraz niezmiernie licznych wypustek. Już słabe powiększenie pozwala stwierdzić, że komórki nerwowe ułożone są w warstwy przebiegające równolegle do powierzchni kory. W poszczególnych zakrętach ilość warstw jest różna, różne są też postacie i ro-



PRZEKRÓJ MÓZGU. 1. Płat czołowy. 2. Płat ciemieniowy. 3. Płat potyliczny. 4. Płat skroniowy. 5. Spoidło. 6. Wzgórek wzrokowy. 7. Sklepienie. 8. Wzgórki czworacze. 9. Szyszynka. 10. Przysadka mózgowa. 11. Konar mózgu. 12. Most. 13. Rdzeń przedłużony. 14. Piramida. 15. Móżdżek. 16. „Drzewo życia".

dzaje komórek. Już ta zróżnicowana budowa kory zdaje się świadczyć o daleko idącym podziale pracy między poszczególnymi jej częściami.

Jak wiemy, szara kora mózgowa przykrywa sobą białe wnętrze półkul mózgowych. Substancję białą tworzą włókna nerwowe, wychodzące z komórek kory i zmierzające do pnia mózgowego i rdzenia kręgowego oraz włókna biegnące od tych ośrodków do kory mózgowej. Poza tym w skład białej substancji wchodzą włókna

łączące różne odcinki samej półkuli t. zw. włókna kojarzeniowe, oraz włókna spoidłowe, łączące symetryczne, odpowiadające sobie części obu półkul mózgowych.

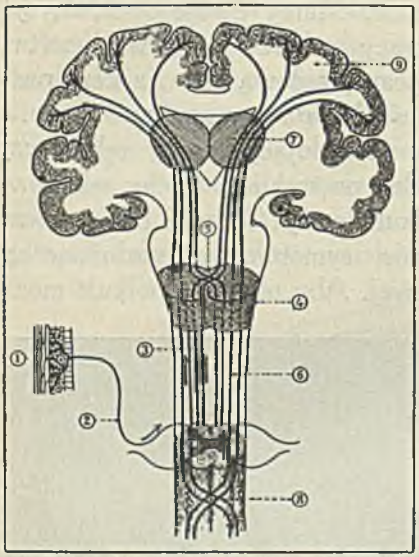
Włókna spoidłowe zapewniają sprawną współpracę obu półkul. Ciało nasze jest zbudowane symetrycznie. Mamy dwoje oczu, dwoje uszu, dwie ręce, dwie nogi. Podział pracy w korze mózgowej jest taki, że kora lewej półkuli „zarządza" prawą połową ciała, a kora prawej — lewą. Gdy np. chcemy podnieść lewą rękę, „nakaz" wysyła półkula prawa i na odwrót. Ośrodek powodujący ruchy ręki lewej znajduje się w półkuli prawej, a ośrodek powodujący ruchy ręki prawej leży w analogicznym punkcie półkuli lewej. Ośrodki te są zatem rozmieszczone symetrycznie. Podobnie symetrycznie rozłożone są wszystkie parzyste ośrodki kory mózgowej. Aby obydwie półkule mózgowe mogły pracować harmonijnie, symetryczne ich punkty muszą być ze sobą połączone. To właśnie zadanie spełniają włókna spoidłowe.

„ROZSZCZEPIENIE OSOBOWOŚCI". Sztukmistrzyni „jednoczesności" — Thea Alba. Fotografia przedstawia ją piszącą na tablicy jednocześnie pięć różnych wyrazów.

Wiemy, jak trudno jest wykonywać jednocześnie różne ruchy lewą i prawą ręką, np. prawą ręką przesuwać poziomo po powierzchni stołu, lewą zaś równocześnie uderzać w stół ruchem pionowym. Znane są jednak wypadki, kiedy ludzie, piszący obydwiema rękami, potrafią prawą ręką pisać jeden tekst, lewą zaś równocześnie inny. Technikę równoczesnego pisania różnych tekstów obydwiema rękami doprowadziła do doskonałości głośna przed laty sztukmistrzyni Thea Alba. Potrafiła ona pisać na tablicy jednocześnie pięć różnych słów pięcioma kredkami, z których dwie trzymała w prawej ręce, dwie w lewej, a jedną w zębach. Umiała też jednocześnie pisać dwa listy w dwóch różnych językach, a na dodatek dyktować jeszcze trzeci list w trzecim języku. Niezwykły ten fenomen polega prawdopodobnie na zdolności wyłączania poszczególnych włókien kojarzeniowych i spoidłowych, dzięki któremu poszczególne odcinki kory mózgowej mogą pracować samodzielnie, niezależnie jeden od drugiego i umożliwiają w ten sposób jednoczesne wykonywanie różnorodnych czynności.

Rzecz ciekawa, że u człowieka lewa półkula ma przewagę nad

prawą. Półkula lewa przewodzi, podczas gdy prawa tylko z nią współpracuje. Podobnie jak w dwukonnym zaprzęgu prowadzi i właściwie ciągnie wóz lepszy koń, gdy drugi dotrzymuje mu tylko kroku. Tym się tłumaczy fakt, że u ludzi, z wyjątkiem mańkutów, prawa połowa ciała jest ruchliwsza niż lewa. Jak wykazują doświadczenia, ośrodki wszystkich naszych najbardziej skomplikowanych czynności, jak mowa, czytanie, pisanie, gra na instrumentach muzycznych, powstają jedynie w lewej półkuli.



SKRZYŻOWANIE DRÓG NERWOWYCH W OŚRODKACH (W RDZENIU i MÓZGU). Po wyjściu ze skóry (1) obwodowy nerw czuciowy (2) zdąża do rdzenia (3) i tam biegnie w kierunku mózgu. Włókna tworzą pęczki tylne rdzenia i krzyżują się (5) na wysokości opuszki (w rdzeniu przedłużonym — 4.). Prawostronne przechodzą na stronę lewą i odwrotnie. Oprócz skrzyżowania dróg dośrodkowych w opuszce (5) istnieje skrzyżowanie na terenie rdzenia kręgowego (8). Włókna, raz już skrzyżowane w rdzeniu (6), omijają skrzyżowanie w opuszce, biegną do wzgórków wzrokowych (7) i dalej do kory mózgowej (9).

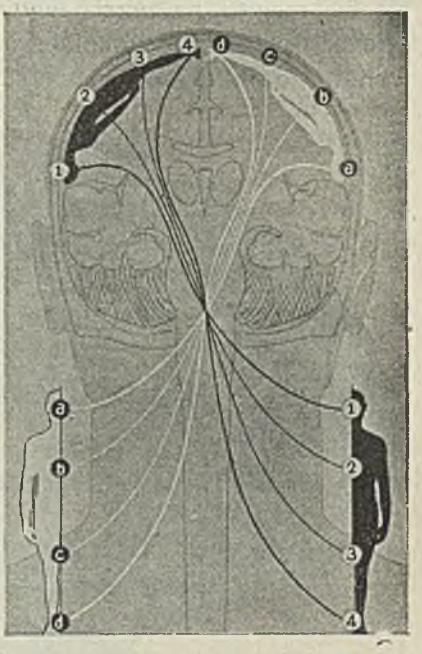
Włókna zdążające od kory mózgowej do niższych ośrodków układu nerwowego są to włókna ruchowe, odśrodkowe. Komórki ich tworzą t. zw. p o l a r u c h o w e kory mózgowej, w których, jak wykazały doświadczenia i obserwacje, mieszczą się ośrodki naszych ruchów świadomych, dowolnych. Pola ruchowe zajmują przednią część płatów ciemieniowych.

Jeżeli wytnie się psu odcinek jednej półkuli, zawierający pole ruchowe, straci on na kilka dni zdolność poruszania przeciwległą połową ciała. Po pewnym czasie objawy porażenia wprawdzie znikną, pies nie potrafi jednak wykonywać nakazywanych mu ruchów niecodziennych, do których nie jest przyzwyczajony. Gdy więc np. każemy mu chodzić po wąskiej desce, jego kończyny lewe (jeżeli wycięto mu pola ruchowe półkuli prawej) będą się wysuwały za brzeg deski i pies wciąż będzie spadał. Podobnie też nie potrafi on chodzić po schodach, po drabince itp., co dla psa normalnego nie przedstawia prawie żadnych trudności. Dowodzi to, że pola ruchowe kory mózgowej zarządzają ruchami planowymi, wymagającymi większej precyzji, podczas

gdy ruchami zwykłymi, z jakich np. składa się chodzenie, zawiadują niższe ośrodki układu nerwowego. Tak samo człowiek, u którego na skutek choroby uległy zniszczeniu ośrodki ruchowe kory mózgowej, zdolny jest do wykonywania tylko ruchów prostych, jak np. zgięcie ręki w łokciu czy nogi w kolanie, lecz już manipulowanie dłonią czy palcami leży poza granicami jego możliwości.

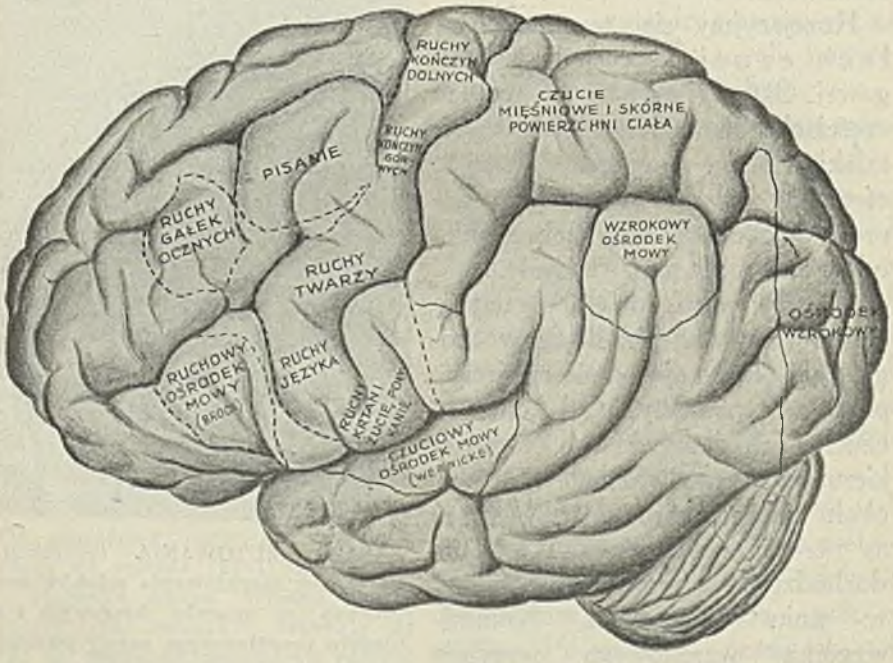
Rozejrzyjmy się teraz w polach czuciowych kory mózgowej. Skupiły się one w tylnych częściach półkul. W nich kończą się szlaki włókien komórek niższych ośrodków układu nerwowego, doprowadzające do nich pobudzenia odbierane przez nasze zmysły.

Ośrodek wzroku mieści się w płacie potylicznym. Prześledźmy drogę, jaką docierają doń odbierane przez oko podniety. Od komórek czuciowych siatkówki oka biegną w kierunku mózgu włókna w liczbie około miliona, tworząc kabel, zwany nerwem wzrokowym. Nerw ten dochodzi do wzgórka wzrokowego w pniu mózgowym. Komórk wzgórka wzrokowego wysyłają znów promieniste wiązki włókien do odpowiedniej okolicy kory mózgowej, zwanej polem wzrokowym. Pierwszym więc ogniwem tego łańcucha jest siatkówka oka, która odbiera podnietę optyczną; drugim — wzgórek wzrokowy, który pobudzenie kieruje albo do narządów ruchowych (w ten sposób powstają odruchy wzrokowe), albo przekazuje je do trzeciego ogniwa — ośrodka wzrokowego kory mózgowej. Dopiero po dojściu pobudzenia do ośrodka wzroku w korze mózgowej — powstają wrażenia wzrokowe. Dzięki temu też uzyskujemy wrażenie światła po uderzeniu, silnym zgnieceniu oka — „tak się uderzył, że mu świeczki



ZASADA RZUTOWANIA (projekcji). Na skutek skrzyżowania szlaków nerwowych w rdzeniu kręgowym i w rdzeniu przedłużonym nerwy poszczególnych okolic ciała są rzutowane na korę mózgową tak jak w aparacie fotograficznym. A więc nerwy prawej połowy głowy (1) kończą się w dolnym odcinku lewego zwoju ruchowego (1), podczas gdy nerwy lewej nogi biegną do najwyższej części prawego zwoju ruchowego (d) itp.

w oczach stanęły". Na tym jednak proces się nie kończy. Pobudzenie ośrodka wzrokowego kory jest aktem przejściowym, podobnie jak naświetlanie matówki fotograficznej. Pole wzrokowe, które wciąż musi być przygotowane do przyjmowania nowych „zdjęć fotograficznych", nie ma miejsca na przechowywanie obrazów. A jednak, jak wiemy, człowiek potrafi nie tylko bezpośrednio reagować wrażeniami wzrokowymi na odpowiednie podniety, ale wrażenia te przechowywać w pa-



Główne ośrodki psycho-sensoryczne i psycho-motoryczne kory mózgowej. *(Linią ciągłą ograniczone są ośrodki sensoryczne, linią przerywaną — motoryczne). (Wg Rauber i Kopsch „Anatomie").*

mięci, kojarzyć z innymi i w odpowiednich okolicznościach odtwarzać. Jak się ten proces utrwalania, kojarzenia i odtwarzania obrazów wzrokowych odbywa — dotąd nie wiadomo. Wyniki przeprowadzonych doświadczeń pozwalają jedynie na snucie hipotez. Tyle tylko wiadomo, że wycięcie lub uszkodzenie tylnej części mózgu (a głównie płatów potylicznych) wywołuje zarówno u zwierzęcia, jak i u człowieka t. zw. „ślepotę psychiczną". Człowiek widzi wtedy tylko „fizjologicznie", a nie „psychicznie"; może nawet reagować odruchowo na podniety optyczne, gdyż oczy jego je odbierają, ale nie posiada wspomnień optycznych, nie wie nic o tym, co widział dawniej, nie może też

utrwalić tego, co widzi teraz. Choć więc „fizjologicznie" widzi wszystko, brak pamięci wzrokowej uniemożliwia mu wykorzystanie doznań obecnych, a więc — nie rozpoznaje nic. Widzi np. zegar, ale nie posiada już wspomnień zegara, nie może w nim rozpoznać przyrządu do mierzenia czasu. Nie poznaje własnej żony ani siebie samego, gdy stoi przed lustrem. Wystarczy jednak, by żona przemówiła, a pozna ją po głosie, gdyż jego ośrodki słuchowe funkcjonują normalnie. Natomiast utrata wzroku, a więc ślepota bezwzględna, przy nienaruszonej korze mózgowej, nie odbiera człowiekowi zdolności odtwarzania dawnych obrazów wzrokowych. Ociemniały „widzi" nadal, ale, jak to się mówi, „oczyma duszy". Ponieważ niedostępne są dla jego oczu obrazy świata zewnętrznego, tworzy sobie własny świat obrazów, widziany „okiem wewnętrznym".

Podobnie marzenia senne są to obrazy, które widzimy naszym „okiem wewnętrznym". Siatkówka oczu jest we śnie oczywiście nieczynna. Jedynie nasze ośrodki w korze mózgowej pracują, ale bezładnie. Łączymy chaotycznie wspomnienia widzianych na jawie ludzi, przedmiotów, zdarzeń. Skojarzenia wspomnień są we śnie na ogół fantastyczne, zdeformowane i z rzeczywistością niewiele mają wspólnego.

Analogicznie do zjawisk wzrokowych przebiegają zjawiska słuchowe. Ośrodek słuchu mieści się w płacie skroniowym kory mózgowej. Podniety odbierane przez zakończenia nerwów słuchowych w uchu docierają do ośrodka słuchowego kory mózgowej, gdzie są odbierane jako wrażenia słuchowe. Nasza zdolność utrwalania, kojarzenia i odtwarzania wyobrażeń obejmuje oczywiście i sferę wrażeń słuchowych. Należy przy tym zaznaczyć, że kojarzenie zachodzi nie tylko między wyobrażeniami tego samego typu. O bogactwie naszego życia psychicznego decyduje właśnie zdolność wiązania wyobrażeń z zakresu różnych zmysłów. Połączeń tych wymagają zresztą nawet czynności najprostsze, np. rozpoznawanie ludzi po głosie.

Głosy ludzi bliskich poznajemy od razu, np. przez telefon. Często jednak zdarza się, że nie możemy sobie uświadomić, z kim mówimy. Głos wydaje się nam znajomy, lecz w żaden sposób nie możemy zdać sobie sprawy, do kogo ten głos należy. Dezorientacja nasza wynika stąd, że choć słyszany kiedyś głos naszego rozmówcy utrwalił się w naszej pamięci, nie skojarzył się jednak trwale z wyobrażeniem jego osoby i trzeba dopiero innych skojarzeń, np. wymienienia przez intrygującego nas rozmówcę okoliczności, w jakichśmy go poznali, byśmy mogli wreszcie zdać sobie sprawę, z kim mówimy.

Zaburzenia sfery słuchu są zupełnie analogiczne do zaburzeń sfery wzroku. Gdy człowiek traci swój organ słuchu, nie może odbierać dźwięków ze świata zewnętrznego (głuchota absolutna). Jego ośrodek słuchowy w korze mózgowej pozostaje jednak nadal czynny. Może on więc budzić w pamięci wspomnienia zasłyszanych dźwięków, słyszeć głosy wewnętrzne, nawet tworzyć nowe kojarzenia dźwięków, komponować. Wielki Beethoven stworzył swoje najpotężniejsze symfonie jako człowiek głuchy. Natomiast zniszczenie ośrodka słuchowego kory mózgowej pociąga za sobą „głuchotę psychiczną", analogiczną do „ślepoty psychicznej". Kora mózgowa nie jest już bowiem zdolna do odbierania wrażeń dźwiękowych z zewnątrz ani do budzenia wspomnień dźwięków, wyrytych niejako na płytach naszego archiwum słuchowego. Człowiek słyszy wtedy „fizjologicznie" dźwięki, lecz ich nie rozpoznaje, gdyż znikły wszystkie wspomnienia dźwiękowe, z którymi mógłby je porównać. Człowiek dotknięty „głuchotą psychiczną" nie odróżnia nawet głosu ludzkiego od turkotu wozu, dźwięków skrzypiec od szczekania psa.

Przejdźmy z kolei do ośrodków mowy w korze mózgowej człowieka. Rzecz ciekawa, że podczas kiedy ośrodki wzroku i słuchu są parzyste, ośrodek mowy mamy tylko jeden i niemal u wszystkich ludzi mieści się on w półkuli lewej. Spośród stu chorych, którzy utracili mowę, dziewięćdziesięciu siedmiu wykazywało porażenie pewnego odcinka w lewej półkuli, a tylko trzech w prawej, przy czym zaznaczyć należy, że ci trzej byli mańkutami, w przeciwieństwie zatem do ludzi „praworęcznych" mieli lepiej rozwiniętą półkulę prawą. Prawdopodobnie człowiek w dzieciństwie posiada w odbydwu półkulach zawiązki ośrodków mowy. W związku jednak z „praworęcznością" człowieka od najwcześniejszego dzieciństwa rozwija się lepiej jego półkula lewa, a wraz z nią tylko zawiązek lewego ośrodka mowy. Ośrodek prawy pozostaje w stanie niedorozwiniętym.

Zrozumienie czynności ośrodka mowy ułatwiają nam obserwacje poczynione nad dziećmi. Otóż z początku dziecko uczy się tylko rozumieć mowę swego otoczenia. W jego archiwum wspomnień dźwiękowych pojawia się coraz więcej zasłyszanych słów. Gdy dziecku pokazuje się przedmioty, za każdym razem wymieniając ich nazwę, zaczyna ono w końcu rozumieć, że dana nazwa oznacza dany przedmiot. W ten sposób rodzą się w umyśle dziecka wyobrażenia słów.

Z kolei dziecko zaczyna odczuwać potrzebę powtarzania znanych mu wyrazów. Oczywiście początkowo czynność ta sprawia mu duże trudności. Mechanizm mowy jest bowiem bardzo skomplikowa-

ny — wymaga wprawiania w ruch całych zespołów mięśni, poczynając od mięśni języka i krtani, a kończąc na mięśniach brzucha. Toteż opanowanie mowy wymaga dłuższej wprawy.

Mowa składa się więc z dwóch rodzajów czynności. Pierwsza czynność — to wywołanie wyobrażenia słowa, t. zn. odtworzenie przechowywanego w archiwum wspomnień słuchowych dźwięku i skojarzenie go z odpowiednimi pojęciami, druga — wymówienie tego słowa drogą uruchomienia odpowiednich mięśni.

Mówiąc posługujemy się tylko tymi wyrazami, które umiemy wiązać z odpowiednią treścią pojęciową. Ogół ich nazywamy naszym zasobem słów. Zasób słów poszczególnych ludzi jest różny. Przeciętny mieszkaniec wsi operuje zasobem słów od 500 do 1000. Znacznie bogatsze jest słownictwo robotnika miejskiego, który posługuje się 2000 słów. Abiturient szkoły średniej rozporządza zasobem 3000—4000 słów. W Starym Testamencie znajdujemy 5642 różne słowa. Współczesna gazeta codzienna operuje przeciętnie 6000 słów. Wielcy mówcy parlamentarni, jak Bismarck, Disraeli, Gambetta, używali 10.000 słów. Takim mniej więcej zasobem słów posługiwali się wielcy klasycy literatury. Najwięcej, bo 15.000 różnych wyrazów znajdujemy w dramatach Szekspira.

Znany jest cały szereg zaburzeń w zakresie mowy. Zdarza się, że człowiek traci zdolność rozumienia słyszanych słów. Mówimy wtedy o afazji sensorycznej. Dotknięty tym schorzeniem człowiek słyszy dźwięki, rozpoznaje je nawet, odróżnia np. dźwięk dzwonka od turkotu wozu, może nawet poznać człowieka po głosie, lecz zupełnie nie rozumie znaczenia słyszanych wyrazów. Schorzenie to wiążą badacze z uszkodzeniem górnych okolic płatu skroniowego (ośrodek Wernickego). Zniszczenie ośrodka ruchowego mowy, lokalizowanego w dolnej części przedniego zakrętu ciemieniowego (zwanego też zwojem Broca od nazwiska badacza, który pierwszy stwierdził na podstawie obserwacji klinicznych związek tego płatu mózgowego z czynnościami mowy), powoduje utratę zdolności mówienia, t. zw. afazję motoryczną. Chory wszystko słyszy i rozumie, ale mówić nie może. Nie jest to bynajmniej sprawa porażenia mięśni biorących udział w wymawianiu słów, te same bowiem mięśnie funkcjonują normalnie przy innych czynnościach, jak np. żucie, połykanie, mimika twarzy, dmuchanie, gwizdanie, nieartykułowane wołanie; mięśnie te utraciły jedynie zdolność do wykonywania skomlikowanych ruchów, które składają się na artykułowaną mowę ludzką.

Jeżeli znów włókna nerwowe przewodzące podniety ruchowe do

odpowiednich mięśni pracują bez ładu, człowiek nie może powiedzieć tego, co zamierza, lecz mówi coś zgoła innego, zdając sobie zresztą z tego sprawę (t. zw. p a r a f a z j a).

Znane są też wypadki, kiedy chorzy słyszą słowa, rozumieją je, umieją je wymawiać, lecz gdy chcą je wypowiedzieć, nie znajdują w danym momencie potrzebnych wyrazów. Cierpią więc na utratę pamięci słowa (a f a z j a a m n e s t y c z n a).

Chwilowe zapominanie nazw przedmiotów nawet codziennego użytku zdarza się zresztą również ludziom zupełnie normalnym i zdrowym. Chcąc np. wyrwać gwóźdź ze ściany, zwracamy się do któregoś z domowników: „Proszę cię, podaj mi...", lecz nazwa potrzebnego nam przedmiotu: „obcęgi" akurat uleciała nam z pamięci i nieraz przez parę dobrych chwil nie możemy jej sobie przypomnieć.

Ośrodki mowy pozostają w związku nie tylko z ośrodkiem słuchu, lecz i z innymi ośrodkami, a przede wszystkim z ośrodkiem wzroku. Wyobrażenie słowa powstaje w naszej korze mózgowej nie tylko na dźwięk nazwy, lecz również na widok danego przedmiotu. Gdy patrzymy na stół, w umyśle naszym powstaje wyobrażenie słowa „stół". Podobnie wyobrażenie słowa „stół" budzi się na widok pisanego zespołu liter „s-t-ó-ł". Na tej właśnie współpracy ośrodka wzroku i ośrodka mowy polega zdolność czytania.

Z czynnościami ośrodków mowy, wzroku i słuchu, jak zresztą również ośrodków innych naszych zmysłów, wiąże się zjawisko p a m i ę c i, będącej podstawowym elementem naszej świadomości. Fizjologiczny mechanizm pamięci nie jest bliżej znany. Wiadomo tylko, że istnieją różne rodzaje pamięci; u jednych ludzi przeważa np. pamięć wzrokowa, u innych pamięć słuchowa. Są ludzie, którzy ucząc się np. do egzaminu, nie potrafią zapamiętać danego tekstu, jeśli nie przeczytają go sobie kilkakrotnie na głos; u tych ludzi przeważa pamięć słuchowa. Inni znów muszą go sobie kilka razy przeczytać po cichu, względnie nawet przepisać; tacy ludzie posługują się pamięcią wzrokową. Np. znakomity chemik niemiecki Liebig pamiętał tylko to, co sobie zapisywał. Niektórzy ludzie odznaczają się szczególną pamięcią nazw, dat historycznych, cyfr; inni znów z łatwością zapamiętują kształty i barwy widzianych przedmiotów, nie potrafią jednak utrwalić w pamięci nazwiska nowopoznanej osoby. Wśród ludzi obdarzonych słuchem muzycznym często spotyka się takich, którzy po koncercie potrafią bez błędu zagrać lub zaśpiewać pierwszy raz słyszaną melodię czy nawet cały utwór.

Znakomitą pamięcią, zwłaszcza wzrokową, odznaczał się Na-

poleon. Jeżeli chciał zapamiętać sobie jakiś szereg nazw czy cyfr, spisywał je na kartce i jedno spojrzenie na notatkę wystarczało, by je utrwalił w pamięci. Napoleon pamiętał też z nazwiska tysiące swych żołnierzy, co więcej, potrafił wyliczyć wszystkie bitwy, w których dany żołnierz brał udział. Jednej jednak rzeczy nie mógł wielki Napoleon opanować swą fenomenalną pamięcią — pisowni języka francuskiego. Nawet nazwiska jednego ze swych najbliższych współpracowników, ministra Talleyranda, nie potrafił napisać poprawnie i, co najciekawsze, za każdym razem pisał je inaczej, ale nigdy w sposób właściwy.

Wielki wódz starożytnych Greków, Temistokles, pamiętał nazwiska 20.000 obywateli Aten. Znakomity filolog niemiecki Scaliger (XVI w.) w ciągu trzech tygodni nauczył się na pamięć całego Homera. Prawdziwie fenomenalną pamięć posiadał znany orientalista węgierski Goldzieher. Człowiek ten pamiętał setki tekstów pisanych w językach wschodnich. Pewnego razu przyjaciel dał mu do przeczytania wielką, dwutomową historię Węgier. Gdy się po 4 dniach spotkali w kawiarni, przyjaciel zapytał go, czy znalazł już czas na przejrzenie tego dzieła. „Na przejrzenie?" — uśmiechnął się Goldzieher. „Jeśli chcesz, wymienię ci wszystkie błędy drukarskie zawarte w tekście". Obecni przy stoliku znajomi nie chcieli dać wiary, by można było w 4 dni przeczytać dokładnie tak wielkie dzieło i na domiar zapamiętać wszystkie błędy drukarskie. Ktoś założył się nawet, że znajdzie inne jeszcze błędy, przeoczone przez Goldziehera. Strawił jednak na szukanie tych błędów 2 tygodnie, a zakład przegrał.

Podobnie zdolność zachowywania w pamięci każdorazowego układu figur na szachownicy umożliwia mistrzom szachowym t. zw. grę ślepą (bez szachownicy i figur) oraz równoczesne rozgrywanie kilkunastu partii.

Wybitną pamięcią zarówno wzrokową, jak i słuchową musiał się odznaczać król starożytnego Pontu, Mitridates, który władał 22 językami. Nie mógłby się on jednak zmierzyć ze słynnym lingwistą, kardynałem Mezzofantim, który mówił 58 językami.

Jak widzimy, w mózgu mają swą reprezentację nie tylko narządy zmysłowe. Skupiły się w nim również ośrodki warunkujące powstawanie i normalny przebieg wyższych czynności intelektualnych człowieka. Normalnie zbudowany i normalnie funkcjonujący mózg stanowi niezbędny materialny warunek procesu myślenia.

Myślenie jest najwyższą formą świadomości. Zachowaniem

zwierząt rządzą instynkty, których siedzibą jest pień mózgowy, i odruchy warunkowe, będące przejawami niższych czynności kory mózgowej. Człowiekowi instynkty i odruchy warunkowe nie są obce, jednak nie one jedynie kierują jego zachowaniem. Postępowaniem człowieka rządzi myśl. Myśleniu zawdzięcza on pozycję, jaką zdobył pośród tworów przyrody — swe człowieczeństwo. „Pająk — pisał jeden z wielkich filozofów minionego stulecia — wykonywa czynności do złudzenia przypominające pracę tkacza. Pszczoła misterną budową swych woskowych plastrów przyćmiewa niejednego architekta spośród ludzi. Lecz nawet najmarniejszy architekt od najzdolniejszej pszczoły różni się tym, że kiedy przystępuje do budowy gmachu, ma już ten gmach wzniesiony niejako w swej głowie".

Pająkowi instynkt każe snuć pajęczynę, instynkt też każe pszczole lepić z wosku plastry. Owady umieją więc wykonywać jedynie czynności odruchowe, człowiek zaś we wszystkich swych poczynaniach musi kierować się świadomą wolą, świadomie zmierza do z góry wytkniętego celu, a każde dzieło rąk ludzkich jest wcieleniem myśli zrodzonej w zwojach kory mózgowej.

UKŁAD NERWOWY AUTONOMICZNY (WEGETATYWNY)

Czynności wegetatywne organizmu ludzkiego i zwierzęcego, t. j. oddychanie, trawienie, ruchy serca, krążenie krwi, praca gruczołów itd. odbywają się poza obrębem świadomości i woli człowieka czy zwierzęcia. Wpływ czynności układu mózgowo-rdzeniowego na te procesy jest niewielki. Toteż w ramach całości układu nerwowego działa jeszcze jeden składnik, kierujący pracą i współpracą naszych narządów wewnętrznych, rolą których jest, ogólnie mówiąc, przemiana materii w organizmie.

Składnikiem tym jest odrębny, t. zw. autonomiczny układ nerwowy. Już w nazwie samej zawarta jest istotna charakterystyka tego układu. Jest on autonomiczny, samodzielny, t. j. w zasadzie niezależny od naszej woli, świadomości i wyczucia, niezależny od sztabu głównego centralnego układu nerwowego — mózgu. Układ centralny jest ośrodkiem świadomych i odruchowych reakcji, które z natury swej mogą być wyczuwane i dowolnie regulowane, na docierające do naszej świadomości bodźce. Natomiast układ autonomiczny związany jest z reakcjami autonomicznymi na bodźce niewyczuwalne, a pochodzące głównie z naszych organów wewnętrznych. Gdy np. ukłujemy się w palec, świadomość nasza natychmiast zostaje o tym powiadomiona i niezwłocznie — w pierwszej chwili odruchowo — cofa-

my rękę. Natomiast nie mamy wpływu na autonomiczne rozszerzanie się i zwężanie źrenicy oka w zależności od natężenia światła, te ruchy bowiem regulowane są przez autonomiczny układ nerwowy.

Podobnie nie czujemy wcale, że np. żółć we wnętrzu naszego ciała spływa do jelita cienkiego i nie mamy żadnej możliwości świadomego wywołania lub zahamowania tej czynności woreczka żółciowego.

Ponieważ zdolność wyczuwania podniet i reagowania na nie, świadomość i ruchy dowolne różnią zasadniczo człowieka i zwierzę od rośliny, układ centralny nazywamy także układem zwierzęcym czyli animalnym, układ autonomiczny zaś układem roślinnym czyli wegetatywnym.

Powiadamy, że układ autonomiczny jest niezależny od naszej świadomości i woli; nie znaczy to bynajmniej, że w układzie tym panuje chaos i anarchia. Wręcz przeciwnie, układ autonomiczny posiada swoje własne ośrodki, koordynujące i regulujące podporządkowane mu nerwy i powodujące pracę podległych mu narządów organizmu.

Gdzie mieszczą się te ośrodki „rozkazodawcze"?

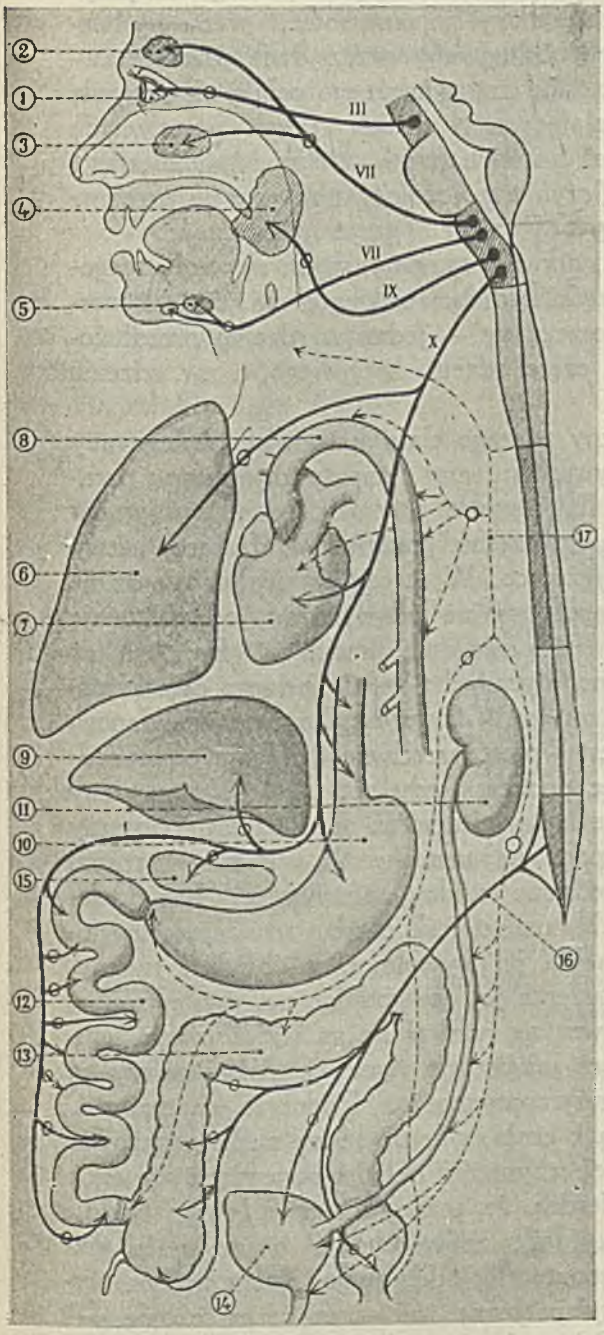
Z każdej strony kręgosłupa (od strony lewej i prawej), od rdzenia przedłużonego do miednicy ciągnie się po stronie brzusznej z góry w dół, niby powróz, gruby pień nerwowy, będący niejako łańcuchem węzłów nerwowych. Oba te łańcuchy tworzą t. zw. pasmo sympatyczne czyli współczulne. Węzły tę są połączone z korzonkami rdzeniowymi przednimi i w ten sposób wiążą się z układem mózgowo-rdzeniowym. Z pasma sympatycznego wybiegają nerwy, które tworzą w obrębie jam ciała węzły nerwowe, zwane splotami, np. splot słoneczny, krezkowy górny, krezkowy dolny. Z każdego węzła zaś wybiegają nerwy obwodowe wegetatywne do poszczególnych narządów wewnętrznych naszego ciała. To właśnie pasmo nerwowe ze swymi węzłami i odchodzącymi od nich nerwami obwodowymi tworzy układ sympatyczny.

Drugą częścią układu autonomicznego jest układ parasympatyczny, którego nerwy wytwarzają się jednak w głównej osi mózgowo-rdzeniowej, częściowo w rdzeniu przedłużonym, częściowo w dolnej części rdzenia kręgowego.

Pomiędzy poznanym już przez nas układem mózgowo-rdzeniowym a układem autonomicznym zaznaczają się istotne różnice, wypływające z odmiennych zadań, jakie każdy z nich spełnia. Podczas gdy nerwy ruchowe układu centralnego obsługują mięśnie szkieletowe, prążkowane, nerwy układu autonomicznego, prowadzące do narządów wewnętrznych, do trzewi naszego ciała, kierują niemal wyłącznie mięś-

niami gładkimi, które przeważnie jako włókna okrężne (częściowo podłużne) umieszczone są w ścianach żołądka, jelit, naczyń krwionośnych. Stanem normalnym, stanem spoczynku mięśni szkieletowych jest ich rozluźnienie, z którego wprawiane są one w stan napięcia pod wpływem przebiegających nerwami ruchowymi pobudzeń. Inaczej dzieje się z obsługującymi trzewia mięśniami gładkimi. Trzewia nasze, mające kształt rur (jelita, moczowody, przewody oddechowe, naczynia krwionośne) lub worków (serce, płuca, żołądek, pęcherz moczowy itd.), wiotczałyby aż do zupełnego bezwładu, zupełnego, biernego rozciągnięcia przy każdorazowym przejściu obsługujących je mięśni gładkich ze stanu napięcia w stan spoczynku, co nie szłoby w parze z potrzebami organizmu. W rzeczywistości zaś naczynia krwionośne, przewody oddechowe, żołądek i jelita znajdują się stale w stanie pewnego, dość znacznego napięcia, jak na wpół nadmuchane balony. Nieprzerwanie płynie naczyniami krwionośnymi strumień krwi pod dość dużym ciśnieniem, naczynia krwionośne nie są jednak rozciągane, gdyż mięśnie pozostają w trwałym, czynnym napięciu. Podobne stosunki wytwarzają się w żołądku, pęcherzu moczowym. Ten stan trwałego, nieustannego napięcia zwiemy t o n u s e m.

Powiedzieliśmy, że stanem normalnym mięśni szkieletowych jest ich rozluźnienie. Rozluźnienia tego nie należy jednak rozumieć w ten sposób, że w normalnym stanie spoczynku mięśnie te są całkowicie pozbawione napięcia. I one, jak mięśnie gładkie, posiadają swój tonus, co prawda znacznie niższy od tonusu mięśni gładkich. Różnica polega na tym, że podczas gdy praca mięśni gładkich objawia się jako odchylenie od napięcia przeciętnego, tonicznego, ku większemu lub mniejszemu, stan czynny mięśni szkieletowych oznacza zawsze przechodzenie od napięcia tonicznego do napięcia wyższego, napięcia ruchowego, nigdy zaś do niższego. Dlatego też do wprawiania w stan czynny mięśnia szkieletowego wystarcza jeden nerw ruchowy, który pobudzając go do pracy sprawia, że przechodzi on ze stanu napięcia normalnego w stan napięcia wyższego, natomiast sprawa pobudzania do pracy mięśni gładkich jest o wiele bardziej skomplikowana. Mięśnie gładkie wymagają podwójnych nerwów ruchowych — jednego, który wzmaga napięcie, zwężając tym samym obsługiwaną przez mięsień gładki rurę trzewi, i drugiego, który napięcie obniża, rozszerzając rurę trzewi. Układ wegetatywny musi być zatem układem podwójnym, wysyłającym do każdego narządu nerwy o działaniu przeciwstawnym: nerw wzmagający i nerw obniżający napięcie. Jeżeli mięsień szkieletowy przyrównać można do klamki u drzwi, która po



UNERWIENIE NARZĄDÓW WEWNĘTRZNYCH.

Schematyczna i uproszczona ta rycina przedstawia nerwy odchodzące od głównego pnia nerwowego w postaci linii ciągłej (układ parasympatyczny), nerwy zaś odchodzące od układu sympatycznego w postaci linii kropkowanej.

III. Nerw okoruchowy.
VII. Nerw twarzowy.
IX. Nerw językowo - gardłowy.
X. Nerw błędny.
16. Nerw miednicowy.
17. Pasmo sympatyczne.
1. Oko.
2. Gruczoł łzowy.
3. Błona śluzowa nosa.
4. Gruczoły ślinowe przyuszne.
5. Gruczoły ślinowe podjęzykowe.
6. Płuco.
7. Serce.
8. Aorta.
9. Wątroba.
10. Żołądek.
11. Nerka.
12. Jelito cienkie.
13. Jelito grube.
14. Pęcherz moczowy.
15. Trzustka.

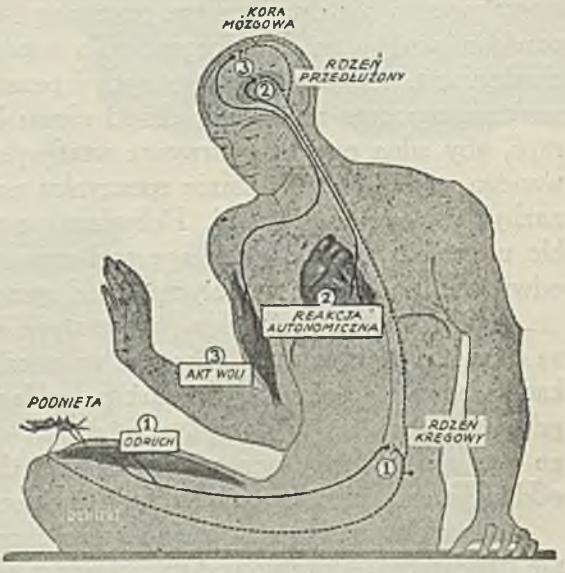
naciśnięciu sama powraca do pozycji pierwotnej, mięsień gładki przypomina ster łodzi, który pozostawiony samemu sobie, waha się bezładnie, ewentualnie musi być obsługiwany przez dwie przeciwstawnie działające linki. Nerwy układu autonomicznego pełnią niejako rolę owych linek sterowych, działających w dwóch wręcz przeciwnych kierunkach. Rozróżniamy też wśród nerwów układu autonomicznego nerwy sympatyczne *(czyli współczulne)* i zawsze im przeciwstawne nerwy parasympatyczne *(przywspółczulne)*.

Podczas gdy centralami nerwów sympatycznych są węzły wegetatywne, położone wzdłuż części kadłubowej kręgosłupa, centrale nerwów parasympatycznych mieszczą się — jedna w rdzeniu przedłużonym, druga zaś w najniższej części rdzenia kręgowego, t. zw. rdzeniu krzyżowym.

Każdy organ wewnętrzny naszego ciała jest więc obsługiwany przez parę nerwów wegetatywnych: nerw sympatyczny i nerw parasympatyczny. Początkowo fizjologowie mniemali, że nerwy sympatyczne zawsze oddziaływują na mięśnie gładkie pobudzająco, nerwy parasympatyczne zaś — odprężająco. W rzeczywistości jednak dzieje się zgoła inaczej. Nerwy sympatyczne na jedne narządy oddziaływują pobudzająco, na inne zaś wręcz przeciwnie, hamująco. Podobne też jest działanie nerwów parasympatycznych: wobec jednego organu pobudzające, wobec innego hamujące. Zawsze tylko działanie danego nerwu parasympatycznego jest wprost przeciwne działaniu odpowiedniego sympatycznego. a więc podczas gdy np. nerw sympatyczny powoduje rozszerzanie się źrenicy w ciemności, nerw parasympatyczny powoduje zwężanie się jej pod wpływem światła. Przy sztucznym drażnieniu obu nerwów — podobne rezultaty otrzymujemy bez udziału zmian natężenia światła. Natomiast jeśli chodzi o naczynia krwionośne, nerw sympatyczny zwęża je, wywołując np. bladość twarzy, a nerw parasympatyczny rozszerza je, powodując np. występowanie rumieńców. Jeżeli więc dziewczyna rumieni się na widok swego umiłowanego, to owe zdradzające jej uczucia rumieńce złożyć należy na karb czynności układu parasympatycznego. Podobnie maturzysta, któremu krople potu ściekają z czoła, gdy biedzi się nad wypracowaniem, pada ofiarą nadmiernej czynności układu parasympatycznego; niektórzy jednak autorzy twierdzą, że, przeciwnie, układ sympatyczny powoduje wydzielanie potu. Jeśli znów chodzi o czynności gruczołów ślinowych, nerw sympatyczny oddziaływa hamująco na wydzielanie śliny, nerw parasympatyczny zaś — wręcz przeciwnie — pobudza gruczoły ślinowe. Gdy stoimy przed witryną sklepu gastrono-

micznego i „idzie" nam ślinka na widok smakowitych specjałów, jest to znowu objaw działania układu parasympatycznego. Wobec serca zachowanie nerwów wegetatywnych jest następujące: nerw sympatyczny przyśpiesza rytm serca, nerw parasympatyczny natomiast rytm ten hamuje. Gdy więc np. bokser potężnym ciosem w okolice żołądka, powodując podrażnienie nerwu „czuciowego" układu, zwala z nóg przeciwnika, przyprawiając go o omdlenie, to skutki tego knock-out'u tłumaczą się tym, że podrażniony został parasympatyczny nerw błędny, który wybiega z rdzenia przedłużonego jako gruby pień i dopiero w jamie brzusznej rozgałęzia się na szereg włókien nerwowych zdążających do poszczególnych organów, m. in. do serca. Mocne podrażnienie tego nerwu powoduje zahamowanie działalności serca, spadek ciśnienia krwi i odpływ krwi z mózgu.

ZASADNICZE TRZY TYPY REAKCJI RUCHOWYCH *(Wg F. Kahna).*



1. MECHANIZM REAKCJI RUCHOWYCH ODRUCHOWYCH *(reakcje bezwiedne, mimowolne).* Droga pobudzeń t. zw. łuk odruchowy: skóra — rdzeń kręgowy — mięsień. Przykład: odruch kolanowy.

2. MECHANIZM REAKCJI ODRUCHOWYCH UKŁADU AUTONOMICZNEGO *(reakcje półświadome i mimowolne).* Droga pobudzeń: skóra — rdzeń kręgowy — rdzeń przedłużony, rdzeń kręgowy — narząd. Przykład: rumieniec, bicie serca, zahamowanie oddechu.

3. MECHANIZM RUCHÓW DOWOLNYCH *(reakcje świadome i dowolne).* Impuls do ruchów dowolnych powstaje w korze mózgowej (płaty ciemieniowe) i przenosi się za pomocą nerwów ruchowych do organu wykonawczego.

Podobne skutki wywołuje knock-out w szczękę dolną lub w szyję, w miejsce rozgałęzienia tętnic szyjnych; w miejscu tym mieści się bowiem grupa włókien dośrodkowych nerwu językowo-gardłowego, którego rozgałęzienia biegną do wielkich tętnic i ich rozgałęzień w szyi. Podrażnienie tych włókien nerwu językowo-gardłowego przenosi się przez ośrodki i powoduje z kolei

podrażnienie nerwu błędnego, co pociąga za sobą przerwanie działalności serca i znaczny spadek ciśnienia krwi, tak że „zknockoutowany" przeciwnik pada bez tętna i bez przytomności.

Nerwy wegetatywne nie pracują w odosobnieniu; zachodzi stałe współdziałanie nerwów obydwu rodzajów: sympatycznego i parasympatycznego. W poszczególnych momentach jeden z nerwów, podrażniony mocniej niż drugi, osiąga przewagę i w ten sposób wywiera odpowiedni wpływ na dany organ. To współdziałanie lub raczej przeciwdziałanie nerwów sympatycznych i parasympatycznych ma dla organizmu ogromne znaczenie; dzięki niemu bowiem nie może się zdarzyć, aby silna podnieta nerwowa wtargnęła do zupełnie nieprzygotowanego, trwającego w stanie spoczynku narządu i pobudziła go do nazbyt wielkiej aktywności. Pobudzony nerw sympatyczny musi sobie uprzednio zdobyć przewagę nad nerwem parasympatycznym lub, odwrotnie, nerw parasympatyczny nad sympatycznym.

Rzecz ciekawa, że układ wegetatywny reaguje swoiście na pewne trucizny. Tak więc np. nikotyna uniemożliwia w pewnych przypadkach wędrówkę pobudzeń wzdłuż pni układu autonomicznego, czy to gdy wstrzykuje się ją do żył, czy też gdy się nią smaruje wegetatywne węzły nerwowe. Tym między innymi tłumaczy się fakt ujemnego oddziaływania nikotyny na narządy przewodu pokarmowego.

Co ciekawsze — są trucizny (albo inaczej — ciała chemiczne silnie działające), które powodują pobudzenie bądź tylko układu sympatycznego, bądź układu parasympatycznego. Najpospolitszym, najbardziej znanym czynnikiem drażniącym układ parasympatyczny jest *muskaryna*, jad otrzymywany z muchomorów. Prócz tego drażni silnie układ parasympatyczny *fizostygmina* i *pilokarpina*. Natomiast atropina poraża nerwy układu parasympatycznego (a więc np. po zastosowaniu atropiny źrenica nie kurczy się już pod wpływem światła, bo nerw parasympatyczny jest porażony).

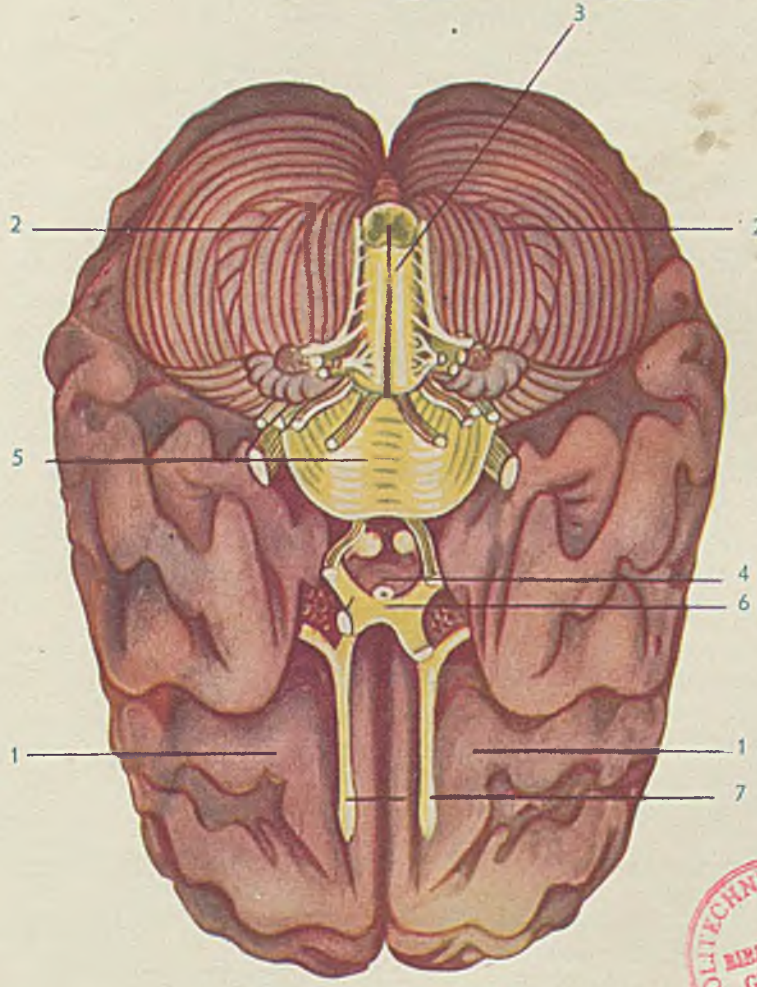
Swoistym czynnikiem drażniącym układ sympatyczny jest *adrenalina* (hormon powstający w nadnerczach), która wobec tego powoduje np. rozszerzenie źrenicy, zwężenie naczyń krwionośnych czyli zwyżkę ciśnienia krwi, przyśpieszenie ruchów serca, zwolnienie ruchów przewodu pokarmowego. Hormonem (a więc ciałem wytwarzanym wewnątrz organizmu) powodującym pobudzenie układu parasympatycznego jest *acetylcholina*, która powoduje zatem: zwężenie źrenicy, rozszerzenie naczyń krwionośnych czyli spadek ciśnienia krwi, zwolnienie ruchów serca, przyśpieszenie ruchów przewodu pokarmowego.

Ponieważ nerwy układu autonomicznego nie wybiegają poza ob-

TABLICA 5

PÓŁKULE MÓZGU I MÓŻDŻEK
(powierzchnia boczna)

barwa fioletowa—płaty czołowe
„ żółta — „ ciemieniowe
„ zielona — „ skroniowe
„ jasnoniebieska—płat potyliczny
„ ciemnoniebieska — móżdżek

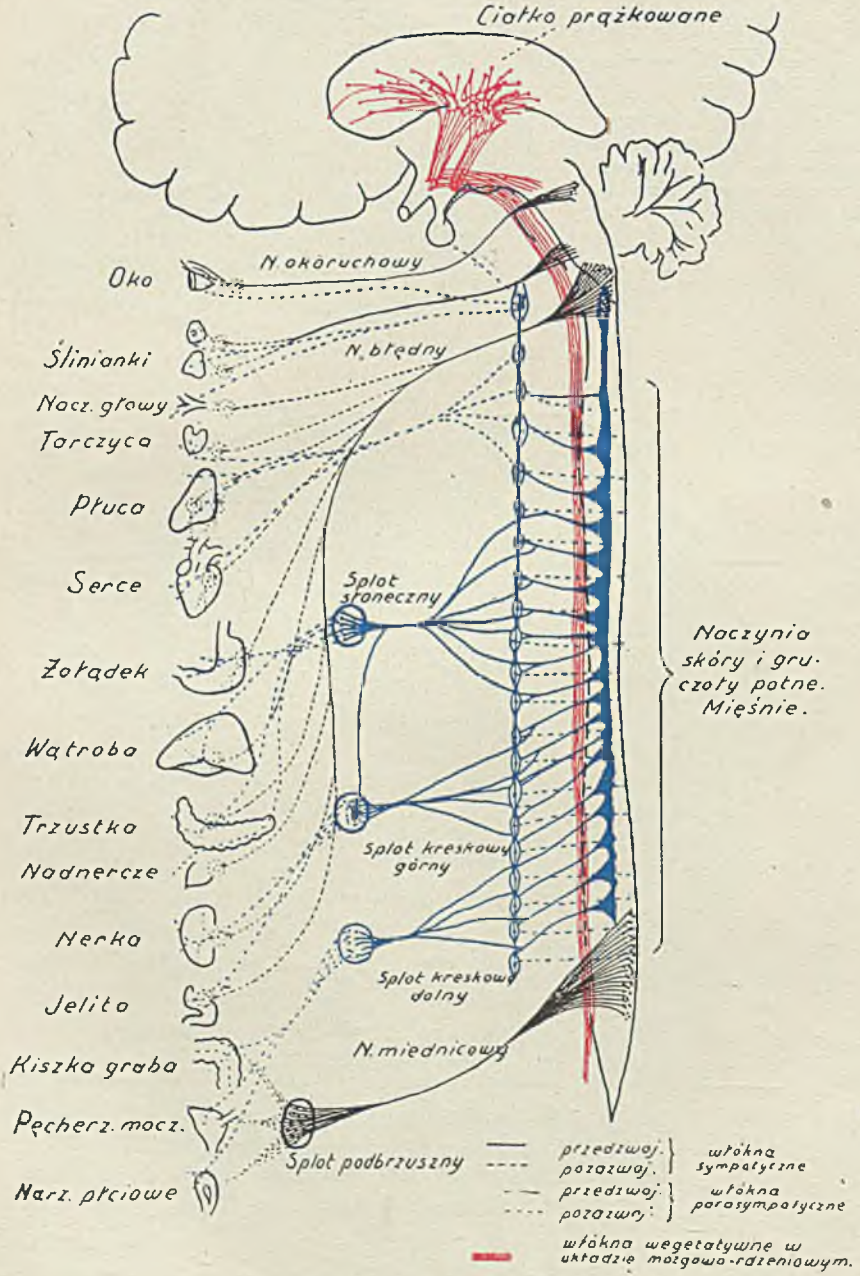


POLITECHNIKA ŚLĄSKA
BIBLIOTEKA GŁÓWNA
w Gliwicach

MÓZG

1. Półkule mózgowe. 2. Móżdżek. 3. Rdzeń przedłużony. 4. Przysadka mózgowa.
5. Most. 6. Skrzyżowanie nerwów wzrokowych. 7. Nerwy węchowe.

TABLICA 5a



UKŁAD AUTONOMICZNY (WEGETATYWNY)

ręb pnia mózgowego, a więc nie dochodzą do kory mózgowej, przeto pobudzenia pochodzące z narządów wewnętrznych nie docierają do naszej świadomości. Inaczej mówiąc — czynności wegetatywne nie posiadają w korze mózgowej dla siebie przeznaczonych pól czyli ośrodków czuciowych. Bicie serca i oddychanie, wydzielanie śliny i występowanie potu, ruchy jelit, czerwienienie się skóry i gra źrenic — wszystko to dokonywa się bez naszej wiedzy i woli. Wiemy jednak, że układ autonomiczny powiązany jest za pomocą włókien nerwowych z układem centralnym, jest więc rzeczą zrozumiałą, że wszelkie przeżycia naszej świadomości, wszelkie myśli rodzące się w zwojach kory mózgowej i wszelkie uczucia tak czy inaczej odbijają się na naszym układzie autonomicznym. Nad miastem szaleje burza. Oślepiająca błyskawica przecina gęsty mrok nocy, a zaraz po tym ogłusza nas potężny łoskot grzmotu. Zjawiska te uświadamiamy sobie za pomocą narządów zmysłowych oraz kory mózgowej. Dzięki gwałtownemu przerzutowi podniety na ośrodki nerwowe, mające swą siedzibę w głębiach pnia mózgowego, na ośrodki oddychania, tętna, krążenia krwi itd., bladość pokrywa nam policzki, serce zamiera i doznajemy uczucia lęku. Inny przykład: wzrok nasz pada na apetyczny owoc i wyobrażenie jego smaku, powstające w korze mózgowej, pobudza nasz ośrodek ślinowy, który za pośrednictwem parasympatycznych nerwów ślinowych wysyła fale pobudzeń do gruczołów ślinowych, tak że „ślinka nam idzie". Oba te przykłady ilustrują oddziaływanie świadomości, oddziaływanie centralnego układu nerwowego na niezależny od niego w zasadzie układ autonomiczny.

Zresztą wpływ świadomości na układ autonomiczny jest u poszczególnych osobników wielce różny. Stopień tego wpływu określa się jako mniejszą lub większą pobudliwość. U człowieka bardziej pobudliwego rumieńce szybko przechodzą w bladość, serce zaczyna łomotać już przy najmniejszym podnieceniu, świadomość doznanej przykrości, choćby nawet błahej, jak kleszczami ściska mu żołądek, jedna nieprzespana noc powoduje znaczne obniżenie ogólnego napięcia tkanek mięśniowych, ujawniające się w zapadniętych policzkach, powłóczeniu nogami itp. Gniew, zmartwienie, głód oddziaływują silnie na jego układ autonomiczny.

Siłą woli i „panowaniem nad sobą" można wrodzoną zależność ośrodków pnia mózgowego od kory mózgowej wzmocnić i w mniejszym lub większym stopniu podporządkować działanie układu autonomicznego świadomości i woli. Drogą systematycznego ćwiczenia można wytworzyć zdolność zarówno hamowania, jak i pobudzania czyn-

ności układu wegetatywnego i tym samym uzyskać mniej lub bardziej decydujący wpływ na przebieg autonomicznych normalnie procesów wegetatywnych. Wyniki opracowanej przez Pawłowa metody badania odruchów warunkowych, np. wydzielania śliny pod wpływem różnych bodźców zewnętrznych, umożliwiły nam właśnie zrozumienie tych spraw. To właśnie opanowywanie układu wegetatywnego przez świadomą wolę stanowi jeden z głównych celów wychowania człowieka. Pierwsza lekcja pedagogiki życiowej — przyuczanie małego dziecka do czystości — nie jest niczym innym, jak wdrażaniem go do panowania nad odruchami wegetatywnymi jelit i pęcherza. Podobnie zaprawianie się do panowania nad sobą w trudnych sytuacjach życiowych, którym to opanowaniem człowiek „wychowany" różni się od dziecka i „niewychowanego", „nieokiełznanego" dorosłego, jest jedynie dążeniem do rozprzestrzenienia władzy woli na instynktowne, autonomiczne odruchy układu wegetatywnego.

Osiągnięciami szczytowymi w dziedzinie panowania nad układem wegetatywnym poszczycić się może indyjska nauka jogów. Na pozór niepojęte, cudowne wyczyny jogów, w najwyższe zdumienie wprawiające Europejczyków, możnaby wytłumaczyć naukowo jako daleko poza normę dzisiejszą wykraczające podporządkowanie układu wegetatywnego świadomej woli jednostki. Gdy my stawiamy nasze stopy na nabitej gwoździami desce albo na ostrzu miecza, skóra nasza poddaje się i metalowe ostrza łatwo wpijają się w nasze ciało. Fakirzy natomiast nauczyli się panować nad mięśniami gładkimi tkanki podskórnej, zaopatrzonymi w wegetatywne włókna nerwowe, jak my panujemy nad mięśniami palców. Przez ściągnięcie mięśni napina fakir swą skórę niby skórzane obicie, grudki tłuszczowe tkanki podskórnej zbijają się w zwartą masę, ciało jego balansuje więc elastycznie w tańcu na ostrzach mieczów lub na nabitej gwoździami desce. Co jednak ważniejsze i ciekawsze — podobnie uczy się jog w sposób dla nas niedościgniony opanowywać głód i pragnienie, ograniczać do minimum oddychanie, obniżać tętno z 70 do 15 uderzeń na minutę i do tego stopnia hamować przemianę materii, że potrafi 15, a ponoć nawet 40 dni przeleżeć w zamkniętej trumnie nie jedząc i nie pijąc. Odosobnione przypadki podobnego opanowywania siłą woli czynności układu wegetatywnego znane są również w Europie. Są ludzie, którzy potrafią nakazać sercu bić wolniej lub prędzej, inni znów mogą dowolnie rozszerzać lub zwężać źrenice. W jednej z klinik obserwowano człowieka, który na żądanie wywoływał występowanie potu na ciele, a nawet mógł pocić się jedną tylko połową ciała. Inny osobnik sugerując

sobie urojenie, że po jego prawej stronie usypany jest kopiec śniegu, a po lewej stoi rozpalony piec, potrafił na prawej połowie ciała wywołać gęsią skórkę, na lewej zaś wystąpienie potu.

Stanami nienormalnymi, w których zaznacza się daleko idący wpływ aktualnych przeżyć psychicznych na sferę układu wegetatywnego, są — histeria i hipnoza. Histeryk — wprawdzie nieświadomym, lecz bądź co bądź ze sfery wyobrażeniowej kory mózgowej wypływającym pobudzeniem układu wegetatywnego — potrafi wywołać dowolne zaburzenia czynności narządów wewnętrznych, przez układ wegetatywny kierowanych. Znane są więc powstające tą drogą u histeryków wypadki skurczów dodatkowych serca, rozszerzenia źrenic, a nawet wysypki skórnej. Jeszcze ciekawsze jest obserwowane niekiedy u histeryczek powiększenie macicy, będące skutkiem urojenia o zajściu w ciążę. Zdarza się czasem, że macica rozrasta się wówczas do rozmiarów obserwowanych przy porodzie i brzuch pęcznieje jak u kobiety w dziewiątym miesiącu ciąży. Zjawisko to, po raz pierwszy opisane przez Francuzów, uzyskało nazwę „ciąży nerwowej".

Niemniej osobliwe jest oddziaływanie na układ wegetatywny wyobrażeń powstających podczas hipnozy. Sugeruje się np. śpiącemu: „Teraz oślepiam cię silną latarką kieszonkową", w rzeczywistości zaś trzyma mu się przed otwartym okiem monetę. A jednak źrenica zwęża się. Albo sugeruje mu się: „Masz, wypij to mleko" i podaje mu się wodę. Żołądek hipnotyzowanego, jak się o tym przekonać można przez zapuszczenie sondy, wydziela wtedy specyficzny sok, jak przy trawieniu mleka. Podobnie można oddziaływać na krążenie krwi. Przez wywołanie wyobrażenia jakiejś drastycznej sceny spowodować można zaczerwienienie twarzy, przez sugerowanie budzących grozę obrazów — blednięcie. Na skutek sugestii, że przypala się skórę rozżarzonym do białości żelazem, podczas gdy w rzeczywistości dotyka się jej tylko ołówkiem, powstaje zaburzenie krążenia w danej okolicy skóry, wydziela się płyn surowiczy i tworzy się pęcherz jak przy oparzeniu.

Do tej samej kategorii zjawisk należą również t. zw. stygmaty. Są to, jak wiadomo, rany, występujące na ciele ludzi, którzy całą duszą zatopieni są w rozpamiętywaniu mąk Ukrzyżowanego. Zjawisko to, jak zresztą większość symptomów sugestyjnych, obserwowane przeważnie u kobiet (słynna stygmatyczka Teresa z Kennerreuth), tłumaczy się przechodzącym w ekstazę wczuwaniem się w męki Chrystusa.

Niezmiernie doniosłe znaczenie biologiczne istnienia układu auto-

nomicznego czyli wegetatywnego polega na odciążaniu mózgu i tym samym świadomości od kontrolowania wszystkich autonomicznie przebiegających procesów wewnętrznych. Działalność tego układu zwalnia świadomość od troski o tętno serca, o oddychanie, wydzielanie śliny, ukrwienie skóry i setki innych procesów biologicznych, które niezmiennie odbywają się w naszym organizmie. Mózg natomiast w coraz większej mierze poświęcać się może walce o byt, toczącej się w świecie zewnętrznym. Ten podział pracy był ongiś doniosłą zdobyczą w ewolucji gatunków zwierzęcych. On to wpłynął w sposób decydujący na organiczne ukształtowanie wewnętrzne zwierzęcia, lecz wraz z pojawieniem się nadzwierzęcia — człowieka — nastąpiła zasadnicza zmiana. Zwierzę stara się panować *poprzez* swoje ciało, człowiek stara się panować *nad* swoim ciałem. Rozwój podporządkowującego sobie wszystko mózgu u człowieka osiąga rozmiary niedościgłe dla świata zwierzęcego. Człowiek zmierza do podporządkowania swych instynktów i odruchów swej świadomej woli, do uzależnienia autonomicznego układu wegetatywnego od naczelnej centrali układu nerwowego — mózgu. Toteż należy przewidywać, że podczas gdy dzisiaj panowanie świadomości nad układem wegetatywnym jest jeszcze znikome, w przyszłości, w miarę dalszego rozwoju mózgu, układ wegetatywny zostanie podporządkowany świadomości w stopniu bez porównania większym.

SEN

Nasz centralny układ nerwowy, a zwłaszcza kora mózgowa w ciągu dnia pracuje niemal nieprzerwanie. Kora mózgowa, ośrodek naszej świadomości, czynna jest nie tylko podczas skupionej i wytężonej pracy umysłowej. Pracuje ona również i wtedy, gdy o niczym nie myśląc leżymy leniwie, niemal drzemiąc, bez ruchu, z wzrokiem tępo utkwionym w sufit. Pracuje, gdyż przetwarza na wrażenia podniety odbierane przez nasze zmysły. W wyniku tej ciągłej pracy kora mózgowa ulega jednak znużeniu. Składające się na nią komórki nerwowe zużywają w pracy swą substancję i by móc dalej pracować, muszą ją odradzać. Na to zaś potrzeba im wytchnienia, wypoczynku. Takim właśnie odpoczynkiem centralnego układu nerwowego, w szczególności kory mózgowej, jest sen.

Podczas snu świadomość nasza przestaje niejako istnieć. Podniety zewnętrzne nie budzą w nas wrażeń świadomych, co najwyżej mogą tylko wywoływać reakcje odruchowe. Gdy np. mucha usiądzie

nam podczas snu na ręce, strząśniemy ją odruchowo, nie budząc się wcale i nie zdając sobie nawet z tego sprawy. Podobnie, nie budząc się i nie uświadamiając sobie tego, poderwiemy nogę, gdy nas ktoś w czasie snu lekko ukłuje w stopę, lub przewrócimy się na drugi bok, gdy od długiego leżenia w tej samej pozycji, wskutek ucisku naczyń krwionośnych i nerwów zdrętwieją nam członki.

Zresztą podczas snu następuje nie tylko zawieszenie świadomości. Ograniczeniu ulegają również czynności narządów wewnętrznych. Oddechy stają się rzadsze, serce bije wolniej, trawienie i przemiana materii odbywa się w tempie dużo wolniejszym niż na jawie, w znacznej mierze słabnie też działalność wydzielnicza gruczołów. Katar, który w ciągu dnia ani przez kwadrans nie dawał nam spokoju, we śnie przestaje nas dręczyć. Budząc się z rana, cieszymy się, żeśmy się go już pozbyli, lecz po chwili okazuje się, że radość nasza jest przedwczesna, wydzielanie śluzówki nosa zahamowane było bowiem tylko w czasie snu.

Na pozór więc sprawa snu wydaje się prosta. Układ nerwowy, jak i cały zresztą organizm wymaga odpoczynku i znajduje go we śnie. Samo znużenie komórek nerwowych nie wyjaśnia nam jednak tajemnicy zjawiska snu, nie tłumaczy też osobliwego mechanizmu zasypiania. Nie zasypiamy przecież w pewnym momencie automatycznie, dlatego tylko, że kora mózgowa jest swą dzienną pracą zmęczona i dłużej już pracować nie może. Czasem dzieje się nawet przeciwnie. Każdy z własnego doświadczenia zna stany podniecenia wywołane intensywną pracą umysłową albo silnymi wzruszeniami psychicznymi, które mimo zmęczenia nie pozwalają nam zasnąć. A przecież takie intensywne myślenie czy przeżywanie, wyczerpując znacznie komórki kory mózgowej, powinnoby przyśpieszyć stan senności. I na odwrót: zdarza się, że choć umysł nasz jest całkiem świeży, ani trochę nie zmęczony, zasypiamy z braku wrażeń zewnętrznych lub wskutek ich monotonii. Wypadki takie często można zaobserwować na odczytach nieudolnych prelegentów, którzy nie potrafią zainteresować słuchaczy treścią swego wykładu albo przemawiają tak monotonnie, że jednostajność ich mowy dosłownie usypia. Podobnie sprowadza sen miarowy stukot pociągu czy jednostajny plusk deszczu. Automatyczne niejako zaśnięcia, spowodowane zupełnym zahamowaniem dopływu wrażeń z zewnątrz, ilustruje następujące ciekawe doświadczenie znanego neurologa Strümpla: pewien chłopak, którego narządy zmysłowe z wyjątkiem jednego ucha i jednego oka były nieczynne, który był też dotknięty zupełnym brakiem czucia skórnego, natychmiast zapadał

w głęboki sen, ilekroć zatykano mu watą zdrowe ucho i przesłaniano, choćby ręką, widzące oko. Nie ulega bowiem wątpliwości, że warunkiem zaśnięcia jest odcięcie kory mózgowej od wszelkich wrażeń świata zewnętrznego, jak również odpędzenie myśli absorbujących naszą uwagę. Napoleon, który — gdy wymagała tego potrzeba — potrafił nie spać całymi dniami i nocami, umiał też zasypiać na zawołanie. Tajemnicę swej sztuki tłumaczył dowcipnie następującymi słowy: „W głowie mojej spoczywają najrozmaitsze rzeczy i sprawy, posortowane jak w szufladach. Wedle życzenia otwieram jedną i zamykam inną. A kiedy chcę wypocząć, zamykam wszystkie szuflady i śpię". Nierozwiązaną jak dotąd zagadką jest samo zjawisko snu. Zagadki tej nie potrafiła rozwikłać żadna z licznych dotychczasowych teorii snu. Niewątpliwie charakterystycznym objawem snu jest, jak już powiedzieliśmy, zawieszenie świadomości. Zawieszenie to jest zupełne w stosunku do wrażeń ze świata zewnętrznego. Nie można jednak powiedzieć, by w czasie snu świadomość była całkowicie wyłączona. Świadczą o tym przede wszystkim marzenia senne. Są one wywoływane przez podniety zewnętrzne lub wewnętrzne, których jednak śpiący zupełnie sobie nie uświadamia. Podniety te, pobudzając korę mózgową, powodują powstawanie wyobrażeń, które czasem wprawdzie kojarzą się prawidłowo, zazwyczaj jednak tworzą obrazy splątane, chaotyczne, sprzeczne z rzeczywistością i logiką. Wytłumaczyć to sobie możnaby tym, że tylko pewne części kory mózgowej są wówczas czynne, inne natomiast „śpią". Często pod wpływem marzeń sennych śpiący jęczy, mówi przez sen, rzuca się na posłaniu itd. Dzieje się to wtedy, gdy szlaki prowadzące z mózgu do poszczególnych części ciała, które podczas snu normalnego są „zablokowane" i nie mogą przewodzić pobudzeń wysyłanych przez korę mózgową, funkcjonują i umożliwiają reakcje ruchowe na pobudzenia „śniącej" kory. Zdarzają się nawet wypadki, kiedy śpiący pod wpływem marzenia sennego wstaje z łóżka, otwiera drzwi, wychodzi na ulicę albo nawet dostaje się na dach itp. Jest to t. zw. sen somnambuliczny, będący już zjawiskiem patologicznym (chorobowym).

O tym, że podczas snu świadomość nasza częściowo przynajmniej funkcjonuje, świadczą również następujące przypadki. Matka zrywa się ze snu, gdy w przyległym pokoju dziecko zaczyna kwilić tak cichutko, że człowiek na jawie dobrze musiałby wytężyć słuch, by je usłyszeć. Młynarz, który przywykł spać przy akompaniamencie stukotu kół młyńskich, budzi się, kiedy młyn staje. Kiedy zamiast jak normalnie o ósmej, musimy któregoś dnia wstać o piątej rano, ponieważ

wyjeżdżamy wczesnym pociągiem, wówczas do drugiej, trzeciej możemy spać mocnym, spokojnym snem, lecz już o pół do piątej sen nasz, zazwyczaj o tej porze głęboki, staje się niespokojny i budzimy się. A więc „śpiący" mózg sam budzi się z twardego snu, gdy nakazuje mu to obowiązek. Co więcej — podczas snu potrafimy nieźle orientować się w przebiegu czasu.

Od stopnia zawieszenia świadomości zależy głębokość snu, która zresztą w ciągu nocy ulega znacznym wahaniom. Badania, przeprowadzone na tysiącach ludzi, wykazały, że na ogół istnieją dwa typy snu. Ludzie, których cechuje normalny, zdrowy sen, zasypiają szybko i już po godzinie osiągają maksymalną głębokość snu. Potem sen ich staje się stopniowo lżejszy, wykazuje minimum głębokości około piątej godziny trwania snu. Nad ranem głębokość snu znów nieco wzrasta. Inny jest przebieg snu ludzi „nerwowych", którzy zasypiają powoli i z trudem. Sen ich staje się głębszy po upływie niespełna trzech godzin, a maksimum głębokości osiąga nad ranem. Tacy ludzie w dzień, w godzinach przedpołudniowych są jakby zamroczeni. Umysł ich pracuje leniwie, ospale; ożywiają się oni dopiero pod wieczór i to właśnie opóźnione ożywienie nie pozwala im wieczorem zasnąć.

Im głębszy jest sen człowieka, tym szybciej wypoczywa jego układ nerwowy. Toteż jednym ludziom wystarczy już 5—6 godzin snu, podczas gdy inni, śpiąc nawet 10 i więcej godzin, nie czują się wypoczęci. Zresztą długość niezbędnego dla organizmu snu jest zależna również od wieku. Niemowlę śpi przeszło 21 godzin na dobę, dziecko w drugim, trzecim roku życia — czternaście, piętnaście godzin, w siódmym, dziesiątym — jedenaście godzin, w czternastym roku — dziewięć, człowiek dorosły śpi przeciętnie osiem godzin.

Sen jest przyjacielem człowieka. Podczas snu dokonywa się niejako odbudowa naszego organizmu. Źle więc postępują ci, którzy starają się skrócić godziny niezbędnego dla nich snu. Taką rabunkową gospodarką podkopują bowiem zdrowie — najcenniejszy skarb człowieka.

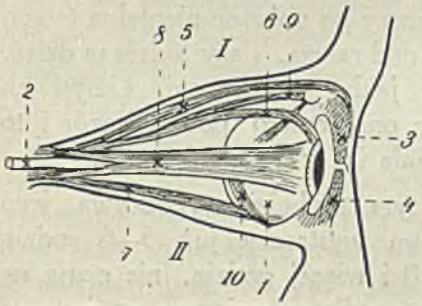
———

NARZĄDY ZMYSŁOWE

OKO — JEGO BUDOWA I CZYNNOŚCI

Przeczytaliśmy przed chwilą czarnymi literami na białej kartce wydrukowany wyraz „oko". Spróbujmy sobie zdać sprawę z tego, co właściwie zaszło w tym momencie.

To, że przeczytaliśmy ten wyraz przed chwilą, że czytamy w ogóle, że widzimy przedmioty i ludzi wokoło siebie, że dane nam jest podziwiać piękno krajobrazu, cieszyć się blaskiem słońca, zielenią drzew, barwami kwiatów, wszystko to zawdzięczamy cudownemu organowi, jakim jest oko.



MIĘŚNIE GAŁKI OCZNEJ. I. Jama czaszki. II. Zatoka szczęki górnej. 1. Gałka oczna. 2. Nerw wzrokowy. 3. Powieka górna. 4. Powieka dolna. 5. Mięsień dźwigacz górnej powieki. 6. Mięsień górny prosty. 7. Mięsień dolny prosty. 8. Mięsień zewnętrzny prosty. 9. Mięsień górny skośny. 10. Mięsień dolny skośny.

Wzrok — to najcenniejszy z naszych zmysłów, któremu przypada największy udział w kształtowaniu świata naszych spostrzeżeń i od którego zależy w dużej mierze bogactwo naszego życia wewnętrznego.

Przymknijmy na chwilę powiekę i przesuńmy po niej lekko palcem. Wyczuwamy pod powieką wyraźną wypukłość. Jest to przednia część gałki ocznej, posiadającej kształt kulisty, spoczywającej w głębokiej jamie kostnej, zwanej oczodołem.

Ruchy gałki ocznej wewnątrz oczodołu umożliwia zgodna współpraca sześciu przyczepionych do niej mięśni.

Gałka oczna jest bardzo delikatna i musi być dobrze zabezpieczona od wszelkich szkodliwych wpływów; dlatego też posiada wiele urządzeń ochronnych. Jedno z nich stanowi tłuszcz wyścielający wnętrze oczodołu. Chroni on gałkę oczną przed otarciem o przylegające do niej kości i sprawia, że nie ulega ona zgnieceniu przy na-

cisku. Gdy człowiek chudnie, wydaje nam się, że oczy mu w głąb zapadły. Nie jest to złudzenie. Przy nieznacznym nawet schudnięciu całego ciała zmniejsza się wyraźnie ilość tłuszczu w oczodole. Oko pozbawione podściółki osuwa się głębiej, a czasem — przy znacznym schudnięciu — nawet na samo dno oczodołu.

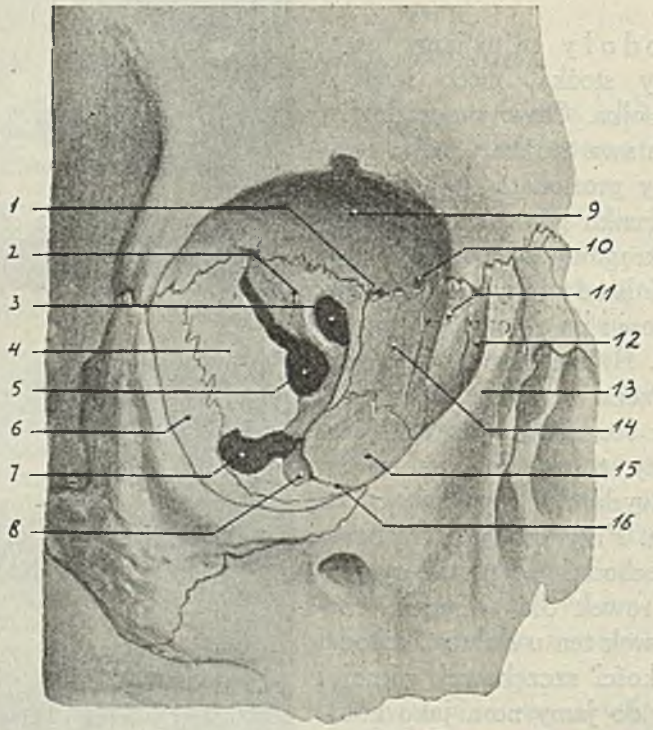
Oczodoły są to jamy mające zarysy stożka, nieco ściętego u wierzchołka. Otwory oczodołów, t. j. podstawa stożka, mają zwykle zarysy prostokąta spłaszczonego w kierunku górnodolnym, o kątach zaokrąglonych, a ustawionego nieco skośnie od strony nosa i od góry ku skroni i ku dołowi (p. ryc. na str. 258). Brzegi krawędzi oczodołu, zwłaszcza u mężczyzn, są dość wydatne: szczególnie krawędź górna tworzy t. zw. łuk nabrewny, bardzo wydatnie występujący u mężczyzn. Przynosowy brzeg oczodołu przechodzi w płytki, rynienkowaty rowek dla woreczka łzowego; rowek ten u dołu przechodzi w głąb kości szczękowej górnej i dochodzi do jamy nosa jako kanał kostny nosowo - łzowy. Okolica ta jest ważna ze względu na to, że jej obrzęk zapalny wskazywać nam może na zapalenie woreczka łzowego, które przy najmniejszym zranieniu powierzchni oka doprowadzić może do zakażenia oka i następczej utraty wzroku. Zranienie tej okolicy prowadzić może do zapalenia woreczka łzowego i zaburzenia w odpływie łez.

ZMIANY WYRAZU MIMICZNEGO TWARZY W ZWIĄZKU Z KSZTAŁTOWANIEM SIĘ OCZU I NARZĄDÓW OTACZAJĄCYCH (nosa, łuków brwiowych, powiek oraz owłosienia, brwi i rzęs).

Strop oczodołu w przeważnej części utworzony jest z cieniutkiej i kruchej płytki kostnej kości czołowej, u wierzchołka zaś oczodołu

na niewielkiej przestrzeni z kości klinowej. Cienkość kości jest tu przyczyną, że nawet niezbyt silne pchnięcie ostrym przedmiotem, np. ołówkiem, w kierunku ku górze i w głąb oczodołu może doprowadzić do przebicia stropu kostnego oczodołu, przedostania się do jamy czasz-

BUDOWA OCZODOŁU



1. Kanał sitowy tylny.
2. Małe skrzydło kości klinowej.
3. Kanał nerwu wzrokowego.
4. Wielkie skrzydło kości klinowej.
5. Górna szczelina oczodołowa.
6. Kość licowa.
7. Dolna szczelina oczodołowa.
8. Rowek szczękowy górny.
9. Strop oczodołu (kość czołowa).
10. Kanał sitowy przedni.
11. Kość łzowa.
12. Rowek łzowy.
13. Kość szczękowa górna.
14. Kość sitowa.
15. Podłoga oczodołu.
16. Szew licowo-szczękowy.

kowej i do śmiertelnego następstwa w postaci zapalenia opon mózgowych.

Ściana przynosowa oczodołu oraz przednia część ściany górnej oczodołu jest też cieniutka i przylega do jam powietrznych nosa, t. zw. zatok o b o c z n y c h (względnie bocznych) nosa. Podobnie cien-

ka jest pośrodku ściana dolna, tak zwana podłoga oczodołu, która przylega do jamy powietrznej nosa, tak zwanej zatoki szczękowej *(Highmora)*. I tu znowu uraz tych okolic doprowadzić może do t. zw. odmy powietrznej oczodołu, połączonej z wytrzeszczem oka, obrzękiem tkanek oczodołu i powiek, wydającym przy ucisku palcami charakterystyczne trzeszczenie. Ściana zewnętrzna skroniowa oczodołu u krawędzi też jest dość zbita i gruba, a w głębi znacznie cieńsza i nie dochodzi do ściany górnej i dolnej, gdyż od nich oddzielona jest szczelinami oczodołowymi górną i dolną (patrz ryc. na str. poprzedniej).

Oko jest utworzone z trzech błon, wypełnionych wewnątrz galaretowatą masą. Z zewnątrz okrywa gałkę oczną sprężysta błona o mlecznym zabarwieniu, zwana b i a ł k ó w k ą. Błona ta ochrania wewnętrzne części oka od uszkodzeń i nie przepuszcza światła.

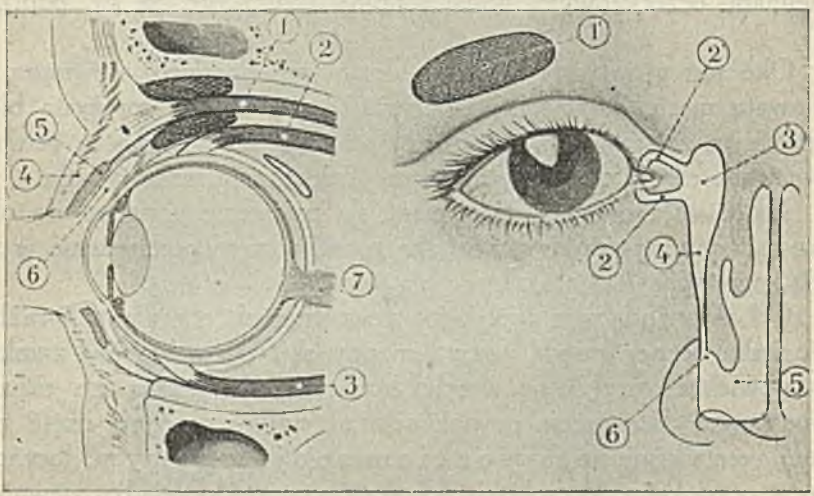
Jakąż więc drogą mogą dostać się promienie świetlne do oka? Otóż na samym przodzie białkówka przechodzi niepostrzeżenie w wypukłą, przezroczystą jak szkło r o g ó w k ę.

Od niepożądanych wpływów zewnętrznych chronią tę wrażliwą część gałki ocznej przede wszystkim powieki. Przy zupełnie zamkniętych powiekach urywa się wszelki kontakt gałki ocznej ze światem zewnętrznym. Rozwarcie powiek odsłania tylko przednią część gałki ocznej, reszta kryje się za w o r k i e m s p o j ó w k o w y m, łączącym gałkę z powiekami. Worek ten zamyka przestrzeń pomiędzy wewnętrzną powierzchnią powiek a gałką oczną (właściwie przednią jej częścią) i chroni wnętrze oczodołu od zanieczyszczeń z zewnątrz. Gdy do oka dostanie się muszka lub drobny pyłek, osiada w worku spojówkowym i wypływa na zewnątrz wraz ze łzami, bez żadnej szkody dla oka. Potu ściekającego z czoła nie dopuszczają do gałki ocznej brwi. Przedniej części oka, odsłaniającej się przy podniesieniu powiek, bronią nadto rzęsy, które nie pozwalają drobnym pyłkom wpadać do oka i zapobiegają w ten sposób podrażnieniom bardzo delikatnej spojówki.

Rogówka musi być stale wilgotna, gdyż wysychając mętnieje. Zwilżają ją wydzieliny gruczołów łzowych, mieszczących się w górnym kącie każdego oczodołu. Podczas mrugania, odbywającego się wciąż odruchowo, powieki rozprowadzają łzy po powierzchni gałki ocznej, a nadmiar ich spływa przez k a n a ł y ł z o w e do jamy nosowej. Łzy, które podczas płaczu — jednego z najpospolitszych objawów naszych stanów wzruszeniowych — wylewają się w nadmiarze i niepożytecznie, odgrywają więc doniosłą rolę biologiczną.

Do białkówki przylega od wewnątrz ciemna błona, bogato wy-

posażona w naczynia krwionośne, zwana naczyniówką. Jej ciemny, prawie czarny barwik pochłania rozproszone światło wpadające do oka, a rozsiane po niej naczynia krwionośne zasilają oko w krew. Część przednia naczyniówki zwie się tęczówką. Ma ona kształt tarczy kulistej z otworem pośrodku. Otwór ten nosi nazwę źrenicy. Tęczówka jest kurczliwa i bardzo wrażliwa na wszelkie zmiany w natężeniu światła. Dzięki temu reguluje ona dopływ światła do wnętrza oka. Przeciętna średnica źrenicy wynosi 3 mm, a maksy-



PRZEKRÓJ POWIEK I GRUCZOŁÓW ŁZOWYCH. Na lewo: przekrój strzałkowy przedniej ściany oczodołu. — 1. Dźwigacz powieki górnej. 2. Mięsień prosty górny. 3. Mięsień prosty dolny. 4. Powieka górna. 5. Chrząstka. 6. Worek spojówkowy. 7. Nerw wzrokowy. Na prawo: drogi łzowe. — 1. Gruczoł łzowy. 2, 2¹. Kanaliki łzowe. 3. Worek łzowy. 4. Kanał nosowy. 5. Jama nosowa. 6. Przewód nosowy dolny. *(Wg Tout le corps humain).*

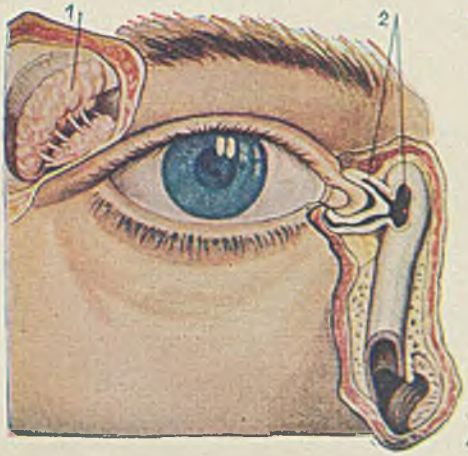
malna wielkość, jaką potrafi osiągnąć — 10 mm, co przekracza trzykrotnie jej wielkość normalną.

Zmniejszanie lub powiększanie się źrenicy odbywa się zupełnie bez udziału naszej woli i świadomości. Przekonać się o tym można zbliżając szybko do czyjegoś oka zapaloną latarkę.

Źrenica jest czarna, gdyż za nią znajduje się ciemne wnętrze oka. Widzimy ją jako czarny krążek na tle barwnej tęczówki.

Od barwika zawartego w tęczówce zależy barwa oczu. Na próżno jednak szukalibyśmy w tęczówkach oczu niebieskich barwika niebieskiego, a w tęczówkach oczu czarnych — czarnego. Barwa oczu nie zależy bowiem od jakości barwika zawartego w tęczówce

TABLICA 6

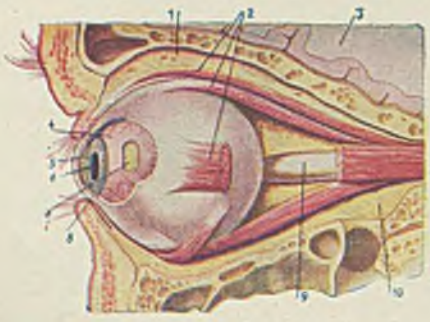


APARAT ŁZOWY

1. Gruczoł łzowy. 2. Przewody łzowe i kanał noso-łzowy.

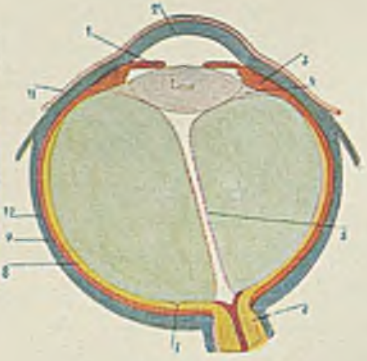
OKO W PRZEKROJU

3. Rogówka. 4. Ciało szkliste. 5. Soczewka. 6. Tęczówka.



GAŁKA OCZNA

1. Tkanka tłuszczowa. 2. Mięśnie oka. 3. Mózg. 4. Naczyniówka. 5. Rogówka. 6. Źrenica. 7. Siatkówka. 8. Tęczówka. 9. Nerw wzrokowy. 10. Tkanka tłuszczowa.



OKO W PRZEKROJU

1. Tęczówka. 2. Rogówka. 3. Ciałko rzęskowe. 4. Więzadło wieszadłowe. 5. Kanał ciała szklistego (występuje nie zawsze). 6. Nerw wzrokowy. 7. Plamka żółta. 8. Siatkówka. 9. Naczyniówka. 10. Białkówka. 11. Spojówka.

POLITECH

(ten jest we wszystkich oczach taki sam), lecz od jego ilości. Gdy barwika jest mało i tkwi on w głębi tęczówki, z wierzchu pokryty jej półprzejrzystą warstwą, oczy są niebieskie; barwik rozprzestrzeniony poprzez całą grubość tęczówki nadaje oczom kolor czarny lub ciemnobrunatny.

Tuż za tęczówką mieści się w przedniej części oka soczewka. Jest to ciało przezroczyste, obustronnie wypukłe, otoczone cienką, kolistą, elastyczną torebką, wrośniętą w masyw pierścieniowatego mięśnia, umieszczonego za tęczówką. Takie położenie soczewki sprawia, że posiada ona bardzo dla nas cenną zdolność spłaszczania się i uwypuklania. Gdy mięśnie napinają błonkę, soczewka ulega spłaszczeniu; gdy torebka się rozluźnia, soczewka uwypukla się dzięki własnej sprężystości. Ta zmiana kształtu soczewki, zwana akomodacją, sprawia, że możemy wyraźnie widzieć i przedmioty odległe, i bliskie.

Przestrzeń między rogówką a tęczówką, zwaną komorą przednią oka, i przestrzeń między tęczówką a soczewką, noszącą nazwę tylnej komory oka, wypełnia t. zw. ciecz wodnista. Wnętrze gałki ocznej za soczewką jest wypełnione galaretowatą masą, t. zw. ciałem szklistym.

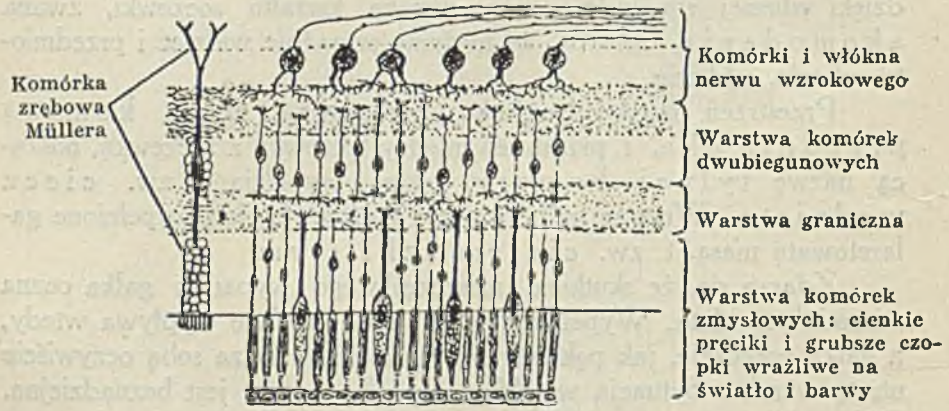
Zdarza się, że skutkiem nieszczęśliwego wypadku gałka oczna zostanie przekłuta. Wypełniające ją ciało szkliste wypływa wtedy, a gałka wiotczeje, jak pęknięty balon. Pociąga to za sobą oczywiście utratę wzroku. Sytuacja w takich wypadkach nie jest beznadziejna. Ciało szkliste posiada przedziwną zdolność samorzutnego odtwarzania się, dzięki której gałka oczna po pewnym czasie wypełnia się na nowo i następuje „cudowne" odzyskanie wzroku.

Dno oka wyściela czuła na światło błona, zwana siatkówką. Powierzchnia jej przedstawia jakby siateczkę misternie utkaną z drobniutkich zakończeń nerwu wzrokowego. Stąd właśnie jej nazwa siatkówka. W miejscach największego skupienia komórek i włókienek nerwowych grubość siatkówki dochodzi do 0,4 mm. Cieniutka ta i delikatna błona odznacza się bardzo skomplikowaną budową. Można w niej wyróżnić wiele warstw różnorodnych komórek. Najgłębszą warstwę tworzą komórki nazwane od swego kształtu czopkami i pręcikami. Czopki podobne są do butelek odwróconych szyjkami ku naczyniówce, a pręciki do laseczek w niej tkwiących. Aby zdać sobie sprawę z wielkości takiego pręcika lub czopka, wystarczy uprzytomnić sobie, że siatkówka, jak zaznaczyliśmy, tylko w niektórych punktach osiąga grubość 0,4 mm, a składa się na nią

wiele warstw zawierających około miliona włókien nerwowych, 3 milionów czopków i aż 18—21 milionów pręcików.

Rusztowanie siatkówki tworzą włókna nerwu wzrokowego, utrzymującego łączność między okiem i mózgiem. Włókna te rozbiegają się promienisto od miejsca, w którym nerw wzrokowy przebija błony oczne i wchodzi do gałki ocznej. Miejsce to, zupełnie na światło niewrażliwe, nazywa się tarczą nerwu wzrokowego lub ślepą plamką. Jeśli obraz jakiegokolwiek przedmiotu padnie na tę plamkę, stanie się on dla nas zupełnie niewidoczny. Zdawałoby się więc, że pole naszego widzenia powinno zawierać zawsze

SCHEMAT SIATKÓWKI OKA LUDZKIEGO

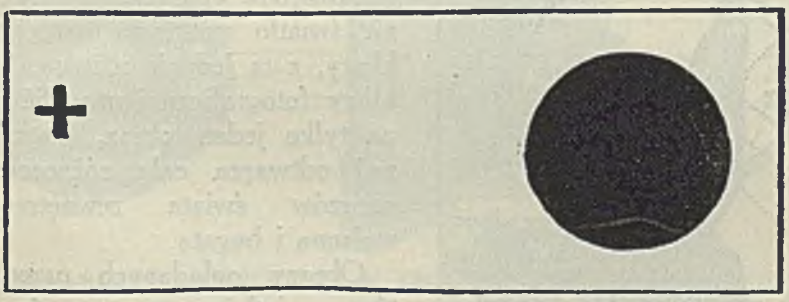


jakąś przestrzeń pustą w postaci ciemnej plamy. Z doświadczenia jednak wiemy, że tak nie jest. Zawdzięczamy to przede wszystkim nieustannym ruchom gałki ocznej, dzięki którym odpowiadająca ślepej plamce część pola widzenia ciągle się przesuwa. Nie zapominajmy także, że patrzymy z reguły dwojgiem oczu, a obie plamki nie przesłaniają tego samego przedmiotu. Znikający dla nas w obrębie jednej ślepej plamki przedmiot daje w drugim oku obraz, padając na wrażliwą część siatkówki; jest więc dla nas widoczny.

O istnieniu ślepej plamki przekonywa następujące doświadczenie: zamykamy lewe oko, a prawym patrzymy nieruchomo na krzyżyk, narysowany na tabliczce odległej od oka o mniej więcej 30 cm; po pewnym czasie zniknie kółko narysowane na tejże tabliczce w odległości 7 cm od krzyżyka. Obraz kółka, znajdującego się tak samo jak krzyżyk w polu naszego widzenia, padł na ślepą plamkę i dlatego go nie widzimy. Wystarczy jednak lekkie przesunięcie tabliczki, aby obraz znalazł się poza ślepą plamką i stał się znów widoczny.

W przeciwstawieniu do plamki ślepej t. zw. ż ó ł t a p l a m k a na siatkówce jest miejscem najwyraźniejszego widzenia. Jest to maleńki odcinek siatkówki (o średnicy 1—2 mm), przypadający naprzeciw źrenicy. W obrębie żółtej plamki widać jedynie gęsto skupione czopki. Każdy czopek żółtej plamki jest połączony z dwiema różnymi komórkami nerwowymi i z włóknem nerwu wzrokowego, pozostaje więc w kontakcie z mózgiem.

W pręcikach siatkówki, gęsto po niej rozsianych, zawarty jest barwik czerwony, zwany p u r p u r ą w z r o k o w ą. Barwik ten pod wpływem światła rozkłada się i żółknie, a w ciemności odtwarza się na nowo. Dzięki temu można otrzymywać t. zw. obrazy fizjologiczne na siatkówce, które wytwarza właściwie światło. Jeśli oko zwierzęcia skierować na pewien czas na jakiś mocno oświetlony przed-



STWIERDZANIE ISTNIENIA ŚLEPEJ PLAMKI. Lewe oko przymknąć. Oko prawe skierować na krzyżyk i pilnie się weń wpatrywać — jednocześnie należy zbliżać i oddalać rycinę. Umieszczony na rycinie, w odpowiedniej odległości od oka (około 25 cm), krążek stanie się niewidoczny.

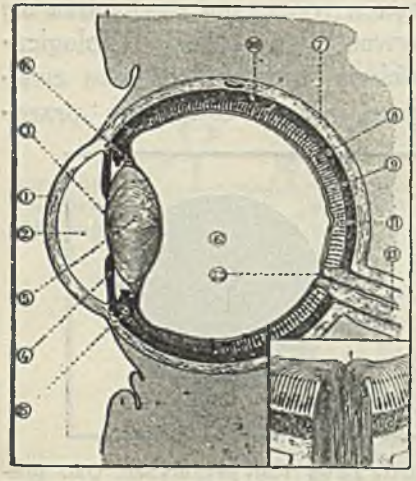
miot, później zwierzę zabić, wyjąć oko i rozciąć (zabiegi te wykonywamy w ciemności), można na dnie zobaczyć malutkie odwzorowanie oglądanego tuż przed śmiercią przedmiotu. Miejsca jasne przedmiotu będą żółte, ciemne zaś czerwone. Próbowano nawet w kryminalistyce wyzyskać to zjawisko i rozpoznawać zbrodniarza według „fotografii", którą niechcący po sobie zostawił na siatkówce swej ofiary; praktycznie doniosłych wyników próby te nie dały.

Jak przebiega proces widzenia?

Przez rogówkę dostają się promienie świetlne do wnętrza oka. W momencie ich zetknięcia z powierzchnią tej przezroczystej części białkówki rozpoczyna się działanie precyzyjnej aparatury naszego delikatnego organu. Podobnie jak we wszystkich narządach ciała, obserwujemy i w oku racjonalny podział pracy. Źrenicy przypada w udziale regulacja dopływu światła do wnętrza oka; przebiegająca

przez naczyniówkę sieć naczyń krwionośnych oko odżywia; rogówka, soczewka, ciecz wodnista i ciało szkliste nadają odpowiedni kierunek promieniom świetlnym zdążającym od przedmiotu w głąb oka; siatkówka przetwarza bodźce świetlne na obraz oglądanego przedmiotu. Z siatkówki przewodzi nerw wzrokowy pobudzenia do mózgu i jako moment końcowy skomplikowanego procesu następuje akt widzenia.

Budową swą i działaniem oko przypomina aparat fotograficzny. Rogówka i soczewka grają niejako rolę obiektywu, tęczówka wraz z źrenicą odpowiada przesłonie (diafragmie), przeznaczonej do regulowania ilości światła wpadającego do aparatu. Naczyniówka, pochłaniająca rozproszone światło, odpowiada ciemnej farbie, jaką pokryte jest wnętrze aparatu, a wrażliwa na światło siatkówka odpowiada kliszy, z tą jedynie różnicą, że na kliszy fotograficznej utrwalić można tylko jeden obraz, siatkówka zaś odtwarza całą różnorodność obrazów świata zewnętrznego, zmienną i bogatą.



PRZEKRÓJ PRZEDNIOTYLNY OKA W PŁASZCZYŹNIE STRZAŁKOWEJ. 1. Rogówka. 2. Komora przednia. 3. Źrenica. 4. Tęczówka. 5. Soczewka. 6. Ciało szkliste. 7. Białkówka. 8. Naczyniówka. 9. Siatkówka. 10. Otoczka ciała szklistego. 11. Plamka żółta. 12. Plamka ślepa. 13. Nerw wzrokowy. 14. Więzadło soczewki *(Torebka Zinna)*. 15. Ciałko rzęskowe. W kwadraciku na prawo—miejsce wejścia nerwu wzrokowego: plamka ślepa i tarcza nerwu wzrokowego.

Obrazy oglądanych przedmiotów na siatkówce są wyraźne, jeżeli promienie wysyłane przez te przedmioty w głąb oka skupiają się w stożki zbieżne, a ich końce padają na najbardziej światłoczułą warstwę siatkówki — czopków i pręcików.

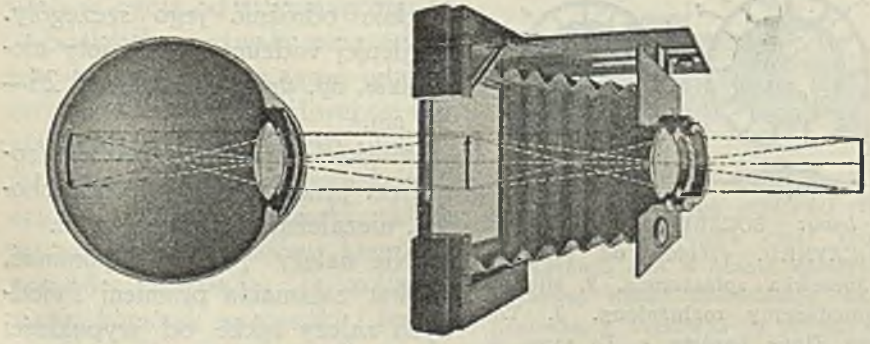
Jak to się dzieje, że promienie świetlne nie zbaczają z drogi i docierają właściwym szlakiem do siatkówki?

Otóż wpadający do oka promień ulega już w rogówce załamaniu. Optyka tłumaczy to zjawisko różnicą gęstości ciał, przez które światło biegnie, i ustala pewne reguły załamywania się promieni świetlnych przy przejściu z jednego ośrodka do drugiego. Promienie świetlne załamują się, mianowicie, w kierunku zbieżnym, jeżeli przenikają z ośrodka rzadszego do gęstszego. Ciała łamiące w oku —

rogówka, ciecz wodnista, soczewka i ciało szkliste — posiadają właśnie gęstość większą od powietrza.

Największy udział w nadawaniu odpowiedniego kierunku promieniom we wnętrzu oka przypada soczewce; ciecz wodnista i ciało szkliste odgrywają jedynie rolę pomocniczą. Dzięki zgodnej współpracy wszystkich tych elementów promienie zbiegają się właśnie w czopkach i pręcikach siatkówki.

Nasuwa się zagadnienie, dzięki czemu możemy widzieć wyraźnie i przedmioty odległe, i bliskie. Kto umie fotografować, wie, że aby uzyskać na matówce aparatu fotograficznego wyraźny obraz przedmiotu, należy ustawić obiektyw w odpowiedniej odległości od

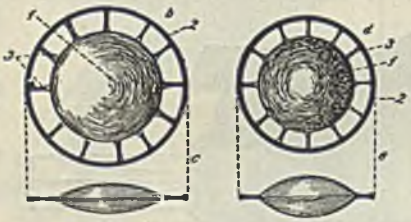


ZGODNOŚĆ APARATU OPTYCZNEGO W TECHNICE I W PRZYRODZIE. Aparat fotograficzny i oko ludzkie mają jednakową budowę. Gdy oglądamy obraz na matówce aparatu fotograficznego, promienie świetlne przebiegają przez dwa jednakowe układy optyczne: dwukrotnie przez przesłonę, dwukrotnie przez soczewkę, przez ciemnię i błonę światłoczułą.

matówki. W oku dokonanie takiego przesunięcia byłoby niemożliwe. Gdyby więc wszystkie ciała łamiące w oku miały ustaloną krzywiznę i załamywały promienie zawsze tak samo, obrazy przedmiotów bardzo bliskich i bardzo odległych nie padałyby na siatkówkę. Przedmioty bliskie wysyłają bowiem do oka bardzo rozbieżne wiązki promieni, od przedmiotów odległych zaś promienie biegną prawie równolegle. Aby dotrzeć do siatkówki, promienie rozbieżne musiałyby być załamywane silnie, promienie równoległe zaś znacznie słabiej. Ulegając w obu przypadkach jednakowemu, niezbyt silnemu załamaniu, zbiegałyby się więc one odpowiednio — bądź już po przejściu przez siatkówkę, a więc poza nią, bądź zbyt wcześnie, t. j. przed dotarciem do siatkówki. Dzięki zdolnościom akomodacyjnym soczewki ocznej widzimy jednak wyraźnie zarówno przedmioty bliskie, jak i odległe.

Przy oglądaniu przedmiotów bliskich soczewka uwypukla się, zwiększa więc swą siłę łamiącą. Do oglądania przedmiotów dalekich potrzebna jest krzywizna mniejsza, soczewka spłaszcza się więc odpowiednio.

Akomodacja soczewki nie może oczywiście wykroczyć poza pewne granice. Dlatego nie widzimy wyraźnie przedmiotów umieszczonych tuż przy oku ani przedmiotów zbyt dalekich. Aby rzutować na siatkówkę obrazy przedmiotów położonych bliżej niż o 10—12 cm od oka, soczewka musiałaby przybierać niemal kształt kuli. Przy patrzeniu na przedmioty bardzo dalekie obraz siatkówkowy jest zbyt mały na to, by można było dokładnie odróżnić jego szczegóły. Najlepiej widzimy przedmioty niewielkie, np. druk, z odległości 25—30 cm.



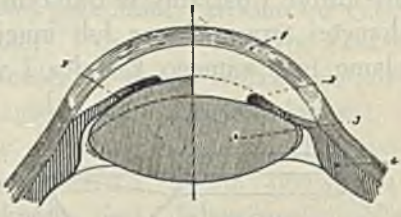
Na lewo: SOCZEWKA W STANIE SPOCZYNKU. *(Widok od przodu).* 1. Soczewka spłaszczona. 2. Mięsień akomodacyjny rozluźniony. 3. Torebka Zinna napięta. c. To samo w przekroju *(widok z boku).*

Na prawo: AKOMODACJA SOCZEWKI. Stan czynny. *(Widok od przodu).* 1. Soczewka uwypuklona. 2. Mięsień akomodacyjny napięty. 3. Torebka Zinna rozluźniona. c. To samo w przekroju *(widok z boku).*

Mięśnie regulujące grubość soczewki pracują zupełnie odruchowo, niezależnie od naszej woli.

Nie należy jednak zapominać, że kąt załamania promieni świetlnych zależy także od wypukłości rogówki. Kto ma zbyt wypukłą rogówkę lub soczewkę, a gałkę oczną wydłużoną, lub jedno i drugie razem, u tego promienie biegnące od przedmiotów odległych przecinają się przed siatkówką; obraz dalekiego punktu na siatkówce jest wtedy mętną plamką, stąd obraz każdego dalekiego przedmiotu jest niewyraźny i zamglony. Ludzie tacy widzą więc źle dalekie przedmioty i nazywają się krótkowidzami, w odróżnieniu od dalekowidzów, którzy źle widzą przedmioty bliskie, gdyż oś przedniotylna ich gałki ocznej jest zbyt krótka lub ciała łamiące w oku załamują promienie zbyt słabo. Ludzi takich poznać można już po tym, jak czytają gazetę. Krótkowidz zbliża ją jak najbardziej do oka, „czyta nosem", dalekowidz oddala ją na odległość wyciągniętej ręki. Dalekowidz potrafi odczytać z daleka tekst wiszącej reklamy, a nie przeczyta zapisku w notesiku trzymanym tuż przed oczyma. Tak z reguły zachowują się ludzie starsi, na starość bowiem oko traci zdolność akomodacji na przedmioty bliskie wskutek zmniejszenia się sprężystości soczewki.

Istnieje inna jeszcze wada wzroku, również bardzo dokuczliwa, zwana niezbornością (inaczej *astygmatyzmem*). Polega ona na tym, że optyczna, przedźreniczna część rogówki ma powierzchnie nie kuliste, jak być powinno, ale jajowate, wskutek czego np. linie pionowe widzianego przedmiotu ogniskują się na siatkówce, a linie poziome za, lub przed siatkówką; obraz widziany jest dlatego rozmazany — niewyraźny, a punkty jego rozmazują się w niewyraźne pasemka — linijki. Pomagają w takich wypadkach okulary o powierzchni cylindrycznej. Słaby stopień astygmatyzmu jest nawet zjawiskiem względnie częstym, a niektórzy autorzy podają, że jest tylko 9% ludzi wolnych w ogóle od astygmatyzmu.



ZDOLNOSCI AKOMODACYJNE OKA. *(Przekrój poprzeczny przedniej części gałki ocznej).* Prawa część ryciny przedstawia oko w stanie spoczynku, na lewej widać akomodację oka. 1. Rogówka. 2. Tęczówka (w prawej części ryciny źrenica jest większa niż w lewej). 3. Soczewka (z prawej strony — bardziej spłaszczona, z lewej — uwypuklona). 4. Mięsień akomodacyjny.

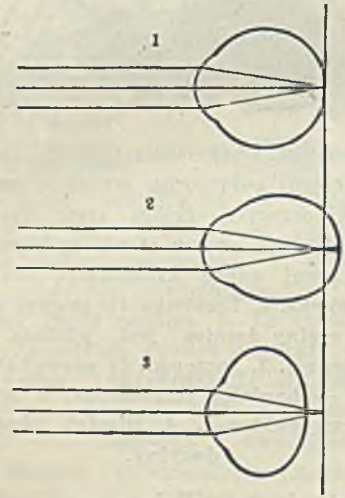
Siatkówka pozwala nam odróżniać nie tylko to co jasne od tego co ciemne; dzięki wrażliwej tej błonie widzimy także cały bogaty świat barw. Mówiliśmy, że światłoczuła warstwa siatkówki składa się z dwóch rodzajów komórek: czopków i pręcików. To zróżnicowanie komórek na czopki i pręciki nie jest objawem fantazji natury, lecz wynikiem przystosowania budowy każdej komórki do funkcji, jaką ona pełni. Pręciki służą bowiem do odróżniania tylko jasności i ciemności, a czopki do rozpoznawania barw. Tak przynajmniej twierdzi Kries w swojej teorii „dwóch organów wzrokowych". Young i Helmholtz wysuwają hipotezę, tłumaczącą proces widzenia barw. Według tych badaczy w oku znajdują się trzy różne substancje chemiczne, rozkładające się pod wpływem światła. Rozkład każdej z nich daje nam wrażenie jednej z trzech barw zasadniczych: czerwieni, zieleni i fioletu. Resztę barw otrzymujemy przez kombinowanie tych trzech. Gdy widzimy np. barwę niebieską, to uległy widocznie rozkładowi równocześnie dwie substancje: jedna dająca wrażenie barwy zielonej, druga — fioletowej.

Istnieje także odmiana tej teorii, stworzona przez Heringa. Przyjmuje on, że w oku istnieją trzy substancje, z których każda posiada zdolność rozkładania się i odtwarzania na nowo. Rozkład jednej z tych substancji daje wrażenie barwy czer-

wonej, jej regeneracja — zielonej. Pozostałe dwie substancje dają: jedna przy rozkładzie barwę białą, przy regeneracji — czarną; druga przy rozkładzie barwę żółtą, przy regeneracji — błękitną.

Często przytaczana ostatnio teoria Heringa tłumaczy dostatecznie jasno bardzo ciekawe zjawisko t. zw. kontrastu następczego.

Wykonajmy następujące proste doświadczenie. Przyglądajmy się przez pewien czas kartce barwnej, najlepiej jednym tylko okiem, utkwionym w jeden punkt kartki. Po upływie 30—60 sekund usuńmy kartkę i patrzmy w dalszym ciągu w tym samym kierunku. Na odsłoniętej teraz ściance lub innej bezbarwnej powierzchni zobaczymy plamę tego samego kształtu i wielkości a koloru kontrastowego. Jeżeli kartka była czerwona, zobaczymy plamę zieloną, jeśli żółta — błękitną. Zjawisko to nosi właśnie nazwę kontrastu następczego i opisywane było już przez Leonarda da Vinci.



Załamywanie się promieni świetlnych w oku normalnym (1), krótkowzrocznym (2) i dalekowzrocznym (3).

Kiedy indziej plama barwna, na którą patrzymy, nabiera koloru kontrastującego z tłem, na którym się znajduje. Plama szara na tle zielonym wydaje się czerwonawa i na odwrót. Zjawisko to nosi nazwę kontrastu współczesnego. Oba te zjawiska można wytłumaczyć w myśl teorii Heringa. Kontrast następczy tłumaczymy tym, że nagromadzona wskutek rozkładu substancja odnawia się samorzutnie, a przy regeneracji, jak już wiemy, występuje wrażenie barwy kontrastowej. Kontrast współczesny pochodzi stąd, że w pobliżu substancji czynnej gromadzą się zapasy już rozłożonej substancji, która zaczyna się odtwarzać.

Wszystkie omawiane tu teorie noszą jeszcze charakter hipotez i w naukowych książkach znajdziemy je jedną obok drugiej, gdyż każda z nich tłumaczy co innego.

Niezależnie zaś od tych różnorodnych teorii pozostaje faktem, że oko w zakresie odróżniania barw działa jak niezwykle czuły aparat. Normalne oko potrafi bowiem odróżnić aż 200 odcieni barwnych

w obrębie danej jakości barwnej, a oko wyrobione jeszcze znacznie więcej.

Istnieją jednak pewne anomalie wzroku, przy których ilość odcieni barwnych odróżnianych przez oko znacznie się zmniejsza. Najczęściej zdarzające się zaburzenie w dziedzinie odróżniania barw, to niemożność odróżniania czerwieni od zieleni. Wada ta nosi nazwę d a l t o n i z m u, od fizyka angielskiego Daltona, który sam dotknięty był tą anomalią i pierwszy ją opisał. Często ani osoby cierpiące na daltonizm, ani otoczenie nie zdają sobie sprawy z tego braku, gdyż w życiu codziennym daltonicy odróżniają przedmioty zielone od czerwonych na podstawie ich różnej jasności. Posiadają bowiem znacznie większą wrażliwość na różnice jasności od ludzi widzących normalnie, chociaż są upośledzeni pod względem rozróżniania barw.

W związku z doborem osobników do pracy w pewnych zawodach okazała się konieczność przeprowadzenia badań pozwalających stwierdzić, czy dana osoba dotknięta jest daltonizmem. Nie mógłby bowiem pracować w służbie kolejowej ktoś, kto nie potrafi odróżnić czerwonego sygnału świetlnego od zielonego. Nie nadają się też daltonicy do pracy w przemyśle farbiarskim, tkackim i wielu innych zawodach, które wymagają zdolności odróżniania barw. Najczęściej stosowaną próbą, zmierzającą do wykrycia daltonizmu, jest dobieranie ze stosu włóczek barwnych wszystkich włóczek tego samego koloru, co pokazywana badanemu próbka zielona. Daltonik wybierze, dobierając do wskazanej zielonej, jako podobne nie tylko włóczki zielone, ale także i czerwone. W innej próbie każe się badanym odczytywać napisy wykonane zieloną farbą na czerwonym tle lub na odwrót. Daltonik nie wykona tego polecenia, gdyż nie potrafi odróżnić napisu od tła.

Badania statystyczne wykazały, że daltonizm występuje znacznie częściej u mężczyzn niż u kobiet. Przeciętnie co 25 mężczyzna, a zaledwie co 500 kobieta nie odróżniają barwy czerwonej od zielonej.

Inną anomalią, występującą już nader rzadko, jest zupełna ślepota na barwy, zwana a c h r o m a t o p s j ą. Ludziom dotkniętym tym zboczeniem cały świat wydaje się czarnobiałą fotografią lub bezbarwnym filmem. Każdy z nas jest zresztą w pewnym stopniu achromatopem. Całe bowiem bogactwo barw spostrzegać możemy jedynie środkową częścią siatkówki. Najbardziej barwny przedmiot, którego obraz pada blisko obwodu siatkówki, pozbawiony jest dla nas całego uroku, wydaje się nam bowiem ciemnoszary. Między obwodem siat-

kówki zupełnie na barwy niewrażliwym a najwrażliwszym polem centralnym znajduje się pas reagujący na wszelkie podniety barwne jedynie błękitem i barwą żółtą. Aby się o tym przekonać, wykonajmy następujące nader proste doświadczenie. Trzymając w ręku byle jaki barwny niewielki papierek zbliżajmy go od obwodu wzdłuż linii łukowej do centrum pola widzenia. (Oko osoby badanej musi być przy tym unieruchomione). Cóż się okaże? Gdy papierek jest na samym obwodzie lub jeszcze poza nim, nie widzimy go wcale; zjawia się zrazu niewyraźna plama, której koloru oznaczyć nie jesteśmy w stanie. Przy dalszym zbliżaniu ręki widzimy już papierek barwy żółtej, niezależnie od koloru, który on naprawdę posiada. Barwa żółta zwolna przechodzi w błękit, a dopiero w centrum pola widzenia papierek osiąga swą właściwą barwę.

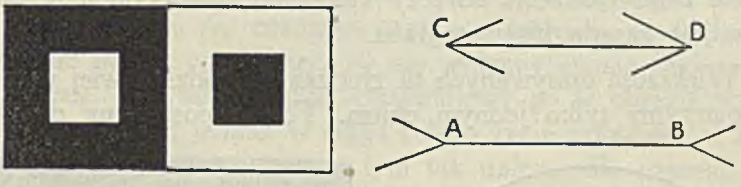
Jeżeli mimo to świat nie przedstawia nam się jako barwny krąg objęty kolejno żółtą, błękitną, a na samych brzegach szarą ramą, pochodzi to stąd, że rzucamy okiem po całym polu widzenia i później uzupełniamy na podstawie uzyskanej wiedzy szare widoki przedmiotów na obwodzie. Zresztą na ogół mało zwracamy uwagi na to, co się dzieje na granicy naszego pola widzenia, a chcąc przyjrzeć się jakiemuś przedmiotowi, instynktownie kierujemy oko w jego stronę.

Oko służy nie tylko do odróżniania barw, lecz także do poznawania cech przestrzennych przedmiotów, więc ich położenia i wielkości. Ocena położenia jakiegoś przedmiotu nie zawsze jest trafna, zwłaszcza gdy dokonywana jest jednym okiem lub przy nienormalnym położeniu głowy. Przekonywa nas o tym doświadczenie znane pod nazwą zjawiska Auberta. Spróbujmy wyrysować linię pionową i przyjrzyjmy się jej, przechylając mocno głowę w lewo. Linia, uprzednio pionowa, wyda nam się ukośna, przechylona w prawo. Jest to złudzenie optyczne dotyczące kierunku. Złudzeniom takim ulegamy nieraz zarówno przy ocenie kierunku, jak i wielkości. Znane jest np. złudzenie następujące: dwa równe co do długości odcinki zaopatrujemy w wąsy, biegnące na jednym odcinku ku środkowi, na drugim zaś na zewnątrz; gdy przyjrzymy się ponownie równym uprzednio odcinkom, stwierdzimy, że nie są już one jednakowe; znacznie dłuższy wydaje się odcinek drugi. Podobnie gdy szereg linii równoległych przeciąć ukośnymi kreskami biegnącymi na każdej z prostych w innym kierunku; równoległe zmieniają w oka mgnieniu swój bieg i zaczynają wydawać się ukośnymi.

Znane są pomyłki, i to już z życia codziennego, na tle porównywania wielkości przedmiotów równych, ale oglądanych na różnych

tłach. Jeśli przyjrzeć się kwadratom tej samej wielkości, raz czarnemu na białym tle, drugi raz białemu na czarnym, kwadrat biały na czarnym tle wyda się znacznie większy. I bez tego wiemy, że osoby tęgie, kładąc na siebie bardzo jasne suknie, narażają się na to, że wyglądać będą znacznie okazalej.

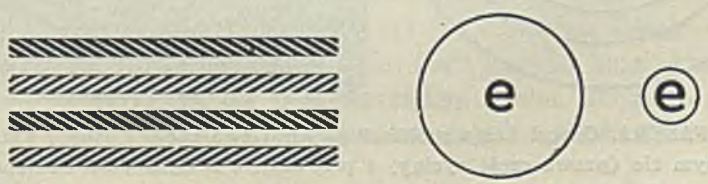
Znamy jeszcze wiele innych złudzeń dotyczących oceny wielkości. Ustawmy dwa jednakowej wielkości kwadraty w ten sposób, że jeden będzie oparty na boku, a drugi na rogu. Większym wyda się



Biały kwadrat na czarnym tle wydaje się większy niż kwadrat czarny na białym tle.
Linia CD wydaje się krótsza niż linia AB.

d e f

Odległość pomiędzy krążkami d—e wydaje się większa niż odległość między krążkami e—f.



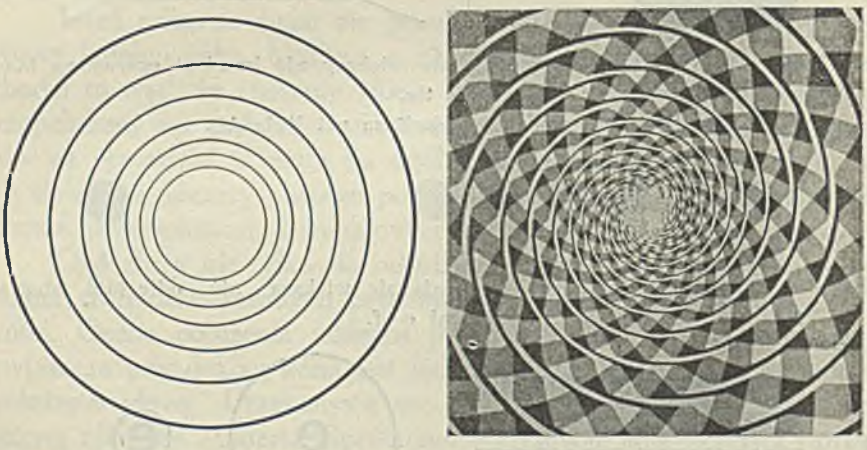
Paski zaczernione są równoległe — złudnie wydają się skośne względem siebie. Litera w małym kole wydaje się większa od tej samej wielkości litery w dużym kole.

ten drugi, gdyż mimo woli porównywamy bok jednego kwadratu z przekątną drugiego. Podobnie gdy każemy komuś położyć trzecią monetę w takiej odległości od dwóch danych monet, jaka dzieli zewnętrzne krańce tych monet; zawsze tę trzecią monetę umieszczamy za blisko. Dzieje się tak dlatego, że mimo woli bierzemy pod uwagę wewnętrzne krańce monet i łatwiej nam jest ułożyć z trzech monet trójkąt równoboczny.

Istnieją także złudzenia w dziedzinie spostrzegania ruchów. Pozostają one najczęściej w związku z własnością naszego oka, polega-

jącą na przetrzymywaniu wrażeń. Przetrzymywanie wrażeń polega na tym, że jeśli patrzymy np. na zapaloną latarkę, która w pewnej chwili gaśnie, widzimy światło jeszcze przez 0,1 sek. po jej zgaśnięciu. Korzystając z tego złudzenia można wywołać jeszcze inne złudzenie. Obracamy krążek barwny na sznurku; przy pewnej szybkości obrotu patrzącemu zacznie się wydawać, że widzi obręcz kolorową. Dzieje się tak, gdyż oko przetrzymuje wrażenie krążka w danym punkcie tak długo, aż on po zatoczeniu kręgu powróci na to samo miejsce. Stąd złudzenie obręczy kolorowej. Na podobnym złudzeniu oparta jest zasada kinematografu.

Większość opisywanych tu złudzeń zachodzi łatwiej i wyraźniej, gdy patrzymy tylko jednym okiem. To, że posiadamy dwoje oczu,



SPIRALE FASERA. Okręgi kół współśrodkowych (lewa część ryciny), umieszczone na danym tle (prawa część ryciny) i przewinięte białym paskiem, sprawiają wrażenie spirali. Aby się przekonać, że jest to złudzenie optyczne, wystarczy wyrysować koła współśrodkowe lewej części ryciny na przezroczystej bibule i nałożyć na rysunek umieszczony z prawej strony; stwierdzimy wtedy, że okręgi kół pokrywają się całkowicie z rzekomymi spiralami.

chroni nas od wielu złudzeń i błędów, chociaż nie od wszystkich. Znacznie łatwiej bowiem jest oceniać bryłowatość, oddalenie i wielkość przedmiotu dwojgiem oczu.

W związku z widzeniem dwuocznym nasuwa się pytanie, czym wytłumaczyć fakt, że przedmioty oglądane nie dwoją się, choć dają zawsze dwa oddzielne obrazy, i to różne, tego samego przedmiotu, jeden na siatkówce prawego oka, a drugi na siatkówce lewego. Otóż oba obrazy siatkówkowe zlewają się w jedną całość dzięki specjalne-

mu ustawieniu oczu, nazywanemu konwergencją gałek ocznych. Gdy gałki oczne ustawiają się tak, aby obraz przedmiotu padał na odpowiadające sobie miejsca obu siatkówek, pomimo dwóch obrazów otrzymujemy wrażenie tylko jednego przedmiotu.

Mówiliśmy już o tym, że pozorna wielkość np. figury geometrycznej zależy w znacznej mierze od tła, na którym się ją ogląda. W znacznym stopniu zależy także od tła ocena jasności plamy lub przedmiotu. Biel na tle czerni wydaje się znacznie bielsza niż w rzeczywistości i na odwrót. Druk widzimy tak wyraźnie dzięki temu, że czarne litery wydają się znacznie jeszcze czarniejsze na białym tle.

Ogólnie da się powiedzieć, że nie widzimy świata takim, jakim jest naprawdę, lecz takim, jakim otrzymujemy go w obrazie wzrokowym. Obraz ten jest jednak w ciągu całego życia człowieka w rysach zasadniczych niezmienny a przy tym tak dalece dla naszego życia wystarczający, i takeśmy już do niego przywykli, że bierzemy go za rzeczywistość.

UCHO — JEGO BUDOWA I CZYNNOŚCI

Gdybyśmy jakiemukolwiek przeciętnemu człowiekowi zadali pytanie, do czego służy ucho, na pewno spojrzałby na nas z ironicznym uśmiechem. Bo istotnie, któż to nie wie, że ucho jest narządem słuchu, że dzięki niemu odbieramy całe bogactwo wrażeń dźwiękowych ze świata otaczającego, że jemu zawdzięczamy głębokie wzruszenia doznawane podczas słuchania muzyki itd.? Można śmiało twierdzić, że wśród pytanych znajdzie się tylko mała garstka ludzi, którzy będą wiedzieli, że ucho jest nie tylko narządem słuchu, ale że w nim kryje się drugi ważny zmysł — „zmysł równowagi", a właściwie narząd regulacji ruchów ciała.

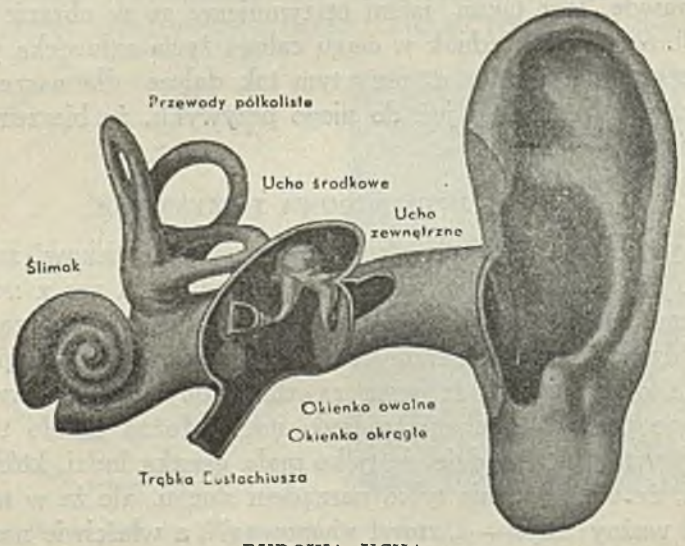
Dla człowieka znaczenie tego zmysłu nie jest tak wielkie, jak dla niższych zwierząt; o położeniu jego ciała informują go bowiem także wrażenia mięśniowe, stawowe, wzrokowe i słuchowe. Mimo to wrażenia dostarczane przez „zmysł równowagi" mają olbrzymi wpływ na nasze życie i — jak zobaczymy — zaważyły na wielu naszych istotnych pojęciach i wyobrażeniach.

Warto podkreślić, że „zmysł równowagi" rozwinął się znacznie wcześniej niż zmysł słuchu. Zjawisko to jest zupełnie zrozumiałe, jeżeli zważymy, że rozwój narządów następował w miarę, jak tego wymagały nowe warunki życiowe. Otóż gdy w zamierzchłych czasach zwierzęta żyły jeszcze w głębinach morskich, „zmysł równowagi" był dla nich najważniejszym bodaj zmysłem, gdyż dzięki niemu skom-

plikowane ruchy mogły być wykonywane precyzyjnie. Zmysł słuchu natomiast jest nabytkiem zwierząt lądowych. „Pra-ucho“ było jedynie narządem równowagi, a właściwie narządem samoczynnie regulującym ruchy ciała jako całości; dopiero wtórnie rozwinął się narząd słuchu.

Ucho ludzkie spełnia więc nader trudne zadanie — dostarcza wrażeń różnorodnych, między którymi zachodzą zasadnicze różnice jakościowe.

Nasuwa się pytanie, w jaki sposób jeden narząd może „obsługiwać“ dwa odrębne zmysły. Odpowiedź jest jedna i całkowicie zadowalająca: w uchu zawarte są właściwie dwa narządy, do których



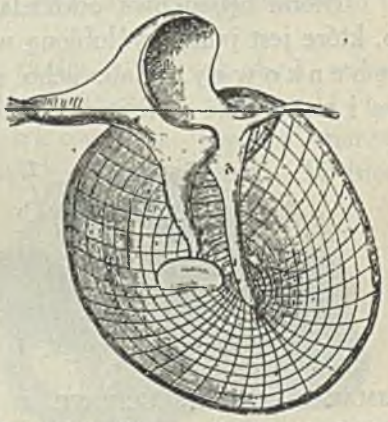
BUDOWA UCHA.

dochodzą dwa różne nerwy; są to ślimak i narząd przedsionkowy. Poza tym można wyróżnić w uchu trzy niejako okolice, z których każda ma odrębną budowę i spełnia inną czynność, a mianowicie: ucho zewnętrzne, środkowe i wewnętrzne.

Ucho zewnętrzne składa się z trzech części: małżowiny (muszli), przewodu słuchowego i błony bębenkowej. To, co pospolicie nazywa się uchem, ta zawiła, pozaginana ku środkowi i na zewnątrz chrząstka, okryta delikatną, różowawą skórą i osadzona z każdej strony głowy — nazywa się właśnie małżowiną uszną. W tej postaci występuje małżowina dopiero u ssaków. Kształt jej bywa rozmaity w zależności od właściwości ra-

sowych i indywidualnych: u Murzynów — okrągły, u przedstawicieli rasy mongolskiej — podłużny, u ludzi rasy białej zbliża się raczej do owalu. Wielkość małżowiny usznej także bywa różna; przeciętnie długość jej wynosi 60—65 mm, a szerokość 25—35 mm; zwykle sięga ona od poziomu brwi do poziomu ust.

Pozostaje dotąd kwestią sporną, czy małżowinie przypada jakikolwiek udział w czynnościach ucha, czy też nie posiada ona w ogóle żadnego znaczenia. Istnieje pogląd, że małżowina jest typowym organem szczątkowym, zupełnie człowiekowi niepotrzebnym. Poglądowi temu zdają się jednak przeczyć fakty: gdy obetniemy małżowinę, odciągniemy ją do tyłu lub przyciśniemy do kości skroniowej, wrażenia słuchowe jednak w pewnej mierze słabną. Rola jej polega więc prawdopodobnie na tym, że skupia fale głosowe i kieruje je do przewodu słuchowego.



Błona bębenkowa z kostkami słuchowymi.

Małżowina uszna innych ssaków jest ruchoma i pozwala oceniać kierunek, z którego dźwięk lub szmer dochodzi. Wśród ludzi tylko wyjątkowe osobniki potrafią wykonywać nią ruchy, i to bardzo nikłe i bezpożyteczne. W ocenianiu kierunku słyszanych dźwięków pomagają człowiekowi ruchy głowy i porównywanie siły dźwięków odbieranych jednym i drugim uchem.

Przewód słuchowy jest to rura długości 2—3 cm, w wewnętrznej swej części chrząstkowa, w zewnętrznej zaś — kostna. Skóra wyścielająca przewód zawiera liczne gruczołki, które produkują wydzielinę żółtą i gorzką, zwaną woszczkiem usznym. Woszczek wraz z włoskami, którymi jest najeżone wejście do przewodu słuchowego, broni wstępu ciałom obcym do wnętrza ucha.

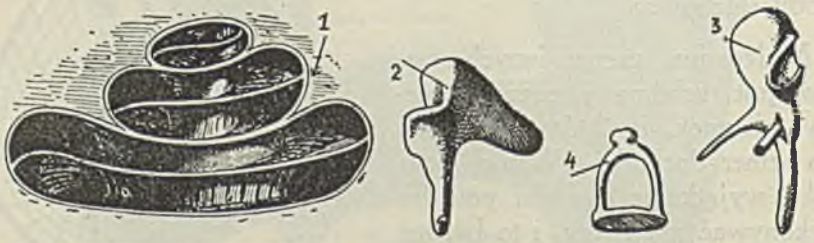
Między uchem zewnętrznym i środkowym rozpięta jest ukośnie prawie że okrągła błona o średnicy mniej więcej 1 cm, zwana błoną bębenkową. Ukośne położenie błony nie jest pozbawione znaczenia, dzięki niemu bowiem może ona mieć większą średnicę niż przewód słuchowy. W błonie mieszczą się dwojakiego rodzaju włókna: obwodowe, które są elastyczne i rozciągliwe, oraz promieniste,

które są bardziej oporne. Dzięki temu podwójnemu rusztowaniu błona bębenkowa jest bardzo wytrzymała na ucisk; podobno słup rtęci o wysokości metra nie zdoła jej rozedrzeć.

Podobnie jak małżowina, pojawia się też przewód słuchowy dopiero u ssaków; u zwierząt niższych, np. płazów, gadów, błona bębenkowa stanowi najbardziej zewnętrzną część ucha i znajduje się na powierzchni głowy.

Dzięki przewodowi, który jest dość długi, ucho środkowe i wewnętrzne jest wsunięte w głąb głowy, co zabezpiecza je od uderzeń i innych uszkodzeń, a co najważniejsze — błona bębenkowa nie jest wystawiona na działanie bodźców mechanicznych.

Błona bębenkowa oddziela ucho zewnętrzne od ucha środkowego, które jest jamą wyżłobioną w kości skroniowej i nosi nazwę jamy bębenkowej. Całe ucho środkowe jest wyścielone błoną śluzową i napełnione powietrzem, które dostaje się tutaj z jamy noso-gar-



ŚLIMAK I KOSTKI SŁUCHOWE. 1. Przekrój ślimaka. 2. Kowadełko. 3. Młoteczek. 4. Strzemię.

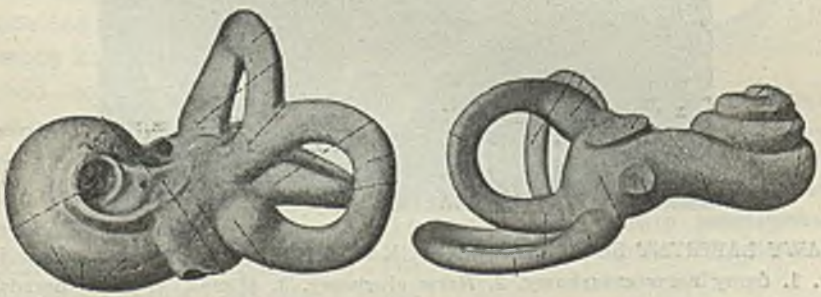
dłowej za pośrednictwem rury, łączącej gardło z uchem środkowym, a zwanej trąbką Eustachiusza. Połączenie to ma olbrzymie znaczenie, gdyż dzięki niemu ciśnienie powietrza w uchu równa się zawsze ciśnieniu atmosferycznemu. Gdy błona bębenkowa jest narażona na zbyt gwałtowne ciśnienie z zewnątrz, np. podczas silnego huku, należy otworzyć usta, gdyż w ten sposób rozszerza się ujście trąbki Eustachiusza i wyrównanie ciśnień powietrza odbywa się bez przeszkody. Czynią tak artylerzyści przed wystrzałem armatnim.

W jamie bębenkowej znajduje się mały, subtelny mechanizm, składający się z trzech kostek słuchowych, nazywanych — odpowiednio do ich kształtu — młoteczkiem, kowadełkiem i strzemiączkiem. Rękojeść młoteczka jest wrośnięta w błonę bębenkową w ten sposób, że ciągnie ją niejako do wnętrza, tak że na jej zewnętrznej stronie powstaje wgłębienie, zwane pępkiem. Stopka zaś strzemienia umieszczona jest w owalnym okienku, prowadzącym do ucha wewnętrznego. Wszystkie kostki słuchowe są połą-

czone powierzchniami stawowymi i więzadłami; posiadają również własne umięśnienie. Razem tworzą rodzaj jednolitego mostka mało ruchliwego w stawach, przyczepionego jako dźwignia nierównoramienna do sklepienia jamy bębenkowej. Gdy fale głosowe uderzają w błonę i wprawiają ją w ruch drgający, jej drgania przenoszą się za pośrednictwem kostek słuchowych do ucha wewnętrznego.

Ucho wewnętrzne jest to niezmiernie skomplikowany labirynt kostny, mieszczący się w masie kości skroniowej. W labiryncie kostnym, zwanym inaczej błędnikiem kostnym, znajduje się labirynt błoniasty, ściśle dostosowany do kształtu labiryntu kostnego, wypełniony cieczą *(endolimfą)*. Przewody labiryntu błoniastego nie przylegają do ścian labiryntu kostnego, lecz również oddzielone są od nich warstwą cieczy *(perylimfy)*.

Błędnik można podzielić na trzy części, z których dwie, mianowicie przedsionek i trzy przewody półkoliste, zwane narządem przedsionkowym, tworzą narząd zmysłu równowagi, trzecia zaś — ślimak — narząd słuchu. W błęd-

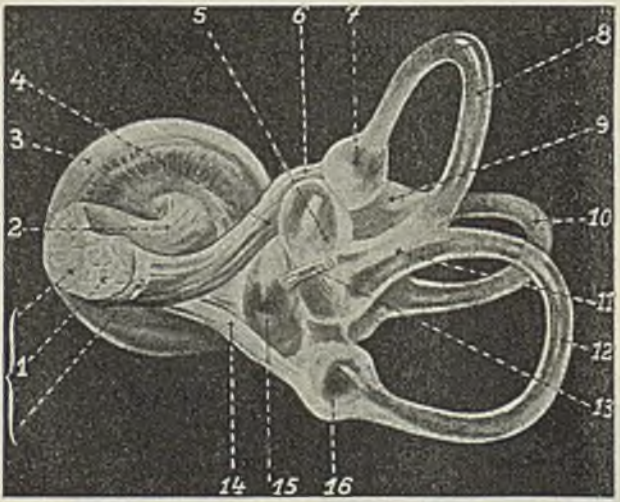


Na lewo: labirynt widziany od strony wejścia nerwu 8., t. j. połączenia nerwu przedsionkowego i słuchowego. Na prawo: ucho wewnętrzne czyli błędnik (labirynt). Widać w lewej części trzy przewody półkoliste, w środku — przedsionek, a na prawo — ślimak.

niku następuje też rozgałęzienie nerwu słuchowego, przy czym jedna część dochodzi do przedsionka jako t. zw. nerw przedsionkowy, druga zaś do ślimaka — jako nerw ślimakowy. Przyjrzyjmy się kolejno ślimakowi i przewodom półkolistym.

Budowa ślimaka jest bardzo zawiła: wyobraźmy sobie wąski stożek, dokoła którego jest okręcona spiralnie prawie trzy razy blaszka kostna, połączona z zewnętrzną ścianą ślimaka błoną podstawową. Blaszka i błona podstawowa dzielą ślimak na 2 niejako piętra: górne i dolne. Pierwsze oddziela od ucha środkowego błona, zwana okienkiem owalnym, drugie zaś — t. zw. okien-

ko okrągłe. Na piętrze górnym mieści się misterne urządzenie, zwane organem Cortiego. Piętro górne przedzielone jest na dwie części za pomocą błony Reissnera. Tak utworzone piętro środkowe ma kształt trójkąta (na przekroju ślimaka), którego podstawę tworzy błona podstawowa; w jej masywie, jakby struny na harfie, rozpięte są włókienka, które są coraz dłuższe w miarę rozszerzania się błony ku górze ślimaka. Włókienka są bardzo cienkie (grubość ich wynosi zaledwie jedną pięćsetną mm), sprężyste



PRAWY LABIRYNT BŁONIASTY OSOBNIKA DOROSŁEGO *(Powiększ. około 4 razy)*. 1. Ósmy nerw czaszkowy. 2. Nerw słuchowy. 3. Ślimak. 4. Nerw przedsionkowy. 5. Plamka słuchowa. 6. Nerw przedsionkowy. 7. Banieczka przewodu półkolistego (ampulla). 8. Pierwszy pionowy przewód półkolisty. 9. Plamka słuchowa. 10. Poziomy przewód półkolisty. 11. Wyjście pionowych przewodów półkolistych. 12. Drugi pionowy przewód półkolisty. 13. Przewód endolimfatyczny. 14. Nerw przedsionkowy. 15. Plamka słuchowa. 16. Banieczka przewodu półkolistego.

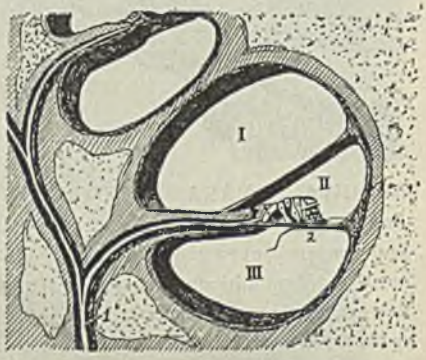
i mocno napięte; wszystkie mieszczą się jakby w tunelu utworzonym przez dwa gęste, nachylone ku sobie szeregi komórek, zwanych filarami Cortiego. Filary z kolei są objęte dwoma szeregami innych komórek, opatrzonych krótkimi, sterczącymi włoskami (są to właściwe komórki zmysłowe, bo w nich mieszczą się rozgałęzienia nerwu słuchowego), które przy każdym poruszeniu błony podstawowej dotykają i ocierają się o inną błonę, t. zw. błonę nakrywową czyli błonę Cortiego, i w ten sposób wprawiane są w stan pobudzenia.

Ten miniaturowy narząd, ta niezwykle subtelna mozaika wielu

tysięcy włókienek, filarów, komórek zmysłowych jest właściwym aparatem odbiorczym fal głosowych.

Ale cóż to są fale głosowe, jak one powstają i jaką drogą docierają do głęboko ukrytego w kości skroniowej organu Cortiego?

Gdy jakieś ciało sprężyste wskutek potarcia, uderzenia lub szarpnięcia zaczyna drgać, jego drgania udzielają się otoczeniu, które również zostaje wprawione w ruch falowy. Gdy uderzymy w klawisz czy bęben lub pociągniemy smyczkiem po strunie, drgania tych ciał udzielają się powietrzu, w którym następują szybko po sobie zgęszczenia i rozrzedzenia. To są fale głosowe.



PRZEKRÓJ ŚLIMAKA. W środku widzimy rozgałęzienia nerwu słuchowego (1), dochodzące do narządu Cortiego (2). Liczbami rzymskimi oznaczono piętra: piętro przedsionkowe (I), przewód ślimaka (II), piętro bębenkowe (III).

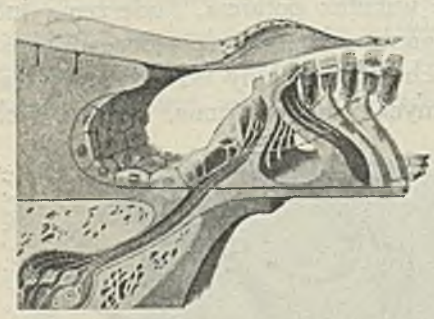
Fale te trafiają do małżowiny i przewodu zewnętrznego i tam odbywają drogę aż do błony bębenkowej; tu następuje ich przekształcenie, gdyż drgania błony przenoszą się na okienko owalne za pomocą kostek słuchowych. W ten sposób zostaje wprawiona w ruch drgający ciecz wypełniająca labirynt, co doprowadza do podrażnienia nerwu słuchowego. Nerw ten przewodzi podrażnienie do ośrodka słuchowego w korze mózgowej i powoduje powstanie wrażenia. Gdyby nie było istot żyjących, obdarzonych słuchem, fale rozchodziłyby się wprawdzie, ale nie byłoby żadnego dźwięku. Dźwięk — to nie ruch falowy powietrza, ale nasze własne przeżycie; żaden instrument muzyczny nie wydaje dźwięków, lecz wprawia jedynie w ruch powietrze, a w nas dopiero powstają tony.

Ucho ludzkie nie jest wrażliwe na drgania o wszelkiej częstości; najmniejsza ilość drgań, na które ono reaguje, wynosi 16 na sekundę, największa — 30.000. Im drgania są częstsze, czyli fale krótsze, tym wyższy ton słyszymy.

W tym schemacie czynności ucha nie znajdujemy jednak odpowiedzi na najbardziej zagadkowe kwestie związane z procesem słyszenia, mianowicie — w jaki sposób ucho ludzkie z taką precyzją rozróżnia dźwięki o różnej wysokości, skąd ta ogromnie rozpięta skala wrażeń słuchowych.

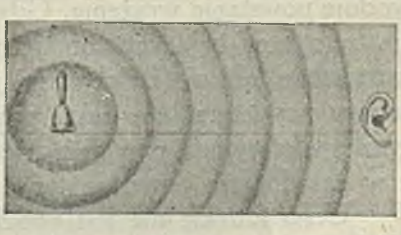
Wielu uczonych próbowało rozwiązać to interesujące zagadnie-

nie, ale bodaj najbardziej sugestywna i popularna jest teoria Helmholtza. Helmholtz oparł swą hipotezę na zjawisku t. zw. rezonansu, polegającym na tym, że ciało, które może wydawać dźwięki tej samej wysokości czyli wywoływać tę samą ilość drgań, co inne, współbrzmi, gdy to drugie ciało dźwięczy; np. struna skrzypcowa odezwie się, gdy uderzymy w klawisz, wydający ton o tej samej wysokości; szklanki na stole zaczynają dźwięczeć, gdy rozlegnie się odpowiedni ton, itp.



BUDOWA ŚLIMAKA USZNEGO. Widać komórki słuchowe oplecione zakończeniami nerwu słuchowego, którego włókna biegną poprzez tunel utworzony przez dwa nachylone ku sobie rzędy filarów. Nad komórkami słuchowymi unosi się błona nakrywowa (Cortiego), która dotyka lekko szczeciniek komórek słuchowych. *(Wg F. Kahna).*

Helmholtz rozumował więc w sposób następujący: organ Cortiego zawiera 9 tysięcy filarów, z których każdy jest nastrojony na inną ilość drgań; fala głosowa wprawia w ruch tylko te filary, które są do niej dostrojone i wtedy one współdrgają, przy czym każdy filar samodzielnie niejako przekazuje swoją podnietę mózgowi przez zakończenie nerwowe, z nim tylko związane. Tym się też tłumaczy fakt, że potrafimy wyróżniać oddzielne tony równocześnie brzmiące, że w orkiestrze rozróżniamy poszczególne instrumenty, że na ulicy słyszymy jednocześnie mnóstwo różnych głosów: trąbki samochodów, dzwonki tramwajowe, rozmowy ludzi przechodzących obok nas itd.

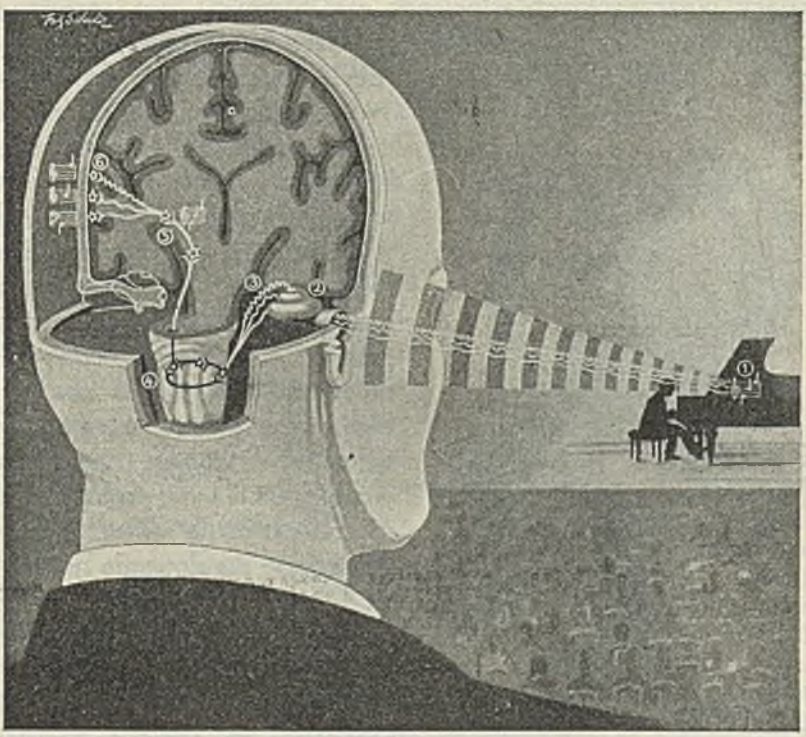


FALE AKUSTYCZNE CZYLI GŁOSOWE. Muszla uszna chwyta i skupia fale powietrzne, wywoływane przez drgający przedmiot.

Początkowo Helmholtz sądził, że rezonatorami w organie Cortiego są właśnie filary; pogląd ten nie mógł się jednak ostać wobec faktu, że ilość filarów, jakkolwiek wynosi około 9000, jest mniejsza niż ilość możliwych wrażeń słuchowych, a ptaki, odznaczające się niekiedy wyjątkowo czułym słuchem, są zupełnie pozbawione filarów. Wobec tego Helmholtz przypisał później rolę rezonatorów włóknom rozpiętym w błonie podstawowej. Włókien jest znacznie więcej niż filarów, bo około 24000, t. zn. mniej więcej tyle, ile człowiek wyróż-

nia jakości tonowych. Włókna krótkie — twierdził — są rezonatorami tonów wysokich, włókna długie — niskich.

Najważniejszym argumentem przemawiającym za słusznością tej hipotezy są pewne wady, t. zw. luki słuchowe, polegające na tym, że osoba badana jest głucha na pewne, ściśle określone tony. Liczne doświadczenia zdają się również potwierdzać przypuszczenie, że właś-

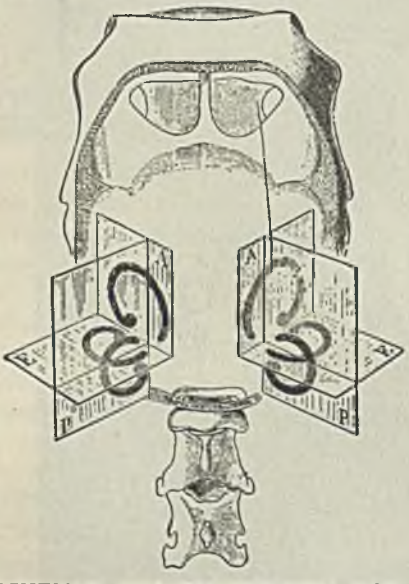


POWSTAWANIE WRAŻEŃ SŁUCHOWYCH. Fale akustyczne poprzez przewód słuchowy przenoszą się aż do błony bębenkowej. Komórki słuchowe zawarte w ślimaku ucha wewnętrznego (2) przetwarzają fale akustyczne (1) na pobudzenie nerwowe, które drogą nerwów słuchowych (3) przechodzi do rdzenia przedłużonego (4). W rdzeniu bodziec słuchowy przenosi się na stronę przeciwną, po czym poprzez pień mózgu (5) wędruje do sfery słuchowej płatu skroniowego (6). W sferze tej poszczególne odcinki przystosowane są do odbioru melodyj, słów, rytmu, skali tonów itd. Trójdźwięk (1) zostaje odebrany przez trzy różne odcinki sfery słuchowej (6). *(Wg F. Kahna).*

nie włókna przenoszą odpowiednią podnietę na zakończenia nerwowe: gdy świnkom morskim przed zabiciem grano do ucha bardzo wysoki ton, psuły się właśnie krótkie włókna, a gdy stosowano niskie tony, psuły się dłuższe, będące przy szczycie ślimaka.

Szerokość błony podstawowej wynosi u podstawy 0,04 mm, a na szczycie ślimaka 0,495 mm, a więc włókna są tu dziesięciokrotnie dłuższe.

Oprócz teorii rezonansowej Helmholtza istnieje teoria Evalda, która na innej drodze szuka rozwiązania tej zawiłej kwestii. Teoria ta głosi mianowicie, że fale głosowe nigdy nie wprawiają w ruch drgający poszczególnych włókienek czy filarów, lecz zawsze całą błonę podstawową; poszczególne zaś dźwięki są uwarunkowane odpowiednią długością fal głosowych czyli częstością ich drgań.



SCHEMAT PRZESTRZENNEGO ROZMIESZCZENIA PRZEWODÓW PÓŁKOLISTYCH NA TLE OTWORZONEJ OD TYŁU I OD DOŁU CZASZKI. W płaszczyźnie A leży przewód przedni, w płaszczyźnie E — przewód zewnętrzny, w płaszczyźnie P — przewód tylny. Płaszczyzny A, E i P są do siebie prostopadłe.

Jak widzimy z opisu czynności ucha, przedsionek i przewody półkoliste nie biorą żadnego udziału w procesie przewodzenia fal głosowych czy też wywoływanych przez nie pobudzeń. Rola ich jest inna: dzięki nim bezwiednie reagujemy ruchami ciała na wszelkie zmiany położenia głowy (a zarazem całego ciała) w przestrzeni — szczególnie jeżeli zmiany te są spowodowane przez ruchy szybkie. W ten sposób następuje samoczynne, kompensacyjne regulowanie ruchów ciała. Dla zrozumienia funkcji przewodów półkolistych musimy jednak zapoznać się z ich budową.

Przewody półkoliste (tak się nazywają ze względu na swój kształt) wybiegają z jednego z dwóch pęcherzyków, mieszczących się w przedsionku, i znowu doń docierają rozszerzonymi w kształcie gruszek końcami. Rozszerzenia te noszą nazwę a m p u ł e k. Jeden z przewodów leży w płaszczyźnie poziomej, dwa zaś pozostałe — w pionowych, do siebie prostopadłych; wszystkie są więc względem siebie prostopadłe i tworzą jakby układ trzech osi współrzędnych.

Ze ścianek pęcherzyków błoniastych i ampułek wyrastają gęsto obok siebie gromadki komórek zmysłowych (w komórkach tych kończą się rozgałęzienia nerwów czuciowych), zaopatrzonych w drobne

szczecinki. Komórki te tworzą rodzaj szczoteczek. Na szczoteczkach spoczywają przyklejone do nich kamyczki (z soli wapiennych i fosforowych), t. zw. otolity albo osklepki *(kamyczki słuchowe)*.

Gdy zachowujemy postawę normalną, zarówno szczoteczki, jak i otolity są w równowadze; wystarczy jednak tylko przechylić głowę w lewo lub w prawo, do przodu lub tyłu, a otolity już silniej uciskają włókienka w pęcherzykach. W ampułkach wzmacnia to działanie znajdująca się tam ciecz; gdy obracamy głowę, ciecz wskutek bezwładności zachowuje początkowo swe dawne położenie i wskutek tego szarpie niejako włókienka. Gdy zaś obracamy się dokoła osi przez czas dłuższy, np. podczas tańca, zabawy w „młynka" czy „drobną kaszkę", mimo że przestajemy się obracać, wrażenie ruchu trwa jeszcze jakieś 10—20 sekund, gdyż ciecz „dała się porwać" ruchowi obrotowemu i ciągle się porusza, chociaż myśmy się zatrzymali.

Gołąb po całkowitym, obustronnym usunięciu błędników błoniastych. Mięśnie są tak osłabione, że zwierzę nie może dźwignąć głowy obciążonej niewielkim ciężarkiem (kulka wagi mniej więcej 20 g) i powrócić do normalnej pozycji. *(Wg J. R. Evalda)*.

Doznajemy więc przykrego uczucia zawrotu głowy, które występuje niemal zawsze, gdy zachodzi sprzeczność pomiędzy rzeczywistym położeniem a tym, co się nam wydaje. Do świadomości naszej dochodzą bowiem wtedy niezgodne wrażenia; jedne wywołują w nas poczucie, że się jeszcze obracamy, a inne — że już trwamy w bezruchu.

Zawroty głowy, nudności a nawet wymioty podczas choroby morskiej, huśtania się, podczas jazdy tramwajem, pociągiem — są także w dużej mierze spowodowane czynnościami przewodów półkolistych. Objawy te występują najczęściej, gdy jedziemy zwróceni plecami w kierunku jazdy, lecz już samo wyobrażenie sobie jazdy w tył przy zamkniętych oczach wystarczy do wywołania zawrotu głowy, a więc takiego samego objawu, jak przy istotnym podrażnieniu włókienek w przewodach półkolistych.

Narząd przedsionkowy pozostaje w ścisłym związku z mięśniami szkieletowymi, dzięki połączeniom nerwowym, dlatego też wpływa wybitnie na napięcie mięśni i reguluje ruchy złożone w ten

czy inny sposób. Czynności jego odbywają się na drodze odruchowej; wystarczy podziałać na otolity, a zwierzę natychmiast odruchowo zmienia pozycję ciała. Doskonale można zaobserwować to zjawisko u pewnego gatunku raków stale pływających, które podczas linienia wyrzucają swoje otolity; jeżeli takie raki (krewetki) wpuścimy do akwarium, w którym są opiłki żelazne, wprowadzają je sobie do narządów otolitowych. Gdy przybliżymy magnes, żelazny otolit będzie oczywiście poddany działaniu sił magnetycznych, skierowanych inaczej niż siła ciężkości, i rak zmieni pozycję swego ciała; przedtem był zorientowany zgodnie z siłą ciężkości, a obecnie z kierunkiem działania sił magnetycznych — usiłuje więc pływać do góry nogami, jeżeli magnes umieścimy nad akwarium. Gdy powstają zaburzenia w zmyśle równowagi, chód staje się niepewny, ociężały; obserwujmy podczas chodzenia niektórych głuchych, t. zn. takich, którzy nie tylko mają uszkodzony ślimak, ale i aparat przedsionkowy, a zobaczymy, jak niezgrabnie rozstawiają nogi i kołyszą się w jedną i drugą stronę.

Prawidłowe pływanie także w dużej mierze zależy od normalnego funkcjonowania narządu przedsionkowego; jeżeli rybie usuniemy otolity, pływa bezładnie na plecach lub na boku, a nie na brzuchu, jak to czyni w normalnych warunkach. Gdy głuchy z uszkodzonym błędnikiem dostanie się pod wodę, traci zupełnie zdolność orientowania się i nie wie, gdzie jest powierzchnia ziemi, a gdzie dno.

Również fruwanie zależy od stanu błędnika; najlepiej fruwają te ptaki, które mają dobrze rozwinięty narząd przedsionkowy, jak np. jaskółki, mewy, sokoły.

Jak więc widzimy, ten na pozór mało ważny narząd wywiera duży wpływ na rozmaite nasze czynności.

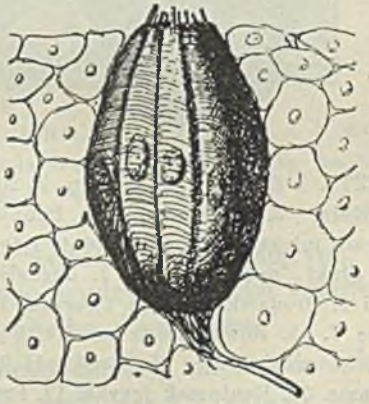
Niektórzy uczeni dopatrują się nawet związku między budową i ułożeniem przewodów półkolistych a naszymi podstawowymi pojęciami przestrzennymi. Skłonni są uważać, że wyobrażamy sobie przestrzeń jako trójwymiarową dlatego, że posiadamy trzy przewody półkoliste, ustawione do siebie prawie prostopadle; dzięki temu orientujemy się w trzech kierunkach. Zwierzęta, które mają dwa przewody, zgodnie z tym ujęciem powinnyby wyczuwać przestrzeń jako dwuwymiarową.

ZMYSŁ SMAKU

Spośród różnorodnych wrażeń, jakie odbieramy przy pomocy naszych narządów zmysłowych, bodaj najtrudniej wyróżnić wrażenia, dostarczane przez zmysł smaku. Wrażenia smakowe nie są bowiem nigdy

doznawane w odosobnieniu. To, co pospolicie określamy jako „smak" potraw czy napojów, jest już niejako wypadkową całego szeregu wrażeń — smaku w ścisłym tego słowa znaczeniu, dotyku, ucisku, temperatury, a zwłaszcza wrażeń węchowych. Węch współdziała najczynniej ze zmysłem smaku. Wiadomo powszechnie, że katar błony śluzowej nosa obniża wydatnie naszą zdolność odróżniania smaków. Przy zupełnie zatkanych kanałach nosowych nie potrafimy odróżnić smaku jabłka od smaku cebuli. Bez pomocy węchu i innych zmysłów bylibyśmy więc zupełnie nieczuli na najwspanialsze wyczyny sztuki kulinarnej.

Ścisły związek wrażeń smakowych z wrażeniami innych zmysłów utrudniał też zawsze klasyfikację smaków. Dawniej rozróżniano aż dziesięć jakościowo różnych smaków (Lineusz, w. XVIII); mówiono więc np. o smaku aromatycznym, tłustym, zgniłym itp., oznaczając tymi nazwami najwyraźniej wrażenia mieszane. Najnowsze badania dowiodły, że zmysłem smaku odróżniamy jedynie smak słodki, gorzki, słony i kwaśny. Niektórzy badacze skłonni są nawet uważać, że tylko smak słodki i gorzki zawdzięczamy reakcjom tego zmysłu, pozostałe dwa są już pseudo-smakami, wiążąc się ściśle z wrażeniami innych zmysłów.



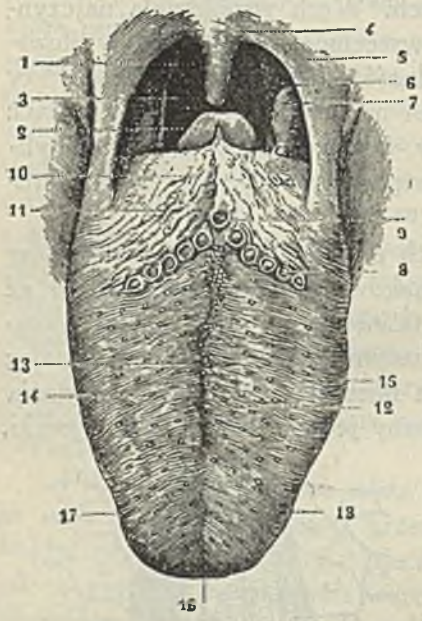
Kubek smakowy zbudowany z komórek zmysłowych.

Właściwym narządem smaku zarówno u człowieka, jak i u innych zwierząt są t. zw. kubki smakowe, t.j. cebulkowate skupienia komórek zmysłowych, ułożonych koncentrycznie dokoła rozgałęzień nerwów smakowych.

Rozmieszczenie ich w ciele danego zwierzęcia zależy od warunków, w jakich ono żyje. U zwierząt wodnych np. kubki smakowe są rozsiane po całej powierzchni ciała i ułatwiają im ocenę jakości wody, a przede wszystkim informują o obecności w pobliżu smakowitych kąsków. Najłatwiej jest zaobserwować charakterystyczne zmiany umiejscowienia kubków smakowych w zależności od warunków — u żab, które jako kijanki żyją w wodzie, a po przeobrażeniu — na lądzie.

U człowieka kubki smakowe skupiły się najliczniej w brodawkach języka, ale nie na całej jego powierzchni. Na podniety smako-

we wrażliwe są jedynie — koniec języka, jego brzegi i część tylna. Poza językiem zawierają kubki smakowe — podniebienie miękkie i twarde, nagłośnia i górna część przełyku. Rzecz przy tym charakterystyczna, że u niemowlęcia, któremu mleko podczas ssania spływa środkiem języka do gardła, właśnie środkowa część języka jest obficie usiana kubkami smakowymi. Po pojawieniu się zębów teren smakowy przesuwa się ku brzegom.



JĘZYK I GARDŁO. 1. Gardło. 2. Nagłośnia. 3. Języczek. 4. Podniebienie miękkie. 5. i 6. Przednie i tylne łuki podniebienne. 7. Migdałki. 8. i 9. Brodawki okolone tworzące literę V. 13. Rowek środkowy. 14. Brodawki grzybowate. 15. Brodawki liściaste. 16. Koniuszek języka. 17. Prawy brzeg języka. 19. Lewy brzeg języka. (W wyjaśnieniach tych uwzględnione zostały jedynie elementy najważniejsze).

Język nie jest jednak wyłącznie narządem smaku, lecz służy także jako pomocniczy organ dotyku i fonacji, t. j. czynności wydawania dźwięków.

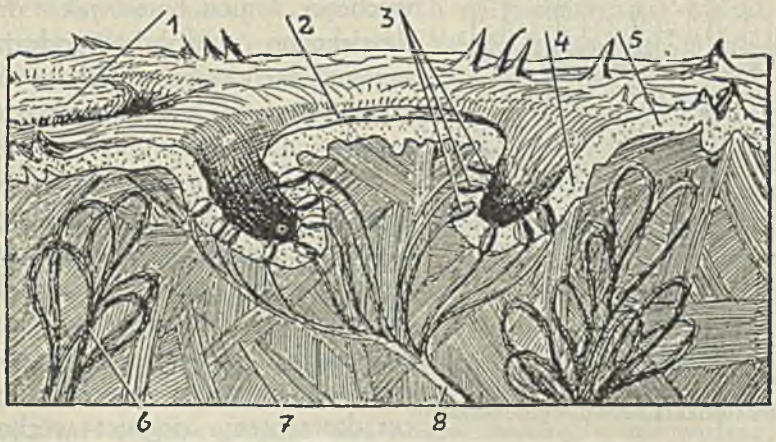
Komórki i nerwy smakowe reagują tylko na określone podniety. Właściwymi podnietami smakowymi są, mianowicie, ciała rozpuszczalne; ciała nierozpuszczalne nie posiadają żadnego smaku. Połóżmy kawałek cukru lub szczyptę soli na starannie osuszony język. Nie odczujemy na razie żadnego smaku. Dopiero po chwili, gdy napływająca ślina zwilży i rozpuści odrobinę tej substancji, poczujemy właściwy jej smak. Produkcja śliny jest więc niezbędna, abyśmy mogli doznawać wrażeń smakowych. Zaczyna się też ona wydzielać natychmiast, gdy jakiekolwiek ciało znajdzie się na języku. Ślina pojawia się również, jak wiemy, na drodze odruchowej na widok tylko, lub nawet na wspomnienie jakiejś smacznej potrawy. Stąd właśnie wzięło się powiedzenie: „Ślinka nam idzie".

Język jest narządem nader ruchliwym dzięki licznym mięśniom, tworzącym główną jego masę. Ta ruchliwość języka ma wielkie znaczenie, gdyż przyśpiesza wydzielanie śliny i ułatwia kontakt ciała spożywanego z brodawkami smakowymi.

Zmysł smaku pełni też funkcję obronną, pozwala bowiem od-

różniać pożywienie zdrowe od zepsutego. Jeśli ciało znajdujące się w jamie ustnej wywołuje wrażenie nieprzyjemnego smaku, prawie odruchowo je wypluwamy. Gdyby jednak przypadkowo przeniknęło do przewodu pokarmowego, wydalamy je na zewnątrz dzięki innemu odruchowi obronnemu — wymiotom.

Z drugiej strony potrawy o smaku przyjemnym, przysposabiając narządy trawienia do przyjęcia pokarmu, pobudzają apetyt. Dlatego



MIKROSKOPOWY MODEL PLASTYCZNY POWIERZCHNI JĘZYKA. 1. i 2. Brodawki okolone. 3. Kubki smakowe. 4. i 5. Błona śluzowa języka. 6. Sieć naczyń krwionośnych. 7. Mięśnie języka. 8. Nerw smakowy.

też jeszcze na długo przed odkryciami Pawłowa, stwierdzającymi, że wzrost apetytu jest skutkiem wzmożonego wydzielania soku żołądkowego, mówili Francuzi, że „apetyt przychodzi z jedzeniem".

U zwierząt zmysł węchu jest daleko czulszy niż u człowieka, toteż zwierzęta prawie nigdy nie próbują smaku jakiejś potrawy — do stwierdzenia jej jakości i zalet wystarczy im powonienie.

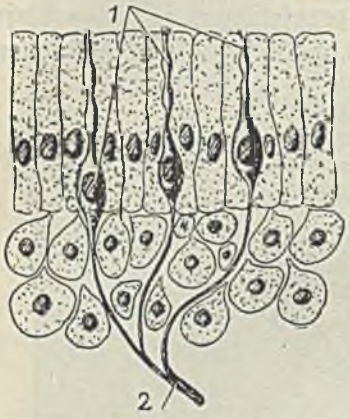
ZMYSŁ WĘCHU

Subtelny czy odurzający zapach kwiatów, balsamiczną woń lasów wchłaniamy z przyjemnością dzięki komórkom zmysłowym, zawartym w błonie śluzowej górnej części jamy nosowej. Komórki te, kształtu wrzecionowatego, na powierzchni posiadające jakby szczecinki, skupiły się na niewielkim odcinku górnej muszli nosowej i odpowiadającej mu części przeciwległej przegrody nosowej.

Każda z komórek węchowych przechodzi bezpośrednio w włókno nerwu węchowego; włókna te przenikają przez otworki kości sitowej, oddzielającej jamę nosową od jamy czaszki, i biegną poprzez

t. zw. opuszki węchowe (stanowiące pierwszą parę nerwów mózgowych) dalej ku centrom węchowym w mózgu.

Źródłem podniet węchowych są t. zw. ciała pachnące. Określenie jednak istoty tych podniet napotykało zawsze duże trudności. Przez długi czas uważano, że zapach powstaje dzięki ruchom drgającym cząsteczek tych ciał, wprawiającym w stan pobudzenia nerw węchowy, podobnie jak drgania dźwiękowe wywołują podrażnienie nerwu słuchowego. Wyniki badań późniejszych podważyły jednak tę hipotezę.



BŁONA ŚLUZOWA OKOLICY WĘCHOWEJ. 1. Komórki węchowe. 2. Rozgałęzienia nerwu węchowego.

Stwierdzono z całą pewnością, że tylko ciała lotne pachną, przy czym tracą mniej lub więcej na wadze, w miarę jak swój zapach wydzielają. Na podstawie tych danych można więc było drogą logicznego rozumowania wysnuć wniosek, że proces dostarczania podniet węchowych polega na uwalnianiu się cząstek ciała wonnego i unoszeniu się ich w powietrzu. Stąd dostają się one do nosa i drażniąc zakończenia nerwu węchowego wywołują odpowiednie wrażenie.

Nie wszystkie ciała wonne są w równym stopniu lotne. I tak np. musztarda, ambra itp. wydzielają zapach przez czas bardzo długi, mało przy tym tracąc na wadze. Inne znów związki, w rodzaju kamfory, tracą na wadze bardzo dużo w ciągu krótkiego czasu. Jako potwierdzenie doświadczalne tych zjawisk może służyć fakt, że tkanina umieszczona w pobliżu ciała pachnącego nasiąka niejako jego wonią, którą zachowuje potem przez czas dłuższy po usunięciu źródła zapachu.

Nie wszystkie jednak ciała lotne są równocześnie ciałami pachnącymi. Niektóre z nich nie wydzielają żadnego zapachu, a przynajmniej ludzie w ich sąsiedztwie go nie czują. Z drugiej strony zauważyć należy, że zapach jest tym silniejszy, w im bardziej sprzyjających lotności warunkach znajduje się dane ciało. Przede wszystkim odgrywa tu rolę ciepło. W krajach o gorącym klimacie kwiaty pachną znacznie silniej niż w krajach o stałej, niskiej temperaturze. Opowiadają np., że wyspę Ceylon najpierw się z morza czuje, potem dopiero widzi, a to z racji zapachów wydzielanych przez jej florę. Również

wilgoć sprzyja rozprzestrzenianiu się woni, a zarazem wpływając na błonę śluzową, zwiększa jej pobudliwość. Wiadomo, że powietrze wiejskie po deszczu, a jeszcze więcej w pogodny, rosisty wieczór, jest znacznie silniej przesycone zapachem kwiatów i drzew, niż w czasie posuchy. Wiemy także, że psy łatwiej tracą trop zwierzyny, gdy grunt jest suchy, choć z drugiej strony po ulewnym deszczu, po zmyciu terenu tropu już nie odnajdą.

Wrażliwość komórek węchowych na podniety jest wprost zdumiewająca. Stwierdzono np. że już $^1/_{200000}$ grama olejku różanego wystarczy do wywołania wrażenia węchowego, a istnieją związki chemiczne, które w znacznie mniejszych jeszcze dawkach drażnią komórki węchowe (np. merkaptan czujemy w koncentracji 0,00000005 miligrama w litrze powietrza).

Subtelność węchu ludzkiego jest jednak niewielka w porównaniu z węchem zwierząt, zwłaszcza dzikich. Zwierzęta mają bowiem w jamie nosowej znacznie większą powierzchnię błony śluzowej wrażliwą na wonie, niż człowiek; nadto ich centra węchowe są o wiele bardziej rozwinięte w stosunku do reszty mózgu niż u ludzi. Zmysł węchu ma też dla zwierząt o wiele większe znaczenie, niż dla człowieka. Tygrys z daleka już węchem „czuje" swą ofiarę, jeszcze jej nie widząc; lękliwą zaś łanię właśnie węch ostrzega o niebezpieczeństwie. Wiedzą o tym dobrze myśliwi, którzy polując na upatrzoną zwierzynę, starają się „zajść ją pod wiatr". Nawet pies domowy poznaje swego pana i odróżnia go od innych ludzi raczej węchem niż innymi zmysłami.

Jeśli chodzi o zastosowanie zmysłu węchu w życiu człowieka, to odgrywa on ważną rolę przy ocenianiu przydatności pokarmu do spożycia. Poza tym posiada on duże znaczenie w sferze życia seksualnego, gdyż człowiek jest niewątpliwie bardzo wrażliwy erotycznie na podniety węchowe.

Wreszcie należy zaznaczyć, że wrażenia węchowe, podobnie jak wrażenia odbierane zmysłem smaku, doznawane są najczęściej wespół z wrażeniami innych zmysłów (temperatury, dotyku itp.).

ZMYSŁY SKÓRNE

Skóra zawiera cały szereg aparatów odbiorczych. Od wszystkich innych narządów zmysłowych różni się ona tym, że zajmuje olbrzymią powierzchnię — wynoszącą aż 1,5—1,6 m^2, która w każdym swym punkcie reaguje na różne podniety. Wyobraźmy sobie, ile jest zakończeń nerwowych w skórze, jeżeli — wedle obliczeń pewnego fizjo-

loga — 5.000.000 gałązek nerwowych przewodzi wywoływane w nich podrażnienia do mózgu. Tak obficie unerwionej skórze zawdzięczamy wiele różnorodnych wrażeń; skóra informuje nas o tym, że jedne przedmioty są szorstkie i chropowate, a inne gładkie i jedwabiste, dzięki niej odczuwamy żar i chłód, odróżniamy to co suche od tego co wilgotne; ona poucza nas o tym, że powinniśmy unikać przedmiotów ostrych i śpiczastych, gdyż mogą nas narazić na bolesne ukłucia.

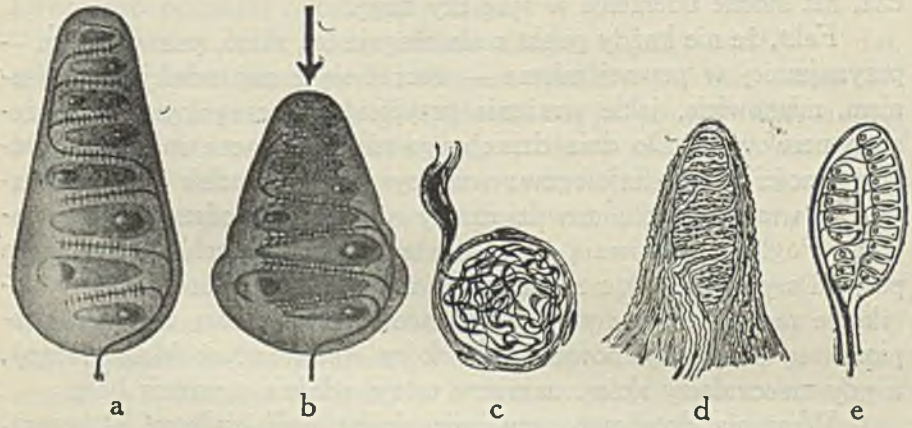
Wśród wrażeń odbieranych przy pomocy skóry możnaby wyróżnić trzy zasadnicze grupy: wrażenia temperatury (ciepła i zimna), dotyku i bólu. Jak widać z tej różnorodności, skóra nie jest jednym narządem zmysłowym, lecz siedliskiem kilku; każdy zgodzi się chyba z tym, że ból ma tyleż wspólnego z czuciem wilgoci, co czerwień z jakimś dźwiękiem.

CZYNNOŚCI SKÓRY. Ochrona organizmu. Czucie dotyku. Czucie bólu. Czucie gorąca i zimna. Wydzielanie potu.

Różne wrażenia doznawane zmysłami skórnymi zawdzięczamy rozmaitym rodzajom zawartych w skórze zakończeń nerwowych. Są to mianowicie: wolne zakończenia nerwowe i płytki Merkla — w warstwie Malpighiego; owalne ciałka Meissnera, pałeczki Krauzego, ciałka Vater — Paciniego — w skórze właściwej. Przemawia za tym i to, że niekiedy zanika wrażliwość na ból, a nie słabną reakcje na dotyk czy ciepło oraz że jedne okolice ciała są bardziej wrażliwe na ból, inne zaś na dotyk. Wreszcie najbardziej przekonywujące jest następujące doświadczenie: dotykamy pręcikiem o obtoczonym gładko końcu różnych punktów skóry leżących obok siebie. Cóż się okazuje? Otóż gdy dotykamy tym samym pręcikiem jednych punktów, pojawia się nagle wrażenie zimna, gdy zaś innych — wrażenie ciepła. Oznaczmy te punkty dwoma kolorami atramentu i powtórzmy kilkakrotnie doświadczenie, a okaże się, że punkty zimna reagują stale wrażeniem zimna, a punkty ciepła — wrażeniem ciepła. Najciekawsze bodaj jest to, że punkty zimna reagują wrażeniem zimna nawet na dotknięcie gorącym pręcikiem.

Podobnie można ustalić punkty dotyku, lecz do tego celu musi-

my użyć cienkiego włosa, aby nie atakować zbyt wielu zakończeń nerwowych. I znów ogarnia nas zdziwienie, gdy w niektórych punktach nie czujemy nic, w innych zaś najlżejsze muśnięcie wystarczy, aby nagle i wyraźnie wystąpiło wrażenie dotyku. Gdy podnieta dotykowa jest słaba i działa ciągle szeregiem poszczególnych podrażnień, występuje jakieś specyficzne wrażenie — niby dotykowe i niedotykowe — które nazywamy łechtaniem. Najłatwiej wrażenie to wywołać na dłoniach, podeszwach, pod pachami, na brzegach warg, koło dziurek nosa. Podczas łechtania odczuwamy nieprzepartą chęć dotykania mocno



NARZĄDY ZMYSŁÓW SKÓRNYCH. a. Ciałko dotykowe w stanie spoczynku. b. Ciałko dotykowe w stanie czynnym (pod wpływem ucisku zewnętrznego ciałko zostało zgniecione jak harmonijka, komórki uciskają zakończenia nerwowe i w ten sposób powodują pobudzenia dotykowe). c. Ciałko (płytka) Merkla. d. Ciałko Meissnera oglądane przez mikroskop. e. Rekonstrukcja schematyczna ciałka Meissnera.

drażnionego odcinka skóry, drapania i wykonywania jakichś gwałtownych ruchów.

Poszukiwania nasze dobiegają końca, musimy jeszcze w ten sam sposób odnaleźć punkty reagujące bólem, a wtedy nasza mapa skóry będzie już kompletna. Każdy z oznaczonych punktów — to mikroskopijnej wielkości narząd zmysłowy. Narządy te nie są równomiernie rozmieszczone w całej skórze; na 1 cm^2 przypada 12 punktów zimna, a tylko 2 punkty ciepła, a punktów dotykowych w niektórych okolicach ciała przypada na 1 cm^2 aż 100; najwięcej jest ich na końcu języka, na dolnej wardze, na czubkach palców. Wrażliwość dotykową badamy w sposób następujący: dotykamy skóry równocześnie dwiema nóżkami cyrkla i sprawdzamy, na jaką odległość należy rozsunąć nóżki, aby odczuć je jako dwa różne dotknięcia. I cóż się oka-

zuje? Gdy na biodrach potrzeba odległości aż 6 cm, na czubkach palców wystarczy — 2,2 mm. Dlatego też gdy przesuwamy cyrkiel wzdłuż ramienia od barków do palców, stale doznajemy złudzenia, że nóżki cyrkla wciąż się rozsuwają, choć są tak samo odległe; nasza wrażliwość dotykowa wzrasta bowiem w kierunku palców, osiągając maksimum na ich czubkach.

Najbardziej wrażliwe na ból są skroń, dolna warga i rogówka. Wystarczy dotknąć rogówki najcieńszym włosem, a odczujemy dojmujący ból. Malutka muszka, która wpada do oka, więcej nam dokucza, niż mocne uderzenie w rękę czy nogę.

Fakt, że nie każdy punkt ciała reaguje tak samo, pozwala nam — przynajmniej w pewnej mierze — uporać się z najtrudniejszym pytaniem, mianowicie, jakie wrażenia przypisać poszczególnym zakończeniom nerwowym. Do dnia dzisiejszego nie ma jeszcze całkowitej jednomyślności wśród fizjologów; wszyscy jednak zgodnie przypuszczają, że wrażenia bólu zawdzięczamy wolnym zakończeniom nerwowym. Pogląd ten opierają oni na faktach następujących: rogówka oka posiada wyłącznie takie zakończenia, a już na najlżejsze podniety dotykowe reaguje bólem; po wtóre — wolne zakończenia nerwowe skupione są najbliżej powierzchni skóry (w warstwie Malpighiego), a gdy znieczulamy skórę, najpierw ustają właśnie wrażenia bólu.

Wrażenia dotykowe przypisuje się na ogół ciałkom Meissnera, gdyż jest ich najwięcej na opuszkach palców, a u zwierząt na tych organach, którymi się najczęściej posługują, aby obmacać otaczające przedmioty. Niektórzy wyróżniają jeszcze wśród wrażeń dotykowych wrażenia nacisku. Najwięcej kłopotu sprawiają punkty ciepła i zimna; punktów ciepła nie potrafimy odnieść do żadnego rodzaju zakończeń nerwowych, punkty zaś zimna jedni wiążą z pałeczkami Krausego, natomiast inni z ciałkami Merkla.

Naskórek na powierzchni swej wytwarza zespół delikatnych linii, zwłaszcza na dłoni i stopie. Najbardziej „wzorzyste" są opuszki palców. Jeżeli czubek palca posmarujemy farbą czy atramentem i przyciśniemy lekko, pozostanie na nim ślad o bardzo zawiłym wzorze. Można śmiało powiedzieć, że tyle będzie różnych odcisków, ile jest palców ludzkich na świecie. Skrupulatni badacze stwierdzili, że w każdym odcisku można wyróżnić 100 indywidualnych znamion, a na milion ludzi znajdą się zaledwie dwa odciski o 10 zgodnych elementach.

Układ linii na palcach nie ulega zmianie w ciągu całego życia; nic nie zdoła zniekształcić tego subtelnego obrazu — ani zadraśnięcia, ani skaleczenia. Stwierdzili to dwaj lekarze, dokonawszy na sobie

„bolesnych" eksperymentów, mianowicie kilkakrotnie kaleczyli, parzyli, prawie spalili sobie skórę, a po zagojeniu się odcisk był niezmieniony. Wedle odcisków palców można więc ludzi rozpoznawać ze znacznie większą pewnością, niż na podstawie portretu. Twarz zmienia się, chudnie, tyje, nabiera innego wyrazu; jakże inaczej wygląda ta sama twarz już choćby po zgoleniu wąsów i brody.

Zdumiewające jest po prostu, jak wcześnie ludzie zaczęli posługiwać się odciskami palców jako niezawodnymi znakami rozpoznawczymi. Wykopaliska z epoki kamiennej wskazują na to, że już wtedy kwitowano pożyczki odciskami palców.

Od końca XIX wieku istnieje specjalna gałąź wiedzy — daktyloskopia, która zajmuje się badaniem odcisków palców. Cenne usługi oddaje ona kryminalistyce. Niejednokrotnie już naprowadziły na trop zbrodniarzy krwawe lub tłuste ślady palców, zostawione na ofierze, meblach czy ścianie. Przy każdym urzędzie śledczym istnieje specjalny wydział daktyloskopii, który bada odciski palców przestępców i umieszcza je w specjalnej kartotece.

Na zakończenie, jako ukoronowanie wszystkich „zasług" skóry, warto przytoczyć dwa nazwiska: Laury Brigman i Heleny Keller; obie głuchonieme i niewidome, dorównały jednak swoim poziomem umysłowym ludziom normalnym, a nawet zdobyły dość rozległą wiedzę. Dzięki dotykowi (rolę pomocniczą odegrały również inne proste zmysły, np. mięśniowy, stawowy itp.) nauczyły się czytać i pisać na wypukłych literach, wprowadzonych przez Braille'a, a to umożliwiło im już korzystanie w szerokim zakresie z dorobku kulturalnego ludzkości.

ROZRÓD I NARZĄDY ROZRODCZE

Wszystkie istoty żyjące obdarzone są nieświadomym a potężnym instynktem rozrodczym, prowadzącym do utrwalenia gatunku, do tworzenia nowych osobników tego samego rodzaju, a także do rozmnażania się, t. j. wytwarzania licznego potomstwa. Nie ma normalnego człowieka, który by nie podlegał temu przemożnemu instynktowi. Każdy osobnik staje się w ten sposób tylko ogniwem nieskończonego łańcucha istnień, który składa się z osobników danego gatunku. Łańcuch ten ciągnie się z mroków zamierzchłej przeszłości poprzez teraźniejszość ku niezliczonym pokoleniom przyszłości.

Jakąż drogą przekazuje natura iskrę życia z pokolenia na pokolenie i utrzymuje ciągłość gatunków?

Otóż dziełu przedłużania gatunku służą rozmaite formy rozmnażania, począwszy od zwykłego podziału a skończywszy na skomplikowanym procesie, w którym biorą udział męskie i żeńskie komórki płciowe. Oczywiście, im wyższy szczebel rozwoju zwierzę osiąga, tym bardziej zróżnicowane są jego narządy. Pierwotniaki np. wcale nie mają narządów płciowych, a rozmnażają się w ten sposób, że ciało dojrzałego osobnika dzieli się na dwoje. Można więc mówić o nieśmiertelności pierwotniaków. Hydra stoi niejako na pograniczu rozmnażania bezpłciowego i płciowego; rozmnaża się bowiem na ogół przez pączkowanie, a więc zupełnie bezpłciowo, w pewnych zaś warunkach wytwarza zarówno męskie, jak i żeńskie komórki płciowe. Pewnego rodzaju dwupostaciowość płciowa istnieje już u pierwotniaków. Są wśród nich osobniki, różniące się wielkością, ruchliwością itp., które w pewnych okresach kopulują, t. j. łączą się i zespalają w jedno ciało, a potem znowu mnożą się przez kolejne podziały.

Zwierzęta wyższe są zawsze reprezentowane przez dwie płcie, różniące się od siebie budową ciała i rolą w procesie rozrodczym. Każda płeć wytwarza swoiste komórki płciowe (męska — plemniki, żeńska — jaja), których łączenie się stanowi istotę zapłodnienia. U zwie-

rząt wodnych zapłodnienie następuje przeważnie poza organizmem: samce i samice po prostu wyrzucają z siebie nasienie i jaja (ikrę), po czym „zwabiane" chemicznymi podnietami plemniki dopływają do jajeczek, łączą się z nimi i w ten sposób je zapładniają. Oczywiście w takich warunkach wiele jaj i plemników idzie na marne, dla zachowania więc gatunku samice niektórych zwierząt produkują nieprawdopodobnie wielkie ilości jaj. W jajniku dużego karpia można ich naliczyć 1.600.000, a samica jesiotra — to pływająca beczułka kawioru.

U człowieka, jak zresztą u wielu innych organizmów wyższych, zapłodnienie następuje wewnątrz organizmu; w związku z tym wydatnie maleje ilość jaj przygotowanych do udziału w procesie zapłodnienia, kształtuje się natomiast cała skomplikowana aparatura układu płciowego, który służy do przeprowadzania nasienia męskiego do miejsca, gdzie na jego przyjęcie czekają dojrzałe jaja, oraz narządy służące jako „gniazdo" dla potomstwa umieszczonego w organizmie matki.

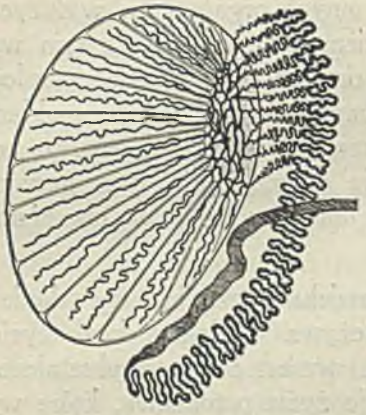
W całej pełni układ płciowy człowieka rozwija się dopiero w okresie dojrzewania. Człowiek przeżywa niejako dwa życia; w pierwszym całą energię zużywa na wzrost ciała, wykształcenie organizmu i zdolności, w drugim — daje życie potomstwu, które wychowuje dużym nakładem pracy i starania. W okresie wzrostu żyjemy wyłącznie dla siebie. W okresie dojrzałości stajemy w służbie gatunku. Komórki płciowe bowiem, w których drzemią zarodki przyszłych pokoleń, nie należą już jak gdyby do nas, lecz do całego gatunku; jesteśmy tylko ich nosicielami.

NARZĄDY PŁCIOWE MĘSKIE

Najważniejszym narządem płciowym mężczyzny są jądra, one bowiem wytwarzają to, co stanowi istotę płci męskiej — p l e m n i k i. J ą d r a są to parzyste twory, mieszczące się w worku skórnym, zwanym m o s z n ą. Interesującą jest rzeczą, że jądra dopiero tuż przed przyjściem noworodka na świat zstępują z jamy brzusznej. Dość często się zdarza , że u nowonarodzonego dziecka nie stwierdza się jąder w mosznie, gdyż nie wywędrowały jeszcze z jamy brzusznej. Stan taki, nazywany w n ę t r o s t w e m, wymaga zabiegu operacyjnego.

Na górnym biegunie każdego jądra mieści się płaski twór, nasadzony na nie na kształt czapeczki, zwany n a j ą d r z e m. Przetnijmy jądro wzdłuż osi podłużnej, by przyjrzeć się jego wewnętrznej

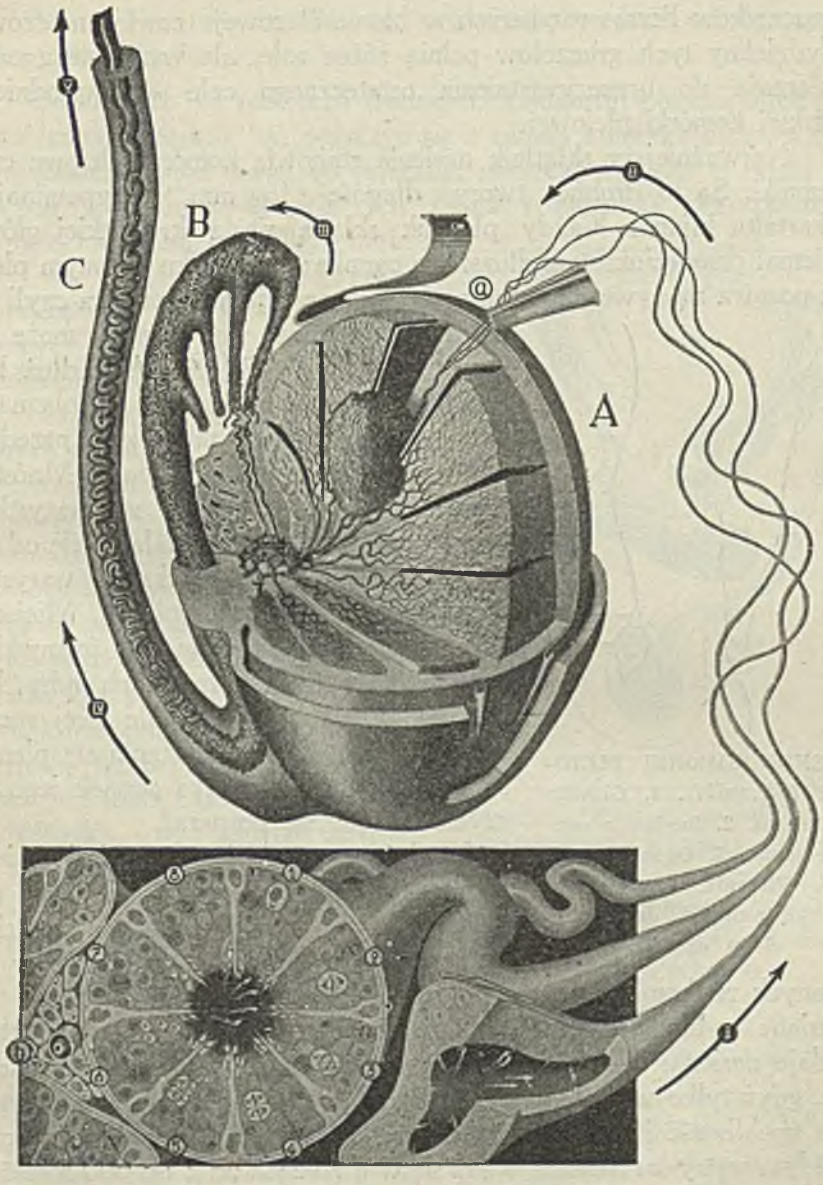
budowie. Otóż na przekroju widać, że składa się ono z mnóstwa promienisto ułożonych zrazików, oddzielonych od siebie przegródkami. Liczba tych zrazików dochodzi do 200. Każdy zrazik składa się z drobniutkich kanalików nasiennych; po wyjściu ze zrazików splatają się kanaliki w gęstą siatkę, potem zaś przechodzą w większe kanaliki, mieszczące się już w najądrzu. Całe najądrze stanowi zbiór misternie ułożonych kanałów. W dolnej części każdego najądrza, w t. zw. ogonie bierze początek gruby pojedynczy przewód, zwany nasieniowodem. Nasieniowody łączą się z wnętrzem jamy brzusznej poprzez dwa kanały pachwinowe. W kanałach tych każdy nasieniowód biegnie łącznie z naczyniami krwionośnymi i nerwami i nazywa się powrózkiem nasiennym. W jamie brzusznej oba nasieniowody zdążają z prawej i lewej strony do podstawy pęcherza moczowego, do tej mianowicie okolicy, gdzie gruczoł krokowy obejmuje początek wychodzącej z pęcherza cewki moczowej. W pobliżu gruczołu krokowego mieszczą się dwa t. zw. pęcherzyki nasienne, których przewody łączą się z przewodem gruczołu krokowego i nasieniowodami. Z połączenia tych przewodów tworzą się dwa t. zw. przewody wytryskowe, które mają swe ujścia w cewce moczowej, mianowicie w tej jej części, która nosi nazwę wzgórka nasiennego. Cewka moczowa, biegnąca wzdłuż prącia czyli członka męskiego, wyprowadza nasienie na zewnątrz.



SCHEMAT BUDOWY JĄDRA *(przekrój)*. W jądrze promienisto przebiegają drobne kanaliki nasienne. Po wyjściu z jądra łączą się one w sieć, następnie przechodzą przez najądrze i ostatecznie tworzą stosunkowo szeroki nasieniowód.

Z chwilą gdy mężczyzna osiąga dojrzałość płciową, jego gruczoły płciowe zaczynają produkować nasienie *(spermę)*, które opisanymi drogami (z jądra poprzez najądrze, nasieniowód, przewody wytryskowe i cewkę moczową) wyrzucone zostaje podczas aktu płciowego do wnętrza pochwy kobiecej.

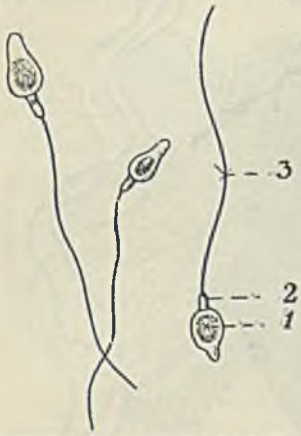
Nasienie jest produktem aż sześciu rozmaitych gruczołów, mianowicie jąder, najądrzy, pęcherzyków nasiennych, gruczołu krokowego, znajdujących się obok niego małych gruczołków Cowpera



MĘSKI GRUCZOŁ PŁCIOWY. Męski gruczoł płciowy składa się z właściwego jądra (A), najądrza (B) i nasieniowodu (C). W okresie dojrzewania komórki zarodkowe (1—8) posuwają się od obwodu jądra do jego środka, ulegają przekształceniu w plemniki i wydostają się z kanalików. Podłużne komórki podstawowe służą plemnikom jako komórki odżywcze. Znajdująca się między kanalikami tkanka śródmiąższowa jest specyficznym gruczołem wydzielania wewnętrznego („gruczoł dojrzałości płciowej" Steinacha). Dojrzałe plemniki wędrują w kierunkach, oznaczonych strzałkami (I—V), z jądra poprzez najądrze do nasieniowodu. *(Wg F. Kahna).*

i gruczołków licznie rozsianych w błonie śluzowej cewki moczowej. Wydzieliny tych gruczołów pełnią różne role, ale wszystkie zgodnie zmierzają do urzeczywistnienia ostatecznego celu — zapłodnienia żeńskiej komórki płciowej.

Najważniejszy składnik nasienia stanowią komórki płciowe czyli plemniki. Są to drobne twory długości $^1/_{20}$ mm, przypominające z kształtu kijanki. Każdy plemnik składa się z króciutkiej główki i niemal dziesięciokrotnie dłuższego ogonka; w ośrodku płynnym plemnik posuwa się żywo naprzód, wężowato wywijając ogonkiem czyli wicią. Dzięki ruchom wici plemnik może odbywać swą długą wędrówkę wzdłuż krętych dróg układu płciowego. Kropla nasienia, oglądana przez mikroskop, przedstawia zupełnie niezwykły widok. Mnóstwo plemników zwinnie pływa we wszystkich kierunkach, zbliżając i oddalając się od siebie, zderzając się główkami, wszystkie w jakiejś gonitwie, w pośpiechu. Miejscem tworzenia się plemników są ściany kanalików nasiennych w zrazikach jądra, lecz tam nie objawiają one wcale swej ruchliwości; dopiero po przedostaniu się plemnika do kanalików najądrza ogonek jego zaczyna zwinnie się poruszać.

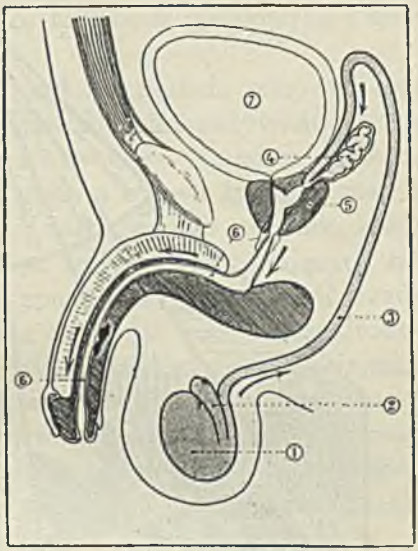


MĘSKIE KOMÓRKI PŁCIOWE *(plemniki)*. 1. Główka z jądrem. 2. Szyjka z centrosomem. 3. Ogonek *(witka)*. Plemnik posuwa się główką naprzód dzięki ruchom ogonka.

Jak już zaznaczyliśmy, w skład nasienia wchodzą nie tylko plemniki, lecz także wydzieliny innych gruczołów. Otóż wydzieliny gruczołu krokowego i pęcherzyków nasiennych znakomicie wzmagają ruchliwość plemników; gruczołki zaś rozsiane w błonie śluzowej cewki moczowej wytwarzają ciecz, która nadaje nasieniu odczyn alkaliczny. Ma to niezmiernie ważne znaczenie, gdyż tylko w środowisku alkalicznym plemniki mogą zachowywać swą ruchliwość i bytować przez czas dłuższy. Ilość wydalanego przy każdym wytrysku nasienia waha się w granicach od 2 do 600 milionów plemników. I pomyśleć tylko, że spośród tej całej plejady plemników tylko jeden jest niezbędny do zapłodnienia. Każdy z nich obdarzony jest bowiem tą cudowną właściwością, że dać może początek nowemu żywemu organizmowi. W tej ruchliwej, mikroskopijnej wielkości komórce zawarte są zalążki zasadniczych cech fizycznych i duchowych przyszłego osobnika.

Nasuwa się pytanie, dlaczego organizm produkuje tak olbrzymie ilości plemników?

Odpowiedź nie nastręcza trudności. Zadaniem plemnika jest dokonać zapłodnienia, t. zn. połączyć się z żeńską komórką płciową czyli jajeczkiem. Otóż droga do jajeczka, mieszczącego się w głębi kobiecych narządów płciowych, jest długa i najeżona przeszkodami. Z olbrzymiej armii plemników mnóstwo ich w tym pochodzie ginie. Obliczono, że przestrzeń, jaką ma przebyć plemnik, by dotrzeć do żeńskiego jajeczka, wynosi ponad 25 cm. Przy uwzględnieniu mikroskopijnych rozmiarów plemnika jest to przestrzeń olbrzymia: owe 25 cm stanowią dla plemnika tyle, ile dla człowieka 6 kilometrów. Niewielu sportowców podejmie się przebyć biegiem taką odległość. Poza odległością należy też wziąć pod uwagę niezwykłą delikatność plemników, które giną masami z powodu różnych niesprzyjających czynników. Już mała domieszka kwasu do ośrodka, w którym znajduje się plemnik, działa nań zabójczo.

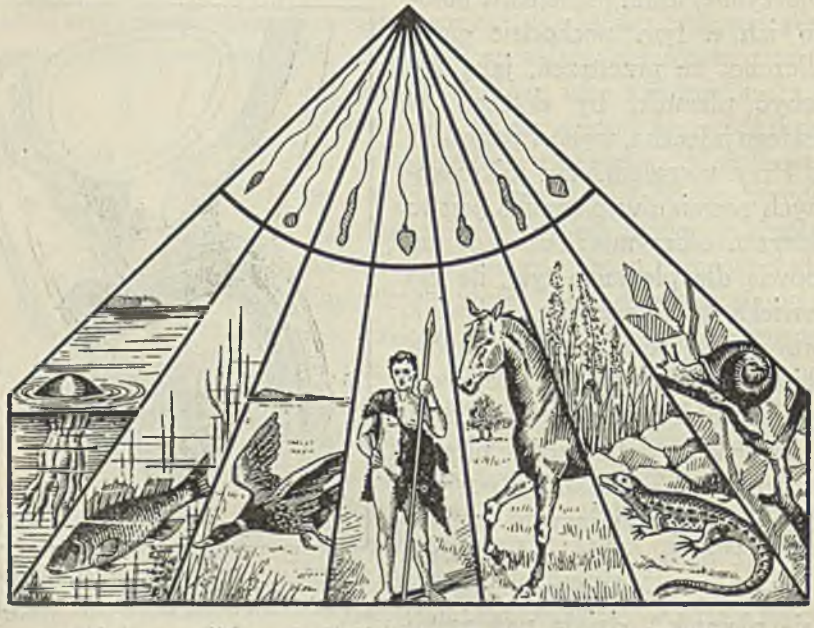


SCHEMAT DRÓG ODPROWADZAJĄCYCH NASIENIE Z JĄDRA NA ZEWNĄTRZ. 1. Jądro. 2. Najądrze. 3. Nasieniowód. 4. Pęcherzyk nasienny. 5. Gruczoł krokowy. 6. Cewka moczowa. 7. Pęcherz moczowy.

Wspomnieliśmy już, że produkcja plemników rozpoczyna się w jądrach w okresie t. zw. dojrzewania płciowego. Okres ten przypada między 15—16 rokiem życia; wtedy to zaczynają pojawiać się w nasieniu pierwsze dojrzałe plemniki, później ilość ich stale wzrasta, aż osiąga maksimum w latach pełnej dojrzałości. W 55-60 roku życia plemniki stają się krótsze, grubieją i tracą na ruchliwości. W wieku podeszłym wytwarzanie ich ustaje zupełnie, co pociąga za sobą zanik płodności. Wiek utraty płodności u mężczyzn nie da się jednak ściśle ustalić. Zaznaczają się tu znaczne wahania indywidualne. Znane są wypadki, gdy 80-letni starcy żenili się z młodymi kobietami i mieli potomstwo.

Jądra mają do spełnienia dwa ważne zadania. Do nich należy,

mianowicie, wytwarzanie nasienia, przeznaczonego do wydalenia na zewnątrz, i produkowanie wydzieliny, która dostaje się bezpośrednio do krwi, a więc pozostaje w obrębie organizmu. Jądra są więc jednocześnie gruczołami o wydzielaniu zewnętrznym i wewnętrznym. Wydzieliny wewnętrzne czyli dokrewne, wytwarzane przez gruczoły płciowe, noszą nazwę hormonów płcio-



PLEMNIKI RÓŻNYCH GATUNKÓW ZWIERZĘCYCH. Umieszczone w górnej części ryciny plemniki nie wykazują żadnych prawie różnic, a nieraz są wręcz jednakowe.

wych; hormony tym się różnią od innych wydzielin, że dostają się do krwi i limfy, a nie do poszczególnych organów, jak ślina, żółć lub inne soki trawienne, które przechodzą do przewodu pokarmowego. Znaczenie tych hormonów jest olbrzymie; dostawszy się wraz z krwią do mózgu, powodują duże zmiany — przestrajają organizm; pojawiają się nowe czynności instynktowne, a dawne, z wieku dziecięcego, zanikają. W ten sposób budzi się popęd płciowy. Jednocześnie z dojrzewaniem jąder i jajników rozwijają się w pełni te wszystkie narządy, które mają brać udział w akcie spółkowania. Jeżeli wytniemy niedojrzałemu jeszcze płciowo zwierzęciu jądra, jego narządy płciowe pozostaną przez całe życie niedorozwinięte. Jeżeli zaś wstrzykniemy

hormony płciowe, które wytwarzają się nie tylko w jądrach, lecz i w przysadce mózgowej, młodemu zwierzęciu, jego narządy przedwcześnie osiągną stan zupełnej dojrzałości. Pod działaniem hormonów wytwarzają się także t. zw. drugorzędne cechy płciowe, które są zewnętrznym wyrazem dojrzałości płciowej, więc u mężczyzny — niski głos, obfite uwłosienie, mocny szkielet, wąska miednica, słabo rozwinięta podściółka tłuszczowa itd., u kobiety zaś wyższy głos, szersza miednica, silny rozwój brodawek piersiowych i gruczołów mlecznych itd.

Zdarzają się wypadki, że jeden osobnik posiada zarówno męskie, jak i żeńskie gruczoły płciowe. Zjawisko takie nazywamy hermafrodytyzmem lub obojnactwem. Zależnie od tego, które z tych gruczołów przeważają w danym okresie życia, zaznacza się wyraźniej płeć żeńska lub męska. Zdarza się, że osobnik, który przez szereg lat był kobietą, nagle pod wpływem rozwijających się gruczołów męskich „zmienia płeć". Wypadki takie są na ogół rzadkie; natomiast względnie często spotyka się t. zw. pseudohermafrodytyzm. W tych przypadkach istnieją tylko albo jądra, albo jajniki, zaś zewnętrzne narządy płciowe są nieprawidłowo wykształcone; szczególnie zaraz po urodzeniu trudno niekiedy ustalić przynależność do tej czy innej płci. Dopiero w miarę wzrastania, a głównie w okresie dojrzewania sprawy się ostatecznie wyjaśniają i dany osobnik staje wobec konieczności „zmiany płci".

Cewka moczowa, która wyprowadza nasienie na zewnątrz, mieści się w narządzie, zwanym członkiem męskim lub prąciem. Prącie — to zewnętrzny narząd płciowy mężczyzny, podczas gdy dotychczas omówione (jądra, nasieniowody, pęcherzyki nasienne, gruczoł krokowy) zaliczamy do narządów płciowych wewnętrznych. Końcowa część prącia, która nosi nazwę żołędzi, pokryta jest luźną fałdą skórną, zwaną napletkiem. Oprócz cewki prącie zawiera trzy t. zw. ciała jamiste, które na drodze odruchowej (odruch układu nerwowego autonomicznego) mogą wypełniać się obficie krwią. Pod wpływem tego przekrwienia ciał jamistych członek męski napręża się, twardnieje i zwiększa swe rozmiary. Ten stan prącia nosi nazwę erekcji czyli wzwodu i zależy od specjalnego ośrodka, który mieści się w rdzeniu pacierzowym na wysokości lędźwi. Ośrodek erekcyjny wysyła pobudzenia do ciał jamistych pod wpływem impulsów centrów, znajdujących się w pniu mózgowym a zależnych pośrednio od kory mózgowej. Kora mózgowa stanowi zwykły punkt wyjścia pobudzeń wysyłanych do

ciał jamistych. Szlaków tej rozgałęzionej sieci nerwowej nie znamy jednak dokładnie i chyba jeszcze dużo czasu upłynie, zanim poznamy w całej pełni skomplikowany mechanizm erekcji. Erekcja umożliwia wprowadzenie prącia do żeńskich narządów płciowych, czyli akt spółkowania.

KOBIECE NARZĄDY PŁCIOWE

Żeński układ płciowy składa się z gruczołów płciowych czyli jajników oraz dróg wyprowadzających: jajowodów, macicy i pochwy.

Jajniki są to dwa twory owalne znacznie mniejsze od męskich jąder; ukryte są głęboko w jamie brzusznej pod osłoną mocnego pierścienia kostnego miednicy. Podobnie jak jądra, jajniki są gruczołami zarówno o wydzielaniu zewnętrznym, jak i wewnętrznym, produkują bowiem żeńskie komórki płciowe czyli jaja, które wydalane są poza obręb organizmu, oraz wytwarzają wydzielinę wewnętrzną czyli hormony płciowe, o których była mowa w związku z opisem narządów męskich.

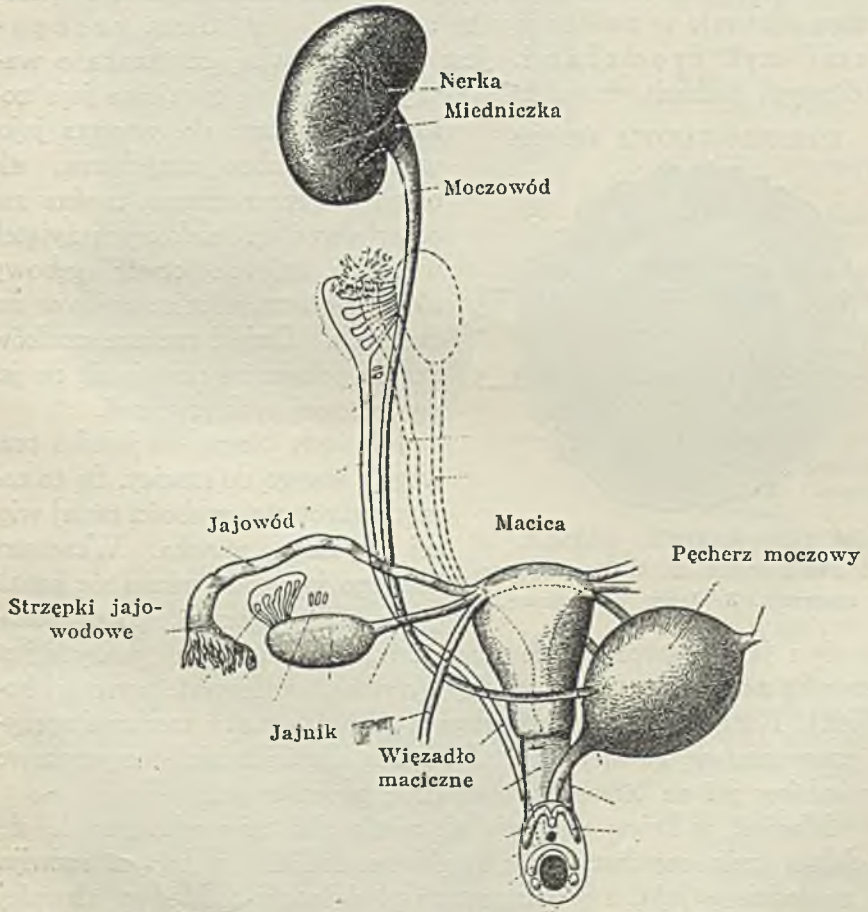
Na przekroju jajnika widać mnóstwo drobnych punkcików, które stanowią zawiązki komórek płciowych czyli jaj. Już u nowonarodzonej dziewczynki zawiązki wszystkich przyszłych jajeczek są widoczne w obu jajnikach. Liczba ich przekracza 100.000. Ta olbrzymia ilość jajeczek, z których każde z czasem może zostać zapłodnione, wiąże się z faktem, że podobnie jak spośród milionów plemników olbrzymia większość ginie bezużytecznie, również i większość jajeczek skazana jest na zagładę. Dojrzały jajnik wydziela co 4 tygodnie jedno zaledwie jajeczko, zdolne do wzięcia udziału w procesie rozrodczym, a więc w ciągu życia kobiety wydziela się ich przeciętnie około 500. Cała ogromna reszta tych komórek stanowi jedynie potężną rezerwę. Jeszcze większą rozrzutność przyrody widzimy pod tym względem w świecie zwierzęcym. Samica ryb, np. jesiotra, składa miliony jajeczek, czekających często bezużytecznie na zapłodnienie. Gdyby przeważna ich liczba nie ginęła bezowocnie, w krótkim czasie cała powierzchnia ziemi pokryłaby się jesiotrami.

Zawiązki jajeczek mieszczące się w jajnikach nowonarodzonej dziewczynki drzemią bezczynnie w ciągu szeregu lat. Dopiero gdy następuje okres dojrzewania płciowego (13—15 rok życia), komórki te budzą się do życia; wtedy rozpoczyna się cykl ich wzrostu, dojrzewania i wydalania przez jajnik — co 4 tygodnie po jednym dojrzałym jajeczku. Proces ten, zwany jajeczkowaniem, trwa przez długie lata, przeciętnie do 45—50 roku życia. Z chwilą gdy kobieta osiąga ten wiek, proces jajeczkowania ustaje, jajniki przestają wyda-

lać komórki płciowe, kobieta traci płodność. Ten okres niepłodności, rozpoczynający się w 45—50 roku życia kobiety, nazywamy o k r e s e m p r z e k w i t a n i a.

Przy omawianiu męskich narządów płciowych widzieliśmy, że plemniki mają do dyspozycji cały system kanałów wyprowadzających,

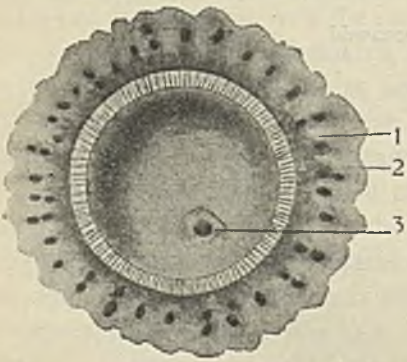
NARZĄDY MOCZOPŁCIOWE KOBIETY.



tworzących ciągłą, nieprzerwaną drogę, dzięki której odbyć mogą bez istotnych przeszkód wędrówkę z jąder na zewnątrz organizmu. W żeńskich narządach płciowych nie ma tak dogodnego układu przewodów. Co prawda, wydalone przez jajnik jajeczko trafia do przewodu, zwanego j a j o w o d e m, mimo że oba jajowody, lewy i prawy, nie łączą się z jajnikami bezpośrednio, ani nawet nie przylegają

do nich; między powierzchnią jajnika a początkiem jajowodu istnieje bowiem wolna przestrzeń, wynosząca około 2 cm. Lukę tę musi wyzwolone z jajnika jajeczko niejako „przeskoczyć", by przedostać się do kanału jajowodowego. „Zabłąkaniu się" jajeczka zapobiega szereg specjalnych urządzeń. Przede wszystkim, w chwili gdy jajnik wydala komórkę płciową, odpowiedni jajowód ustawia się tak, aby jajeczko mogło jak najłatwiej do jego wnętrza przeniknąć. Po wtóre koniec jajowodu w pobliżu jajnika opatrzony jest t. zw. strzępkami czyli frędzlami. Jest to luźno zwisająca tkanka o wahadłowych ruchach, dzięki którym wyłuskujące się z jajnika jajo zostaje skierowane do wnętrza jajowodu. Podobne urządzenia, ale o innym przeznaczeniu, można zaobserwować u niektórych żyjątek wodnych, których otwór gębowy również otacza wieniec czułków ruchomych. Dzięki ruchom czułków cząstki pokarmów dostają się do jamy gębowej tych stworzeń.

KOMÓRKA JAJOWA ŻEŃSKA



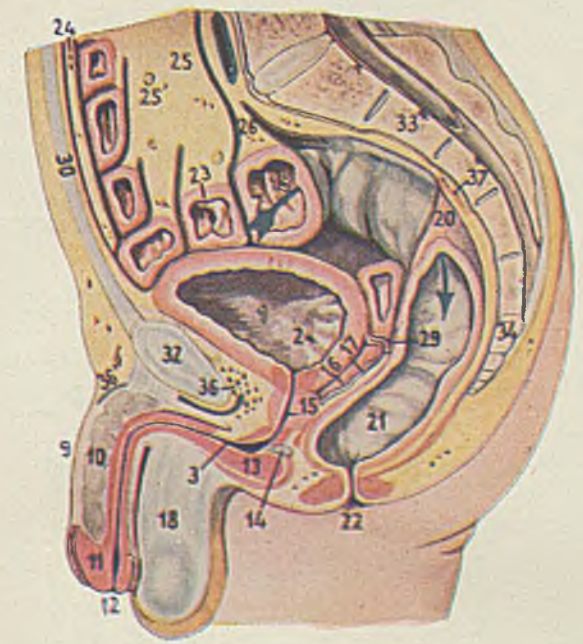
KOMÓRKA JAJOWA ŻEŃSKA. 1. Otoczka promienista. 2. Otoczka przezroczysta. 3 Jądro komórkowe.

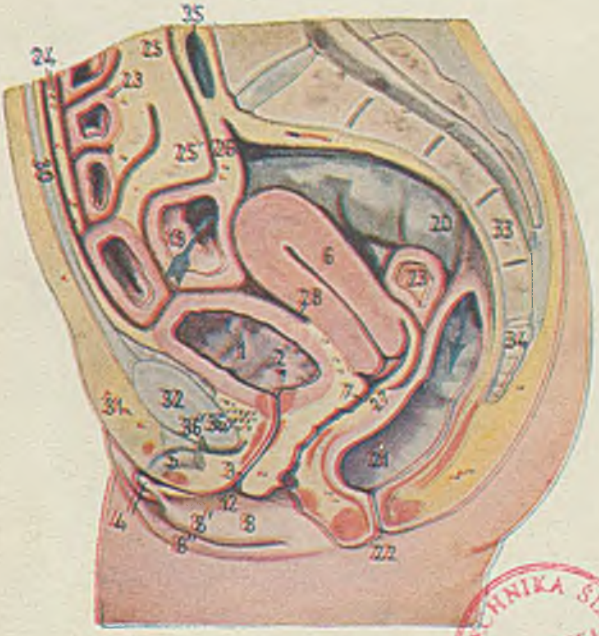
Jajowody biegną od jajnika prawego i lewego do macicy. Są to narządy rurowate, grubości mniej więcej zwykłego ołówka. Wewnątrz każdego jajowodu mieści się kanał, przez który jajeczko, po wydostaniu się z jajnika, wędruje do macicy. Kanał jajowodu pokryty jest śluzówką zaopatrzoną w migawki (drobne, włosowate wyrostki komórek). Ruch tych migawek odbywa się w kierunku macicy i sprzyja posuwaniu się ku niej jaja. Podobne „urządzenie" migawkowe spotkaliśmy już na błonie śluzowej dróg oddechowych.

Macica, w której znajdują się ujścia obu jajowodów, mieści się w dolnej części miednicy. Jest to główne siedlisko, w którym rozwija się zapłodnione jajo, a w następstwie płód ludzki. Dlatego dawniej mówiono, że „dzięki macicy kobieta jest tym, czym jest", chcąc przez to podkreślić doniosłość tego narządu. Dzisiaj powiedzielibyśmy raczej za Virchowem, że „kobieta jest właśnie kobietą dzięki swemu gruczołowi rozrodczemu. Wszystkie cechy jej ciała i duszy... wszystko, co my kobiecego w prawdziwej kobiecie podziwiamy i czcimy — to wszystko jest tylko dodatkiem do jej jajnika".

Macica kobiety dojrzałej ma kształt gruszki, zwróconej węższym końcem ku dołowi.

TABLICA 7





1. Pęcherz moczowy.
2. Ujście wewnętrzne cewki moczowej.
3. Cewka moczowa.
4. Łechtaczka.
5. Prawa odnoga łechtaczki.
6. Macica.
7. Pochwa.
8. Srom z wargą mniejszą (8') i wargą sromową większą (8").
9. Prącie.
10. Ciało jamiste.
11. Żołądź.
12. Ujście zewnętrzne cewki moczowej.
13. Opuszka cewki.
14. Gruczoł Cowpera.
15. Gruczoł krokowy (stercz).
16. Pęcherzyk nasienny prawy.
17. Przewód wytryskowy.
18. Przegroda moszny.
19. Przekrój części miednicowej jelita grubego.
20. Odcinek końcowy jelita grubego (okrężnicy zstępującej).
21. Odbytnica.
22. Odbyt (otwór stolcowy).
23. Jelito cienkie.

24—29. Części otrzewnej.

24. Sieć.
25. Krezka jelita cienkiego i gruczoły krezkowe (25').
26. Krezka jelita grubego.
27. Uchyłek odbytniczo-pochwowy.
28. Uchyłek pęcherzowo-maciczny.
29. Uchyłek pęcherzowo-odbytniczy.
30. Ściana brzucha.
31. Wzgórek Wenery.
32. Spojenie łonowe.
33. Kość krzyżowa.
34. Kość ogonowa.
35. Żyła biodrowa.
36. Splot żylny Santoriniego z żyłą grzbietową łechtaczki (36') i żyłą grzbietową prącia (36").
37. Tętnica krzyżowa.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA BIBLIOTEKA GŁÓWNA

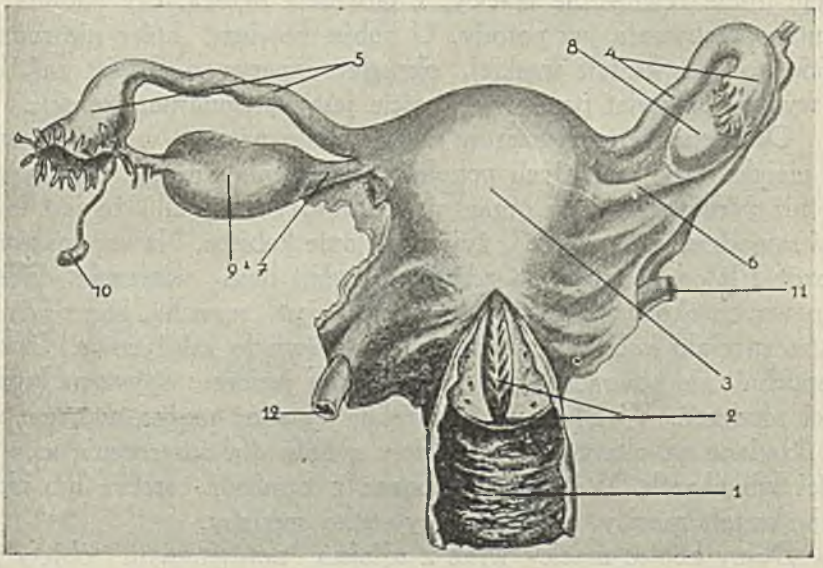
Ścianki macicy zbudowane są z mocnych mięśni ułożonych w ten sposób, że dają się one wydatnie rozciągać. Dlatego w okresie ciąży, gdy wewnątrz macicy rozwija się płód, narząd ten może się stopniowo powiększać i w miarę wzrostu płodu osiągnąć rozmiary olbrzymiego wora, wypełniającego całą niemal jamę brzuszną. Wnętrze macicy stanowi trójkątna jama, wyścielona błoną śluzową. W górnych rogach tej jamy mieszczą się ujścia obu jajowodów, przez które jajo dostaje się do macicy. W dolnym, węższym swym końcu macica posiada wylot, zwany ujściem zewnętrznym. Lekarz, oglądając ujście zewnętrzne macicy, z łatwością orzeka, czy badana pacjentka przebywała już porody. U kobiet bowiem, które nie rodziły, ujście to ma kształt wąskiej, okrągłej szpary; u kobiet zaś, które wydały na świat potomstwo, ujście jest nieregularne, szerokie.

Od niepamiętnych czasów macica, jako narząd, w którym ważą się niejako losy przyszłych pokoleń, przyciągała uwagę ludzką więcej niż jakikolwiek inny organ ciała. Starożytni sądzili, że jest to jakieś samodzielne „zwierzę", żyjące w łonie kobiety. Nawet znakomity filozof Platon podzielał to zdanie. Do dziś dnia wierzenia ludowe w pewnych okolicach głoszą, że macica jest ropuchą, która w nocy opuszcza ciało kobiety i wychodzi na światło księżycowe. Czasem „ropucha" nie powraca, ginie w rodzimym jeziorze: wówczas kobieta traci płodność. W Muzeum Berlińskim oglądać można ciekawe wota, składane na ołtarzu przez kobiety z ludu dla odwrócenia niepłodności lub chorób. Wota te, wykonane z kamienia, srebra lub złota, mają kształt macicy a zarazem sylwetkę ropuchy.

Dolny koniec macicy wraz z ujściem zewnętrznym objęty jest jak ręka mankietem przez następny z kolei — zewnętrzny narząd płciowy kobiecy — pochwę. Pochwa jest to rura długości 9—10 cm., wyścielona pofałdowaną błoną śluzową. Podczas aktu płciowego będące w stanie wzwodu (erekcji) prącie męskie zostaje wprowadzone w głąb pochwy i w niej następuje wytrysk nasienia. Pochwa zawiera pewną ilość wydzieliny, która zwilża wnętrze tego narządu. Ciekawą jest rzeczą, że wydzielina ta ma odczyn kwaśny. Dzięki temu plemniki, które „nie znoszą kwaśnej atmosfery", zaczynają posuwać się co rychlej ku ujściu macicy, a potem wzwyż poprzez macicę ku jajowodom, gdzie dopiero następuje zapłodnienie. Wędrówkę plemników ułatwiają gruczoły szyjki macicznej, wytwarzające alkaliczną wydzielinę, która je „wabi".

Zewnętrzne ujście pochwy mieści się w sąsiedztwie ujścia kanału moczowego i odbytu, stąd łatwość przenoszenia się u kobiet stanów zapalnych pochwy na układ moczowy lub kiszkę stolcową.

W zewnętrznym otworze pochwy u kobiet, które nie miały stosunków płciowych, znajduje się cienka i elastyczna błona, zamykająca mniej lub więcej szczelnie wejście do tego narządu. Jest to t. zw. b ł o n a d z i e w i c z a *(hymen)*. Błona ta ulega na ogół rozdarciu już podczas pierwszego stosunku, po czym zostają z niej tylko strzępki. Dlatego też zachowanie błony dziewiczej uważane jest za nieomylną oznakę dziewictwa, za namacalny niejako dowód niewinności i cnoty niewieściej. Wśród narodów cywilizowanych dziewictwo otaczane jest niemal kultem. Istnieje jednak szereg plemion w Indiach,



KOBIECE NARZĄDY PŁCIOWE. 1. Wnętrze pochwy. 2. Ujście zewnętrzne macicy otwarte wraz z kanałem. 3. Macica. 4. i 5. Lewy i prawy jajowód. 6. i 7. Lewe i prawe więzadło maciczne. 8. i 9. Lewy i prawy jajnik. 10. Przydatek pęcherzykowy. 11. i 12. Lewy i prawy moczowód.

na archipelagu Malajskim, w Afryce, które nie przywiązują wcale wagi do istnienia błony dziewiczej u dziewcząt. Przeważnie cenią raczej taką kobietę, która przed zamążpójściem współżyła płciowo i miała dzieci — co jest najlepszym dowodem jej płodności, a ludy pierwotne charakteryzuje wprost fanatyczne pożądanie potomstwa, zwłaszcza męskiego.

Omówione dotychczas narządy płciowe kobiece, a więc jajniki, jajowody, macica i pochwa stanowią grupę t. zw. narządów płciowych w e w n ę t r z n y c h. Wszystkie zaś z e w n ę t r z n e narządy płciowe obejmujemy wspólną nazwą „sromu". Srom składa się

z dwóch dużych fałd skórnych, zwanych wargami zewnętrznymi czyli większymi, i dwóch mniejszych, zwanych wargami wewnętrznymi. W górnej części sromu między wargami wewnętrznymi znajduje się mały, wrażliwy narząd, zwany łechtaczką. Łechtaczka stanowi niejako odpowiednik członka męskiego i podobnie jak on posiada ciała jamiste, które pod wpływem odpowiednich podniet napełniają się obficie krwią, dzięki czemu następuje lekkie obrzmienie całego sromu. Już z samego kształtu łechtaczka przypomina prącie i tak samo jest pokryta fałdą skórną, zwaną napletkiem. W sromie mieści się wejście do pochwy oraz otwór zewnętrzny cewki moczowej.

Cykl miesięczny u kobiet

Z chwilą gdy kobieta osiąga dojrzałość płciową, rozpoczyna się w jej narządach płciowych szereg okresowych procesów, które obejmujemy wspólną nazwą cyklu miesięcznego. Procesy te mają swój ustalony przebieg, odbywają się w regularnych odstępach czasu i nadają życiu cielesnemu i duchowemu kobiet charakterystyczne piętno.

Cykl miesięczny obejmuje jajeczkowanie, zachodzące w jajnikach, i miesiączkowanie, które odbywa się w macicy. Oba te procesy wiążą się ściśle z gotowością dojrzałej płciowo kobiety do spełnienia swej roli biologicznej.

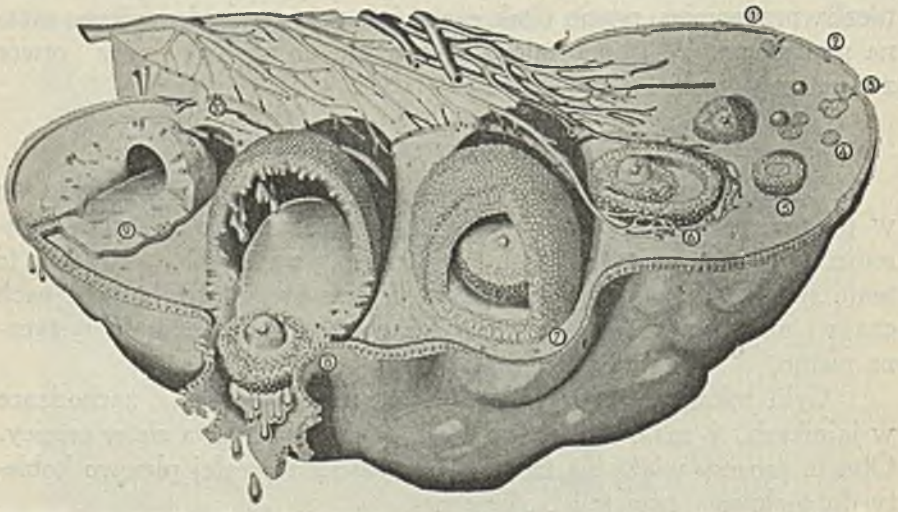
W organizmie męskim produkcja plemników odbywa się stale, bez zewnętrznych objawów — nic też dziwnego, że nie zwraca na się uwagi; u kobiet zaś cyklicznie przebiegające zmiany funkcji narządów płciowych odgrywają rolę dominującą, a mechanizm ich działania jest bardziej skomplikowany i pieczołowiciej regulowany. Fakt ten tłumaczy się rolą kobiety jako matki, która nosi w sobie płód, żywi go i niejako kształtuje.

Jajeczkowanie

Mówiliśmy już o tym, że noworodek płci żeńskiej przynosi ze sobą na świat około 100.000 zawiązków komórek płciowych czyli jajeczek, mieszczących się w obu jajnikach. Część tych zawiązków zanika jeszcze w okresie poprzedzającym dojrzałość płciową.

Gdy kobieta wkracza w okres dojrzałości, pod wpływem hormonów płciowych, wytwarzanych w przednim płacie przysadki mózgowej, w jajnikach jej budzą się drzemiące dotychczas siły. Spośród mnóstwa zawiązków jajeczek co 4 tygodnie pewna ich liczba zaczyna

się rozwijać. Otoczka, która osłania pojedyncze jajeczko, stopniowo się rozrasta i wypełnia płynem. Powstaje więc pęcherzyk, zawierający płyn oraz komórkę płciową (jajo). Pęcherzyk taki nazywamy pęcherzykiem Graafa. W miarę jak pęcherzyk się powiększa i napełnia coraz bardziej płynem, posuwa się on ku powierzchni jajnika. Jeśli przeciąć jajnik wpół, już gołym okiem będziemy mogli dostrzec na przekroju szereg pęcherzyków Graafa w różnych stadiach



JAJNIK *(rysunek schematyzowany)*. 1. Zewnętrzna warstwa komórek zarodkowych. Z tej warstewki wytwarza się jajo pierwotne (2), które wraz z otaczającymi je komórkami odżywczymi stopniowo przesuwa się w głąb jajnika (3). 4. i 5. Widzimy komórki jajowe otoczone komórkami odżywczymi — już w głębi jajnika. 6. i 7. Część komórek rozpuszcza się. Komórka jajowa z częścią komórek odżywczych tworzy wysepkę w powstałym pęcherzyku (Graafa). Wraz z zanikiem komórek odżywczych rozrasta się jajo. Pęcherzyk, przez stopniowe powiększanie się, zbliża się znowu do powierzchni jajnika (7). 8. W pewnym momencie pęka ściana pęcherzyka i otaczająca go warstwa jajnika. Płynna zawartość pęcherzyka wraz z jajem wydostaje się na zewnątrz jajnika. 9. Opróżniony pęcherzyk bliznowacieje. 10. Pęcherzyk w stanie daleko posuniętego zbliznowacenia. Jednocześnie z procesem bliznowacenia ścianki pękniętego pęcherzyka przekształcają się w t. zw. ciałko żółte — narząd, który wytwarza ważne hormony. *(Wg F. Kahna)*.

rozwoju. Największe, najbardziej dojrzałe znajdziemy najbliżej powierzchni jajnika. W pewnej chwili dojrzały pęcherzyk dociera do samej powierzchni jajnika i sterczy na niej na kształt niewielkiej jagody. Tyle w nim nagromadziło się płynu, że ścianki są napięte jak w baloniku, do którego napompowano nadmierną ilość powietrza. Toteż

wkrótce napięty pęcherzyk Graafa pęka, płyn wylewa się, a uwolnione jajeczko odrywa się od powierzchni jajnika i przesuwa się w kierunku jajowodu. Ten właśnie proces pękania dojrzałego pęcherzyka Graafa i wydalania komórki jajowej nazywa się jajeczkowaniem. Jajeczkowanie powtarza się regularnie w odstępach czterotygodniowych. W ciągu roku proces jajeczkowania powtarza się więc trzynastokrotnie, a jeśli przyjąć, że kobieta zachowuje płodność tylko w ciągu 30 lat, liczba jajeczkowań dochodzi do 400.

Każde dojrzałe jajeczko wydalone z jajnika ma swoje wyraźne przeznaczenie, mianowicie: złączenie się z męską komórką płciową i stworzenie nowego żywego organizmu. Toteż przemiany, jakie zachodzą w kobiecych narządach płciowych podczas cyklu miesięcznego, nie ograniczają się wyłącznie do jajników. Narządem, w którym zapłodnione jajeczko się zagnieżdża i w dalszym ciągu rozwija, jest, jak wiadomo, macica. Z chwilą gdy jajo opuszcza jajnik i przedostaje się do jajowodu, macica zaczyna przygotowywać się na przyjęcie pożądanego gościa. Wyraźne przemiany zachodzą przede wszystkim w jej błonie śluzowej. Ulega ona mianowicie zgrubieniu, spulchnieniu, zawarte w niej liczne naczynia krwionośne rozszerzają się, tak że cała maciczna błona śluzowa pęcznieje od krwi, którą nasiąka. W ten sposób przygotowane zostaje miękkie podłoże dla zapłodnionego jajeczka, a nagromadzona w śluzówce macicznej krew stanowi zapas pokarmu dla zarodka.

Co się dzieje z pękniętym pęcherzykiem Graafa, gdy płyn, który go wypełniał, odpłynął, a komórka jajowa dostała się do jajowodu? Czy rola pęcherzyka z chwilą wydalenia jaja jest skończona? Bynajmniej. Pęknięty pęcherzyk Graafa ma dalsze jeszcze zadanie do spełnienia. Ulega on mianowicie przekształceniu: w krótkim czasie zamienia się na żółtawą masę i z pękniętego pęcherzyka powstaje nowy twór, t. zw. ciałko żółte. Przez długi czas uczeni nie umieli wytłumaczyć roli, jaką spełnia tajemnicze ciałko żółte w organizmie kobiety. Wreszcie badania wykazały, że powstałe z pękniętego pęcherzyka Graafa ciałko żółte jest rodzajem gruczołu o wydzielaniu wewnętrznym. Wydzielina czyli t. zw. hormon tego właśnie gruczołu, dostawszy się do krwi, powoduje wszystkie opisane już wyżej przeobrażenia: macica przygotowuje się do zagnieżdżenia zapłodnionego jaja. Stąd ten ścisły związek między przemianami zachodzącymi w jajniku i w macicy; dlatego też bezpośrednim następstwem jajeczkowania jest pęcznienie i pulchnienie śluzówki macicznej. Jeżeli wytniemy samiczce królika jajniki niedługo po akcie

płciowym, zapłodnione jajeczko wprawdzie powędruje do macicy, ale się tam nie zagnieździ, gdyż bez wydzielin ciałka żółtego błona śluzowa macicy nie stworzy odpowiedniej podściółki dla zarodka. Jeżeli nawet wyciąć jajnik — wystarczy zresztą wypalić jedynie ciałko żółte — już po zagnieżdżeniu się zapłodnionego jajeczka, zarodek umiera. I odwrotnie, jeżeli zastrzykniemy krowie wydzieliny żółtego ciałka krowy ciężarnej, zacznie ona zdradzać objawy ciąży.

Wszystkie procesy cyklu miesięcznego tworzą więc ściśle powiązaną całość.

Miesiączkowanie

Cóż się jednak dzieje w wypadku, gdy jajeczko nie zostało zapłodnione? Przygotowany przez macicę schron dla zarodka staje się bezużyteczny, na marne poszły wszystkie zabiegi. Jajeczko niezapłodnione nie podlega bowiem zagnieżdżeniu, lecz przeciwnie, jako bezużyteczne, musi opuścić organizm. Trzeba więc poczynione przygotowania niejako odwołać. Toteż śluzówka maciczna zaczyna zwolna wracać do pierwotnej, dziewczęcej postaci. Nadmiernie napęczniała błona śluzowa odpada strzępkami, spulchnienie jej mija, a krew, która wypełniała ją obficie, wydostaje się na zewnątrz przez ujście macicy i pochwę. Ten właśnie proces odchodzenia krwi i strzępków spulchnionej śluzówki nosi miano *miesiączkowania* czyli *menstruacji*.

Podczas gdy jajeczkowanie i inne procesy stanowiące cykl miesięczny przebiegają w ukryciu i nie mają żadnych zewnętrznych objawów, miesiączkowanie jest procesem jawnym, świadczącym naocznie o okresowych przemianach, zachodzących w układzie płciowym kobiety.

Miesiączka trwa zwykle kilka dni i zależnie od różnic indywidualnych krwawienie bywa mniej lub więcej obfite; przeciętnie ilość krwi wydzielającej się podczas jednej miesiączki wynosi od 50—200 g. Zdarza się niekiedy, że menstruacji towarzyszą silne bóle w dolnej części brzucha lub w krzyżu.

Z wszystkiego, cośmy dotychczas o cyklu miesięcznym powiedzieli, jasno wynika, że proces menstruacji ściśle zależy od przemian w jajnikach. Na skutek bowiem jajeczkowania wytwarza się w jajniku ciałko żółte, które, jako gruczoł o wydzielaniu wewnętrznym, wpływa na zmiany w macicy. Z chwilą gdy jajeczko nie zostało zapłodnione, zmiany w macicy prowadzą do krwawień miesięcznych. Innymi słowy — miesiączkowanie nie może wystąpić bez uprzedniego ja-

jeczkowania. Dlatego właśnie kobiety, którym operacyjnie usunięto oba jajniki, przestają miesiączkować, mimo że macica ich pozostała nieuszkodzona.

Zrozumiałą jest rzeczą, że proces miesiączkowania, jako zależny od procesu jajeczkowania, jest podobnie jak ten ostatni okresowy.

Wróćmy jeszcze na chwilę do ciałka żółtego, tej pozostałości po pękniętym pęcherzyku Graafa. Wspomnieliśmy już kilkakrotnie, że wydzieliny ciałka żółtego powodują zmiany w błonie śluzowej macicy, przygotowują siedlisko dla zagnieżdżenia jajeczka. Jeżeli jajeczko nie zostało zapłodnione, lecz wydalone z organizmu razem z krwią miesiączkową, rola ciałka żółtego kończy się. Zaczyna się ono zmniejszać i w krótkim czasie zanika, aby kolejno dojrzewający pęcherzyk Graafa po pęknięciu dał początek nowemu ciałku żółtemu. W wypadku natomast gdy jajeczko zostało zapłodnione i zagnieździło się w macicy, menstruacja nie następuje, a ciałko żółte nie ginie, lecz utrzymuje się przez cały prawie czas ciąży.

Miesiączkowanie jest procesem, który odbija się wybitnie na całym trybie życia kobiety; pojawia się po raz pierwszy wcześniej lub później — zależnie od klimatu, rasy, trybu życia, temperamentu i wielu innych okoliczności. W krajach o klimacie gorącym przypada ono między 7—10 rokiem, w krajach północnych, np. w Grenlandii, pojawia się przeciętnie dopiero w 20 roku życia. W krajach o klimacie umiarkowanym kobieta dojrzewa na ogół między 12—16 rokiem życia. Pierwsza menstruacja, jako sygnał budzącego się do życia układu płciowego, stanowi dla młodej dziewczyny potężny wstrząs.

Wśród ludu szeroko rozpowszechnione jest mniemanie, że w okresie miesiączki organizm kobiety wydala „złą krew". Mniemanie to jest oparte prawdopodobnie na fakcie, że krew miesiączkowa nie krzepnie. Istnieje też przesąd, że podczas miesiączki kobieta wydziela z siebie trucizny, że np. kwiaty, które weźmie miesiączkująca kobieta do ręki, szybko więdną, noże tępieją, lustro, do którego zagląda, traci połysk. Co więcej, niektóre kobiety uważają menstruację za objaw pewnej „niższości" wobec mężczyzn, za upośledzenie. Rzecz jasna, że są to zabobony na niczym nie oparte. Miesiączkowanie jest procesem naturalnym, jest widomą oznaką gotowości organizmu kobiecego do spełnienia szczytnego posłannictwa — macierzyństwa.

Omówiliśmy w ogólnych zarysach cykl miesięczny u kobiet, na który składają się dwa zasadnicze procesy: jajeczkowanie i miesiączkowanie. Procesy te nie przebiegają jednocześnie. Najpierw następuje jajeczkowanie i wszystkie związane z nim zmiany w narządach

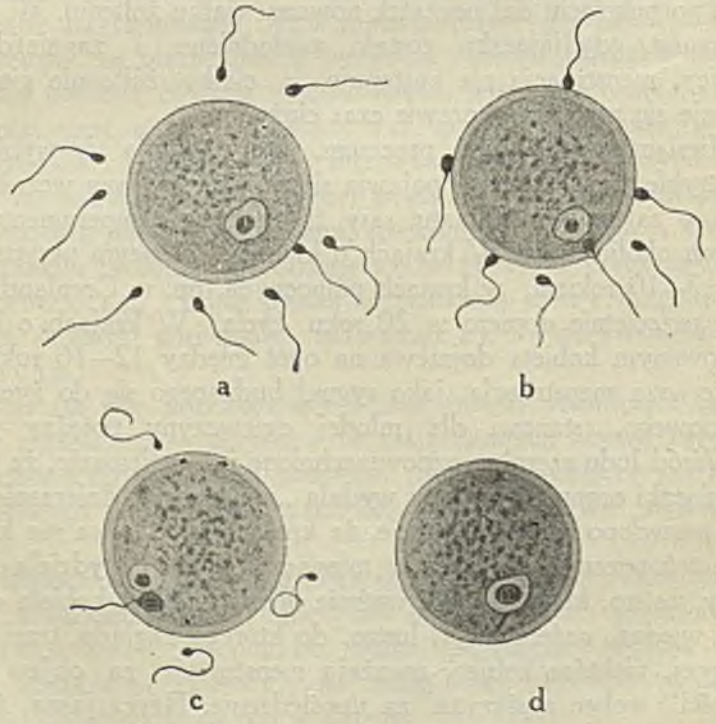
płciowych, a dopiero po upływie 13—14 dni pojawia się miesiączka. Po ustąpieniu miesiączki cykl powtarza się na nowo. Rytm ten utrzymuje się dopóty, dopóki jajniki pracują normalnie.

W okresie przekwitania, a więc gdy kobieta osiąga wiek 45—50 lat, jajniki jej przestają pracować i rytm cyklów ulega zahamowaniu. Ustaje jajeczkowanie, a wraz z nim i menstruacja.

ZAPŁODNIENIE

Zapłodnienie jest następstwem aktu płciowego czyli spółkowania między dojrzałym płciowo mężczyzną i dojrzałą płciowo kobietą.

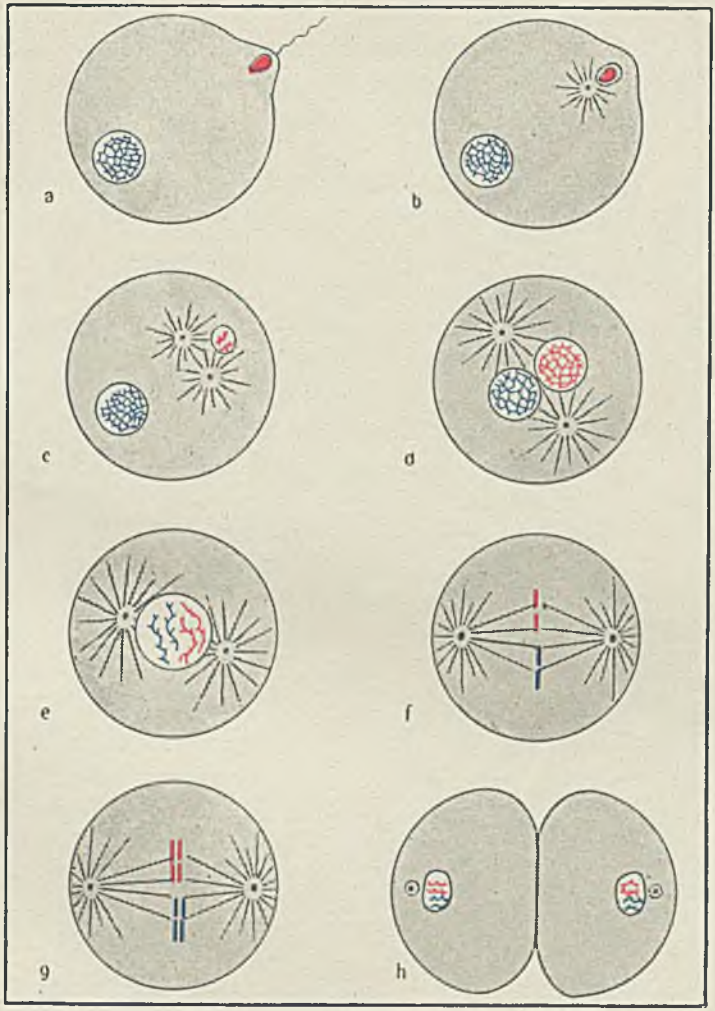
W złożonym w pochwie kobiecej podczas aktu nasieniu roi się od plemników czyli męskich komórek płciowych, których liczba, jak wie-



ZAPŁODNIENIE. a. Komórka jajowa otoczona plemnikami. b. Przebicie otoczki jaja przez plemnik. Z tą chwilą otoczka staje się dla innych plemników nieprzenikliwa. c. Jądra obu komórek płciowych układają się obok siebie; pozostałe plemniki giną. d. Zespolenie się jąder.

my, w niewielkiej ilości nasienia dochodzi do wielu milionów. Znalazłszy się w pochwie, cała ta olbrzymia armia rozpoczyna pochód w głąb kobiecych narządów płciowych, aby zetknąć się z jedną jedy-

TABLICA 8



MECHANIZM ZAPŁODNIENIA

a. Plemnik przenika do komórki jajowej i traci ogonek. b. Jądro plemnika wędruje w kierunku jądra jaja. Widać wytwarzające się promieniowanie. c. Korona promienista rozdwaja się. d. Jądra plemnika i jaja spotykają się w samym środku komórki, otoczone promieniowaniami obu połówek centrosomu. e. Jądra zbliżyły się; kłębki chromatyny rozpadły się na pojedyńcze pałeczki chromatynowe. f. Zarysy jąder znikły; pałeczki chromatyny gromadzą się na równiku wrzeciona plazmatycznego, które utworzyło się pomiędzy dwoma ciałkami środkowymi (centrosomami). g. Pałeczki chromatynowe czyli chromosomy rozczepiają się wzdłuż. h. Po rozczepieniu się cofają się męskie i żeńskie chromosomy (w równych ilościach) ku biegunom wrzeciona, zespalając się po drodze w jądra. Jednocześnie dzieli się też na połowy plazma (zaródź) komórki. Każda z dwóch nowoutworzonych komórek zawiera więc w równych ilościach męską i żeńską substancję jądrową (chromatynę). (Według Teichmanna).

ną żeńską komórką płciową — jajeczkiem. Przez ujście zewnętrzne przedostają się plemniki do wnętrza macicy, po czym dążą dalej, aż docierają wreszcie przez ujścia maciczne jajowodów do kanałów jajowodowych. Wędrówka plemników poprzez kobiece narządy płciowe trwa kilka godzin.

Na spotkanie plemnikom podąża z jajnika jajeczko. Po wydostaniu się z pęcherzyka Graafa przechodzi ono do jajowodu, gdzie wędrówka jego trwa około 3—5 dni. Jajowód właśnie stanowi najczęściej miejsce, gdzie następuje spotkanie komórki jajowej z czyhającym na nią zastępem plemników. Z całej tej niezliczonej masy tylko jednemu plemnikowi przypada w udziale połączenie się z komórką jajową. To połączenie się obu komórek płciowych — męskiej i żeńskiej — stanowi właśnie istotę zapłodnienia. Plemnik, któremu spośród tylu rywali udało się zespolić z komórką jajową, przebija główką jej ściankę. W tym momencie ogonek, któremu zawdzięczał swą ruchliwość, jako niepotrzebny, odpada, główka zaś, stanowiąca jądro plemnika, przedostaje się do wnętrza jajeczka i zlewa się z jego jądrem w jedną całość. Zapłodnienie zostało dokonane. Najważniejszym momentem w procesie zapłodnienia jest połączenie się w jedno jąder obu komórek płciowych — jaja i plemnika — z których każda posiada dwa razy mniej chromosomów niż inne komórki ciała. Po zapłodnieniu ilość chromosomów staje się normalna, t. j. taka jak w innych komórkach danego organizmu.

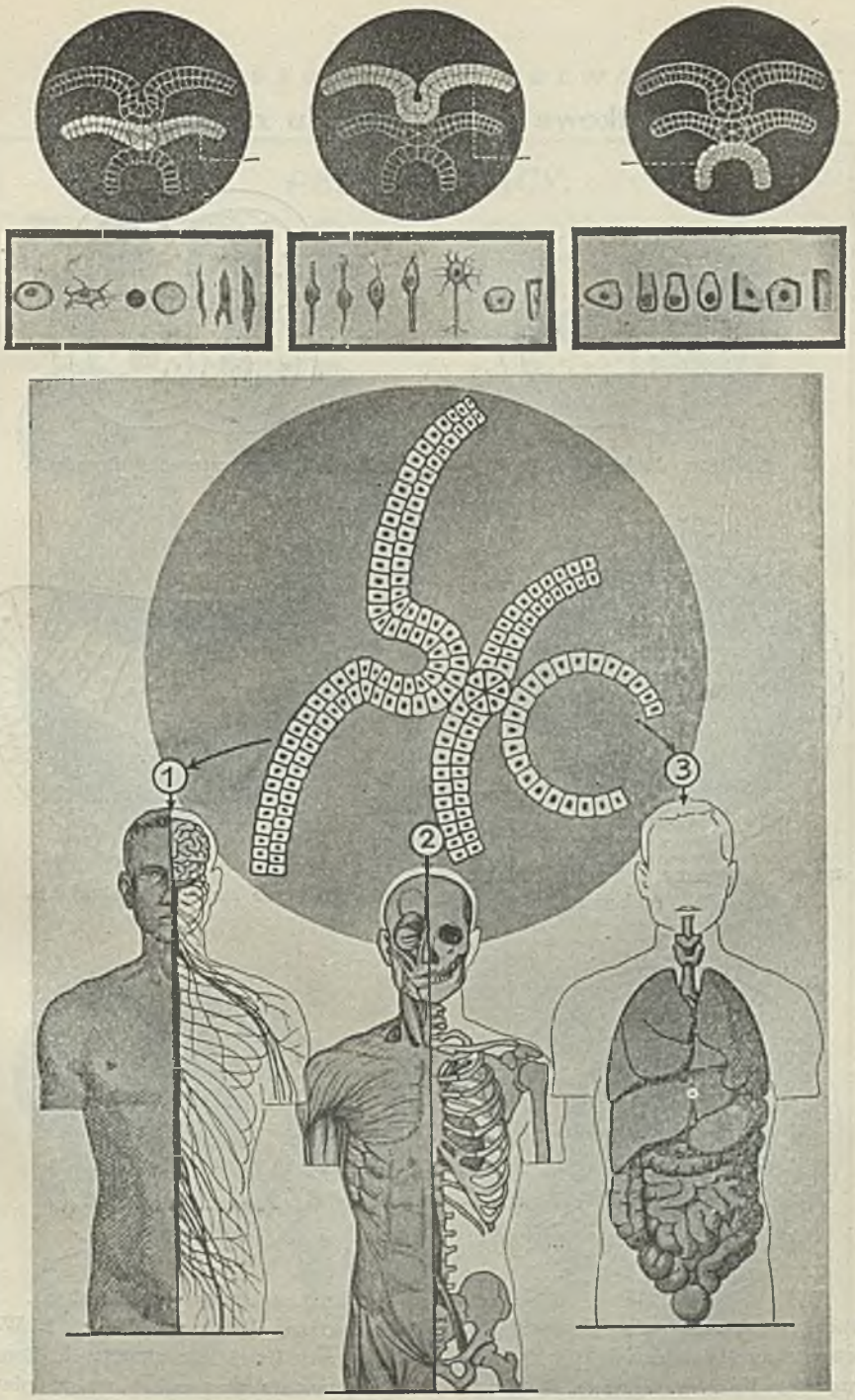
Zapłodnione jajeczko posuwa się dalej wzdłuż jajowodu, aż dociera do macicy, która, jak wiemy, przygotowała się na jego przyjęcie. W spulchnionej i przekrwionej błonie śluzowej macicy następuje t. zw. zagnieżdżenie się jaja, które nosi odtąd nazwę zarodka. Zarodek zaczyna się rozwijać, przekształca się w płód, który na przygotowanej w macicy podściółce w ciągu 9 miesięcy, czyli w okresie ciąży, rośnie i rozwija się. Po 9 miesiącach kalendarzowych lub ściślej — po dziesięciu miesiącach „ciążowych" (280 dniach) następuje poród, t. j. wydanie noworodka na świat.

Rzecz jasna, że na cały okres ciąży jajeczkowanie, jako proces niecelowy, zostaje przerwane, a wraz z nim ustaje też, oczywiście, miesiączkowanie. Ciałko żółte zaś tym razem nie zanika (jest to t. zw. ciałko żółte trwałe), lecz utrzymuje się w jajniku przez cały prawie czas ciąży. Po porodzie cykl miesięczny podjęty zostaje na nowo. Jest rzeczą zrozumiałą, że zapłodnienie może nastąpić jedynie wtedy, kiedy stosunek płciowy odbył się w okresie, gdy w żeńskich drogach płciowych znajdowało się dojrzałe jajeczko.

O ROZWOJU ZARODKA LUDZKIEGO

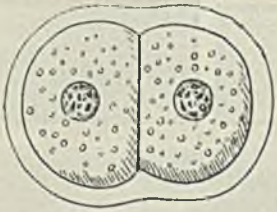
Nauka o rozwoju zarodków ludzkich i zwierzęcych nosi nazwę embriologii (embrion — zarodek); nauka ta odsłania nam niezwykle ciekawe dzieje zapłodnionego jajeczka w okresie przebywania w łonie macicy. Wyobraźmy sobie, ilu przemianom ulec musi zapłodnione jajeczko ludzkie wielkości 0,2 mm, a wagi 0,000004 g, by w ciągu 9 miesięcy przekształcić się w noworodka długości 50 cm, ważącego około 3½ kg. Należy zaznaczyć, że okres 9 - miesięcznego rozwoju płodu w macicy odnosi się tylko do rodzaju ludzkiego; u niektórych zwierząt trwa on znacznie krócej, u innych znów dłużej. Tak więc ciąża u szczura trwa zaledwie 3 tygodnie, u kangura 39 dni, u lwa 15—16 tygodni, u małpy 7 miesięcy, u słonia zaś aż 22 miesiące. Im krócej przy tym zwierzę przebywa w łonie matki (przy uwzględnieniu wielkości dorosłego zwierzęcia), tym bezradniejsze i mniej samodzielne przychodzi ono na świat.

Dzieje płodu zaczynają się od chwili, gdy zapłodnione jajeczko dostaje się do napęczniałej błony śluzowej macicy, która otacza je ze wszystkich stron. Jest to zagnieżdżenie się jajeczka. Najczęściej jajeczko zagnieżdża się na tylnej ścianie macicy, w pobliżu ujścia jajowodu, może jednak obrać sobie również inne miejsce. Zagnieżdżone jajeczko zaczyna się rozwijać, żywiąc się materiałami odżywczymi, dostarczanymi przez krew wypełniającą szczeliny śluzówki. Rozwój zarodka polega na tym, że początkowo pojedyncza komórka dzieli się na dwie, z dwóch komórek powstają cztery, z czterech osiem itd. Rozmiary zarodka stopniowo się powiększają, błona śluzowa, która go pokrywa, zaczyna się uwypuklać. Po pewnym czasie zarodek składa się już z dwóch blaszek, z których wkrótce wyrasta trzecia. Są to t. zw. blaszki zarodkowe, utworzone z komórek, leżących ciasno obok siebie i tworzących płaskie warstwy. Komórki te powstały z zapłodnionego jajeczka. Blaszki zarodkowe stanowią zawiązki przyszłych narządów ciała. Tak więc z blaszki zewnętrznej rozwijają się: skóra, włosy, paznokcie, nerwy, narządy zmysłowe; z blaszki wewnętrznej zaś tworzą się: przewód pokarmowy, wątroba, płuca, pęcherz moczowy i tarczyca; blaszka środkowa wreszcie daje początek kościom szkieletu, mięśniom, naczyniom krwionośnym itd. Rzecz jasna, że zawiązki narządów nie mają od razu ostatecznego swego kształtu, początkowo wyglądają jak mniejsze lub większe wypukłości, toteż oglądając płód we wczesnym okresie rozwoju, trudno się zorientować w szczegółach jego budowy.

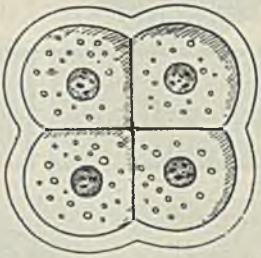


BLASZKI ZARODKOWE. U góry widzimy trzy blaszki zarodkowe i ich komórki. Pod nimi — zobrazowane to, co powstaje z każdej blaszki zarodkowej. (1. Blaszka zarodkowa zewnętrzna. 2. Blaszka zarodkowa środkowa. 3. Blaszka zarodkowa wewnętrzna).

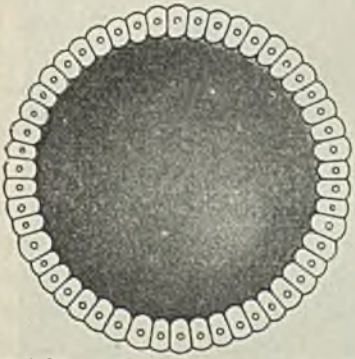
Początkowe stadia rozwoju zarodka



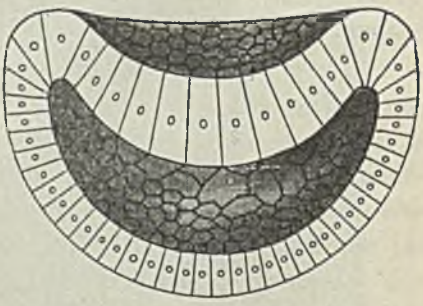
Stadium dwóch komórek.



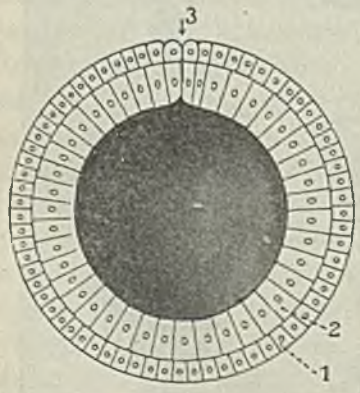
Stadium czterech komórek.



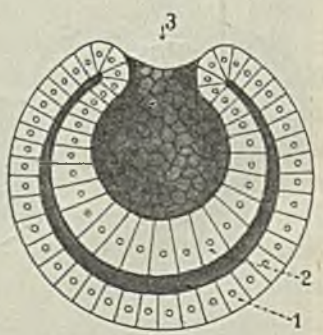
Komórki ułożone na obwodzie. Blastula *(schemat)*.



Pierwsze stadium gastrulacji.

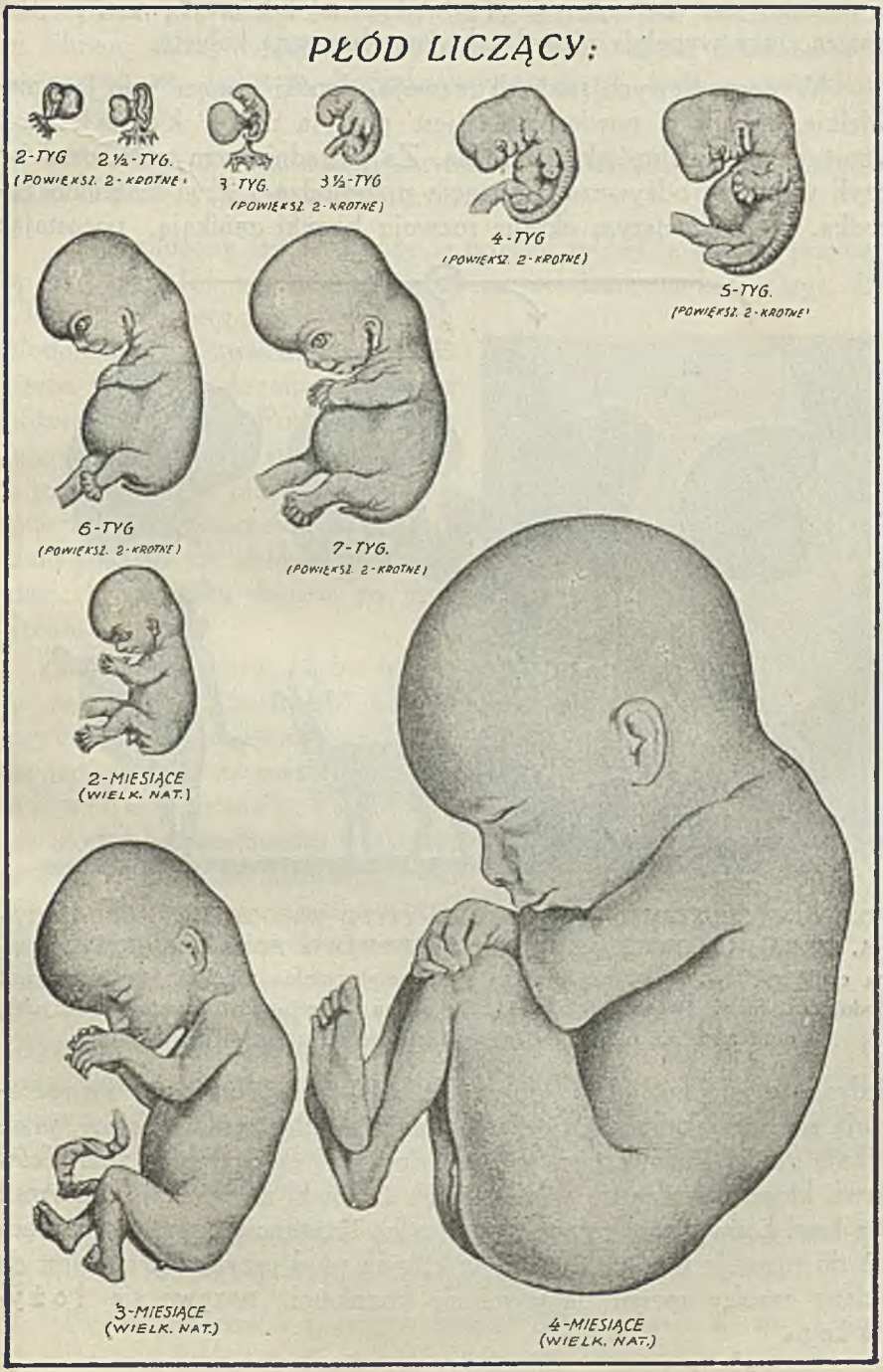


Proces wpuklania się postępuje. 1. Zewnętrzny listek zarodkowy. 2. Wewnętrzny listek zarodkowy. 3. „Prausta".



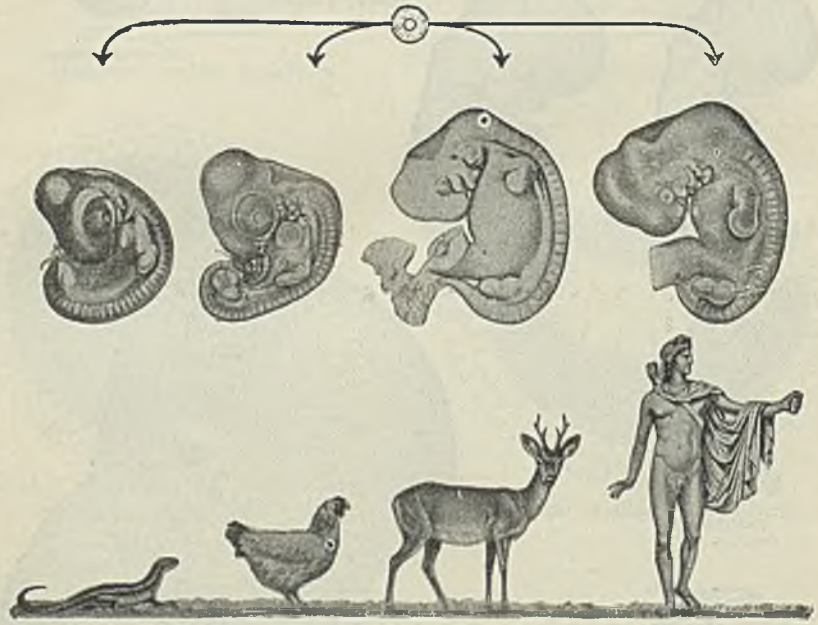
Przekrój sformowanej gastruli. 1. Zewnętrzny listek zarodkowy. 2. Wewnętrzny listek zarodkowy. 3. Bruzda powstała ze zrostu „warg" pierwotnych „pra-ust".

Dalsze stadia rozwoju



Powiększający się płód wypełnia stopniowo całą jamę macicy, a w miarę jego rozwoju macica powiększa się tak gwałtownie, że pod koniec ciąży wypełnia niemal całą jamę brzuszną kobiety.

W początkowych stadiach rozwoju, dopóki rosnące jajo jest niewielkie, cała jego powierzchnia jest pokryta t. zw. k o s m k a m i, wrastającymi w śluzówkę maciczną. Za pośrednictwem tych kosmków czyli wypustek odżywcze substancje przechodzą z krwi matki do zarodka. W późniejszym okresie rozwoju kosmki zanikają, pozostając



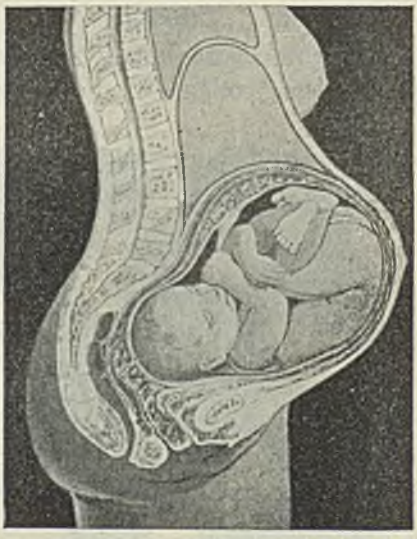
ROZWÓJ PRZEDSTAWICIELI 4 GROMAD (TYPU KRĘGOWCÓW): GADA, PTAKA, SSAKA I CZŁOWIEKA Z JEDNAKOWEJ PRAWIE KOMÓRKI JAJOWEJ (górna część ryciny). Powstają bardzo podobne do siebie zarodki (zwraca uwagę podobieństwo w tworzeniu się skrzeli, ogona i członków łopatokształtnych), u dołu zupełnie odmienne formy końcowe rozwoju. *(Wg F. Kahna).*

jedynie w miejscu, gdzie jajo zagnieździło się w śluzówce. Tu rozrastają się one jak korzenie drzewa, drążą w głąb ściany macicy, przenikają do jej śluzówki, aż wreszcie docierają do szerokich zbiorników krwi, które mieszczą się w warstwach śluzówki macicznej; zanurzone we krwi kosmki pobierają z niej te tylko substancje, które są niezbędne do rozwoju płodu. Miejsce, w którym płód przymocowany jest do ściany macicy rozgałęziającymi się kosmkami, nazywa się ł o ż y s k i e m.

Łożysko jest narządem, który zastępuje płodowi nieczynne jeszcze płuca, przewód pokarmowy, nerki, a nadto jest pewnego rodzaju filtrem, zatrzymującym szkodliwe dla niego części składowe krwi matczynej, np. bakterie. Łożysko wytwarza też ciała o charakterze hormonów.

W takich oto warunkach rozwija się i rośnie płód ludzki, przybierając stopniowo kształt małego człowieczka.

Płód ułożony jest w macicy w pozycji zgiętej, z główką przypartą do piersi. Już u płodu miesięcznego odróżnić można zarys oka. Ciekawą jest rzeczą, że u wczesnych płodów można stwierdzić obecność ogona i szczelin skrzelowych, które później zanikają. Poza tym inny jeszcze fakt zdaje się świadczyć o przynależności płodu do świata zwierzęcego, mianowicie całe jego ciało pokryte jest delikatnym meszkiem, który znika dopiero po urodzeniu.



Położenie płodu w macicy w ostatnich miesiącach ciąży *(Wg „Die Wunder des Lebens“).*

Zarodek wytwarza błony, którymi jest okryty; przestrzeń pomiędzy błonami a zarodkiem wypełniona jest płynem, zwanym „wodami płodowymi“. Przebywanie płodu w środowisku wodnym, w którym unosi się zamknięty jak ryba w akwarium, jest jakby echem zamierzchłych czasów, kiedy wszystko co żywe znajdowało się w wodzie pra-mórz. Te wszystkie fakty zdają się potwierdzać t. zw. biogenetyczną zasadę Haeckla. Zasada ta głosi, że człowiek, jak inne zwierzęta, w swoim krótkim życiu, a właściwie w okresie swego rozwoju embrionalnego powtarza wszystkie prawie fazy rozwoju filogenetycznego (gatunkowego) swego gatunku, poczynając od jednokomórkowców poprzez postać jamochłonu, pierwotnej ryby itd.

Załączona na stronicy następnej tabelka wskazuje, jak zmienia się wraz z rozwojem stosunek długości płodu do jego „wieku“.

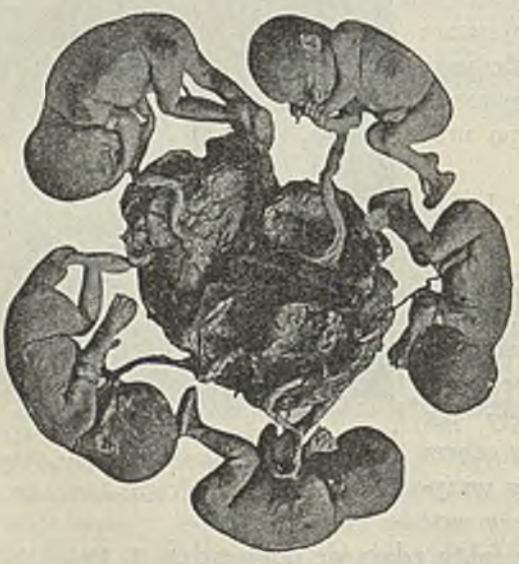
Przez pierwsze 5 miesięcy długość płodu równa się mniej wię-

cej kwadratowi jego „wieku", począwszy od 6 miesiąca równa się liczbie miesięcy mnożonej przez 5.

Długość płodu wynosi:

W pierwszym	*miesiącu*	*„ciążowym"*	*1.1 = 1 cm*
„ *drugim*	„	„	*2.2 = 4* „
„ *trzecim*	„	„	*3.3 = 9* „
„ *czwartym*	„	„	*4.4 = 16* „
„ *piątym*	„	„	*5.5 = 25* „
„ *szóstym*	„	„	*6.5 = 30* „
„ *siódmym*	„	„	*7.5 = 35* „
„ *ósmym*	„	„	*8.5 = 40* „
„ *dziewiątym*	„	„	*9.5 = 45* „
„ *dziesiątym*	„	„	*10.5 = 50* „

Na zakończenie jeszcze kilka słów o bliźniętach. Jak to się dzieje, że nieraz rodzą się „dwojaczki"? Tłumaczymy to sobie w ten sposób, że zapłodnione jajeczko przy pierwszym podziale tworzy dwie komórki, które oddzielają się od siebie i rozwijają się następnie jako dwa samodzielne jajeczka, dając tą drogą początek dwóm odrębnym płodom. Są to t.zw. bliźnięta jednojajowe, z reguły tej samej płci i wykazujące daleko posunięte podobieństwo cielesne i psychiczne.



PIĘCIORACZKI (4 chłopców — z obrączkami na ramieniu — i jedna dziewczynka) przymocowane pępowiną do łożyska.

Może się też zdarzyć, że w okresie jajeczkowania jeden jajnik wydala nie jedno, lecz dwa dojrzałe jajeczka, albo każdy jajnik wydala po jednym jajeczku. Gdy oba jajeczka zostaną zapłodnione, rodzą się t. zw. b l i ź n i ę t a r ó ż n o j a j o w e, najczęściej płci odmiennej i mniej do siebie podobne niż jednojajowe.

W ten sam sposób powstają trzy i więcej płodów. Wszyscy słyszeliśmy o „pięcioraczkach kanadyjskich", jednocześnie urodzonych i cieszących się do dziś dnia najlepszym zdrowiem.

PRZEMIANA MATERII

Prof. Dr Antoni DMOCHOWSKI
(Warszawa)

PRZEMIANA MATERII

„Przemiana materii wadliwa...". „Choroba przemiany materii...". Takie słowa słyszymy czasami z ust lekarza po zbadaniu pacjenta, a nierównie częściej przy poobiedniej pogawędce przyjaciółek, użalających się nawzajem na swe prawdziwe czy też urojone dolegliwości. Nader rzadko jednak narzekaniom towarzyszy jakie takie chociażby zrozumienie wygłaszanych frazesów.

Co prawda wszyscy słyszeliśmy coś niecoś o koniecznych składnikach pokarmów, o białkach, węglowodanach, tłuszczach, o procesach utleniania w organizmach żywych i o ilościach kalorii potrzebnych człowiekowi lekko lub ciężko pracującemu.

Czytamy aż do znudzenia o witaminach i o chorobach spowodowanych brakiem ich w pożywieniu, o hormonach regulujących przemianę materii w organizmie i o fermentach utleniających w substancji żywej.

Wszystkie te nazwy są jednak najczęściej chaotycznym zlepkiem wiadomości bez żadnego związku, wiadomości pozornie tylko zrozumiałych, a w szczególności pojmowanych najzupełniej błędnie.

Spróbujmy więc w jak najprostszej i możliwie zrozumiałej formie podać krótki zarys współczesnych wiadomości o tej trudnej, ale ciekawej dla laika dziedzinie, objętej popularną nazwą „przemiana materii". Niejeden z nas zastanawiał się niejednokrotnie nad istotnym celem czynności, którą z nabożeństwem wykonywa od chwili urodzenia aż do śmierci, i to po kilka razy dziennie. Istotnie jest to czynność niezwykłej wagi. W terminologii naukowej określamy ją jako spożywanie pokarmów, a popularnie zwie się ona po prostu... jedzeniem.

Już przy pierwszej poważniejszej próbie analizy tej czynności uderzają nas pewne prawidłowości, wskazujące, że cały proces odżywiania się można ująć w pewne prawa. Każdy żywy organizm — człowiek czy zwierzę — musi przyjmować pewną konieczną ilość pokarmów, wahającą się w spoczynku w dość wąskich granicach, ale znacznie zwiększoną przy intensywnej pracy. Jeśli ta ilość nie jest

dostateczna, każde żywe stworzenie z reguły najpierw chudnie, słabnie, a wreszcie po pewnym czasie umiera. Umiera z głodu.

Jeśli głód był zupełny, śmierć następuje u większości zwierząt względnie szybko: u ptaka np. już po kilku dniach, u człowieka zazwyczaj po kilkunastu dniach, wyjątkowo po miesiącu i dłużej, u ryb nawet po 2—3 latach itp.

Przy głodzie częściowym, czyli przy zbyt skąpym pokarmie, śmierć głodowa może przyjść dość późno, ale przyjdzie nieuchronnie i nieodwołalnie. W niektórych przypadkach człowiek pozornie odżywia się dostatecznie — zjada znaczne ilości paru rodzajów pokarmów, a jednak szybko chudnie i choruje. Spróbujmy np. karmić kogoś wyłącznie słoniną, masłem i cukrem, z dostateczną ilością wody, ale bez

JAK DŁUGO ISTOTA ŻYWA MOŻE ŻYĆ BEZ POBIERANIA POKARMU. Ptak— 9 dni. Człowiek — 12 dni. Pies — 20 dni. Żaba — rok. Żółw — 500 dni. Wąż — 800 dni. Ryba — 1000 dni. Chrabąszcz — 1200 dni. *(Wg F. Kahna).*

chleba, mięsa i mleka — rezultat będzie z góry wiadomy — utrata apetytu i ciężka choroba.

Weźmy jeszcze inny przypadek, spotykany często u dzieci: odżywianie jest obfite i niezbyt jednostajne, a jednak dziecko traci na wadze, przestaje rosnąć lub chodzić. Zastosujmy niewielki dodatek pewnych soli mineralnych lub świeżych owoców i jarzyn, albo mleka, a od razu nastąpi wyraźna poprawa.

Widzimy więc, że cała sprawa odżywiania się nie jest tak prosta, jak się to na pierwszy rzut oka wydaje; a przecież poza pobieraniem pokarmów stałych i płynnych człowiek jeszcze stale oddycha — pochłania z powietrza tlen (symbol chemiczny — O) i wydala dwutlenek węgla (CO_2). I tutaj znowu widzimy, że pewne ściśle określone ilości tlenu są absolutnie niezbędne do życia — przy pracy większe, niż w spoczynku.

Zrozumienie istotnego celu i znaczenia czynności odżywiania się zawdzięczamy nieustannym wysiłkom paru pokoleń badaczy. Znamy już dzisiaj najbardziej pożądany dla organizmu skład pokarmów pod względem jakościowym i ilościowym, zasady zastępowania jednych pokarmów przez drugie, ustalania najtańszych racji pokarmowych itp. Ale droga do tych zdobyczy była ciężka i trudna. 150 lat temu wielki chemik francuski Antoni Lavoisier pierwszy zwrócił uwagę na uderzające podobieństwo zachodzące pomiędzy palącą się świecą a żywym stworzeniem. I świeca, i żywy organizm wydzielają ciepło oraz zużywają część powietrza, zamieniając je na niezdatne do oddychania. Analiza chemiczna tego powietrza wykazała wyraźnie znikanie tlenu i przybywanie dwutlenku węgla. W obu wypadkach spalały się — czyli utleniały złożone związki węglowe, wydzielając przy tym znaczne ilości energii cieplnej.

Późniejsze badania wykazały, że jeszcze większe podobieństwo zachodzi pomiędzy istotą żywą a maszyną parową. Maszyna parowa może być utrzymywana w ruchu i wykonywać określoną pracę, jeżeli dostarcza się jej dostatecznej ilości węgla i wody, utrzymuje się określoną temperaturę kotła, należycie ją chłodzi i naoliwia, wreszcie jeżeli wszystkie części maszynerii utrzymywane są w porządku, a części zużyte — odpowiednio uzupełniane.

Energia słoneczna, nagromadzona przed milionami lat w węglu w postaci energii chemicznej, wyzwala się przy szybkim utlenianiu czyli spalaniu, zamieniając się w energię cieplną; ta ostatnia zaś zamienia się częściowo w maszynie parowej w energię mechaniczną, dając użyteczną pracę.

Zupełnie podobne stosunki obserwujemy w organizmie żywych stworzeń. Rolę paliwa odgrywają tutaj liczne złożone związki węgla dostarczane w postaci pokarmu, a energia chemiczna zawarta w tych związkach zamienia się przy stopniowym ich rozpadzie i łączeniu się z tlenem na inne formy energii, np. na energię napięcia mięśni, umożliwiając nam przez to wykonywanie ruchów. Przy bliższej analizie widzimy jednak, że podobieństwo pomiędzy istotą żywą a maszyną parową ma także swoje granice. Przede wszystkim w maszynie parowej energia chemiczna zawarta w węglu zamienia się początkowo całkowicie w ciepło, a dopiero to ostatnie w pracę. Inaczej dzieje się w substancji żywej. Tutaj energia chemiczna bezpośrednio zamienia się w inne formy energii, jak np. we wspomniane wyżej kurczenie się mięśni. Przypomina nam to raczej, jak już było wspomniane przy omawianiu pracy mięśni, działanie akumulatora elektrycznego, w któ-

rym również energia chemiczna pewnych związków chemicznych zamienia się bezpośrednio w energię elektryczną, dając proces wyładowania — prąd elektryczny. Nie zapominajmy również, że jeśli w ogóle organizm żywy przypomina w działaniu jakąś maszynę, to musiałaby to być jakaś dziwna maszyna, która nie tylko sama przeprowadza remont zniszczonych części, ale też ze zdumiewającą elastycznością dostosowuje się do zmienionych warunków zewnętrznych, uzgadniając w każdej chwili działanie wszystkich części składowych, tak jak gdyby cały sztab inżynierów kierował zgranym zespołem, przestrzegając ściśle ułożonego planu.

Tego rodzaju maszyny nie tylko nie znamy, ale nie możemy jej sobie nawet dzisiaj wyobrazić. Nie powinno to nas zresztą tak bardzo dziwić. Wystarczy najprostszy rachunek, aby się przekonać, jak nikłe muszą być nasze wiadomości o istocie procesów zachodzących w niesłychanie subtelnej i skomplikowanej strukturze żywego organizmu.

Wyobraźmy sobie każdy atom węgla lub innego pierwiastka, powiększony do wielkości jednej cegły; wówczas ilość tych cegieł znajdująca się w jednej komórce ciała ludzkiego (a jest ich u jednego człowieka 30 bilionów) wystarczyłaby do zbudowania wielkiego okręgu przemysłowego o powierzchni kilku tysięcy km^2, powiedzmy wielkości Śląska. Ileż fabryk chemicznych mogłoby działać na takiej przestrzeni i jak różnorodne produkty mogłyby one wytwarzać z dostarczanych im surowców! Ileż nieznanych nam jeszcze procesów chemicznych i fizycznych mogłoby się tam odbywać, nie mówiąc już nic o jakichś ewentualnych zjawiskach, nie dających się uchwycić przez nasze zmysły i aparaty. Jeśli nie znamy jednak istoty substancji żywej i zasad jej budowy, nie znaczy to wcale, abyśmy nie wiedzieli nic zgoła o ogólnym charakterze tych wszystkich przemian, które się w niej odbywają, i o prawach, które rządzą tymi przemianami.

Wyobraźmy sobie, że nie mając nawet dostępu do jakiegoś nieznanego kraju, obserwujemy pilnie jego granice, notując skrzętnie ogólne cyfry przywozu i wywozu oraz charakter niezliczonej ilości produktów wymiany handlowej z innymi krajami. Nader ciekawe wnioski moglibyśmy wysnuć co do stosunków panujących w tym kraju, a nawet do pewnego stopnia wpływać na ich przebieg, kontrolując dopływ koniecznych surowców lub maszyn. Cóż dopiero mówić o blokadzie zupełnej lub częściowej, wojnie chemicznej lub bombardowaniu lotniczym! Przy dzisiejszym stanie wiedzy, kiedy ustrój żywy możemy dowolnie głodzić, zatruwać lub leczyć związkami chemicznymi, naświetlać promieniami Rentgena itp., najchętniej przy-

równywamy istoty żywe do wielkiej fabryki chemicznej, albo raczej do kraju usianego gigantycznymi kombinatami przemysłu chemicznego.

Zasadniczym fundamentem i warunkiem tych tajemniczych zjawisk życiowych, odbywających się poza granicami rozpoznania dzisiejszych mikroskopów, są z całą pewnością owe wspomniane powyżej procesy przemiany materii i energii. Są one złączone w nieprzerwany łańcuch procesów chemicznych syntezy i rozpadu setek i tysięcy związków, złożonych zaledwie z kilku - kilkunastu pierwiastków, przede wszystkim z węgla (C), azotu (N), tlenu (O), wodoru (H).

Potrzeby każdego kompleksu maszyn czy też fabryk chemicznych dadzą się, jak wiadomo, ująć w dwie zasadnicze grupy — potrzeby opałowe i budowlane.

Organizmowi żywemu musimy w pokarmach dostarczyć dostatecznej ilości materiałów pędnych i materiału budowlanego, i to oczywiście w odpowiedniej ilości i jakości. Spróbujmy pokrótce streścić nasze wiadomości o naukowych podstawach tych dostaw i ich zastosowaniu w praktyce. Rozpocznijmy od t. zw. materiałów pędnych, mających za zadanie zaspokojenie t. zw. energetycznych potrzeb ustroju, a więc utrzymania stałej temperatury ciała ludzkiego, bicia serca, wykonywania pracy itd.

Wielką zdobyczą nauki o odżywianiu było znalezienie metod pozwalających na porównywanie wartości energetycznej tych wszystkich składników pokarmowych, które mogą być zużytkowane przez organizm żywy. Okazało się, że doskonałą miarą energii uwięzionej w tych substancjach jest ilość ciepła wyzwalającego się przy spalaniu ich w odpowiednich przyrządach, t. zw. k a l o r y m e t r a c h, pozwalających zmierzyć uzyskane ciepło w pewnych jednostkach, t. zw. k a l o r i a c h.

Jak wiadomo z fizyki, kaloria duża (Kal) jest to ilość ciepła potrzebna do ogrzania 1 litra wody o 1° C. Oznaczono więc dokładnie ilości kalorii wyzwalające się przy spalaniu najważniejszych rodzajów pokarmów, np. grama tłuszczu, węglowodanów lub białka, i porównano z tymi ilościami ciepła, które wytwarza organizm ludzki po spożyciu takiej samej porcji tychże samych pokarmów.

Rezultaty były zupełnie jasne — gdy pokarm składał się tylko ze związków węgla, wodoru i tlenu, np. węglowodanów i tłuszczów, przy zupełnym spalaniu pewnej ilości zarówno w kalorymetrze, jak i w organizmie powstawały jednakowe ilości ciepła. I tu, i tam cały węgiel zawarty w pokarmach utleniał się na dwutlenek węgla, a wo-

dór na wodę, potwierdzając na nowo podobieństwo procesów chemicznych w maszynie parowej i w organizmie żywym. Pokarmy białkowe, zawierające poza tym pierwiastek azot (N) i inne, np. siarkę (S), nie ulegają w organizmie całkowitemu spaleniu, pozostają mianowicie „niedopałki azotowe" (przeważnie t. zw. mocznik), wydalane wraz z moczem; ilości ciepła są przeto nieco mniejsze, niż przy spalaniu w kalorymetrze.

Na podstawie licznych doświadczeń ustalono, że w żywym ustroju np.

1 g węglowodanów dostarcza		*4,1 Kal*
1 g białka	„	*4,1* „
1 g tłuszczu	„	*9,3* „

Widzimy stąd, że najbardziej wartościowym pokarmem z punktu widzenia opałowego są tłuszcze; potwierdza nam to w zupełności codzienne doświadczenie. W zimie np., gdy człowiek traci bezużytecznie znacznie więcej ciepła, niż w lecie, spożywa on z apetytem, dla wyrównania strat, więcej tłuszczów. Podobnie i mieszkańcy okolic polarnych, np. Eskimosi.

Z tabelki powyższej widzimy także, że 2 g białka lub cukru zastępują prawie 1 g tłuszczu i że możemy zawsze dokładnie obliczyć, ile należy spożyć pokarmu każdego rodzaju, aby nasza żywa maszyna nie ucierpiała z powodu niedostatecznego opału.

Zapotrzebowanie organizmu ludzkiego zbadano bardzo dokładnie; tak np. dla mężczyzny wagi około 70 kg, leżącego w łóżku w absolutnym spokoju, kiedy energia zużytkowana jest tylko na oddychanie, bicie serca itp., t. zw. podstawowa racja pokarmowa wynosi 1700 Kal na dobę. Dla tegoż mężczyzny, lekko pracującego, gdy napięcie mięśni zużywa wiele energii — już 3.000 Kal dziennie, przy bardzo ciężkiej pracy — nawet do 6.000 Kal, dla kobiet nieco mniej itd.

Liczne badania uczonych, zwłaszcza niemieckich i angielskich, ustaliły normy dla całego szeregu ludzi różnego wieku i zawodu, zdrowych i chorych, dla dzieci i matek karmiących itp. Toteż dzisiaj w każdej ochronce, szpitalu, większej jadłodajni czy pensjonacie kierownik czy kierowniczka dietetycznej kuchni mozoli się nad układaniem jadłospisów, które by spełniały żądane warunki co do niezbędnej ilości kalorii przy jak najmniejszych kosztach.

Z dotychczasowych rozważań możemy wyciągnąć wniosek, że trafny pomysł przyrównania ustroju żywego do palącej się świecy czy maszyny parowej miał dla ludzkości błogosławione następstwa. Usta-

liło się przekonanie, że procesy życiowe polegają na nieustannej przemianie jednych związków chemicznych w drugie, a mianowicie związków złożonych w prostsze, i na odwrót, z prostych w bardziej złożone. Wiemy dzisiaj, że koniecznym warunkiem zjawisk życiowych jest dopływ z zewnątrz energii chemicznej zmagazynowanej obficie w związkach węgla. Potrafimy w każdej chwili obliczyć, ile i jakich pokarmów musimy dostarczyć człowiekowi lub zwierzęciu w spoczynku czy też dla wykonania z góry obliczonej pracy. Triumfy wiedzy idą jednak jeszcze dalej. Wystarcza nam już dzisiaj obserwacja ilości wdychanego tlenu i wydychanego dwutlenku węgla, aby obliczyć, które z głównych składników pokarmowych: białko, węglowodany, czy tłuszcze ulegają w danej chwili spalaniu w tkankach i w jakiej ilości, czy organizm głoduje i czy nie ma jakichś zaburzeń chorobowych w zwykłym tempie spalania, słowem, czy „ogólna przemiana materii" nie odbiega od normy. Cały szereg chorób, między którymi są i bardzo poważne, jak np. choroby gruczołu tarczowego, regulującego szybkość spalania, daje się właśnie wyleczyć na tej drodze. Wiemy dziś również, jakie pokarmy spalają się najłatwiej i najłatwiej się magazynują w ciele człowieka. Tak np. stwierdzono, że spożyte pokarmy węglowodanowe — jak np. skrobia ziemniaczana (krochmal), zwykły cukier buraczany, czy też najprostszy cukier — glukoza ($C_6H_{12}O_6$) — zamieniają się w inny węglowodan — glikogen, magazynowany w ogromnych ilościach w wątrobie i zużywany szybko w głodzie lub przy pracy. Zapasy tłuszczowe są uskuteczniane znacznie powolniej. Utarło się nawet powiedzenie, że „węglowodany są to wkłady złożone na rachunek bieżący, tłuszcze zaś za terminowym wypowiedzeniem".

Dalej wykryto ciekawe wzajemne zależności przy przemianie w organizmie węglowodanów i tłuszczów. Niech tylko nastąpi utrudnienie w spalaniu pierwszych, np. przy chorobie cukrzycy, a natychmiast zjawiają się we krwi niezmiernie szkodliwe „niedopałki tłuszczowe" (ciała acetonowe), wydzielane następnie z moczem. Gdy tylko naprawimy przemianę cukrów (np. przez zastrzyki insuliny), od razu i przemiana tłuszczów ureguluje się do normy. Mówimy wobec tego, że „tłuszcze spalają się w ogniu węglowodanów". Tych parę przykładów już wystarczy, aby zdać sobie sprawę, jak wielkie korzyści odniosła medycyna z badań nad t. zw. ogólną przemianą materii i energii i jak różnorodne mogą być zaburzenia w gospodarce „materiałami pędnymi" oraz sposoby ich leczenia.

Niemniej ważne i skomplikowane są sprawy związane z dostar-

czeniem materiałów budowlanych. Wchodzą tu w grę sole mineralne, jak związki sodu, potasu, wapnia, fosforu, chloru itd., ale ilościowo przeważają związki węgla i azotu. Głównym składnikiem, z którego jest zbudowana cała struktura substancji żywej, jest białko. Tylko białko, dzięki zawartości azotu i siarki, może być materiałem, z którego ustrój buduje zrąb swych tkanek. Toteż ani tłuszcze, ani węglowodany nie mogą białka w tej roli zastąpić. Musi być ono stale dostarczane w pewnej minimalnej ilości, aby ustrój mógł wyrównać wszystkie braki powstałe przez zużywanie się tkanek (wypadanie włosów, wydzielanie soków trawiennych itp.). Dopiero dalsze ilości białka pokarmowego, pobrane ponad pewne minimum, służą jako materiał opałowy i dają się zastąpić przez inne pokarmy.

Dlaczegoż to białko jest tak niezbędne do budowy naszych tkanek? Czy nie dałoby ono się zastąpić przez jakieś inne, prostsze składniki azotowe? Na pytanie to możemy już dzisiaj odpowiedzieć. Białko składa się jakby z cegiełek z dwudziestu kilku rodzajów prostszych związków azotowych, t. zw. aminokwasów; aminokwasy zaś, a raczej niektóre z nich, są absolutnie niezbędnymi składnikami, potrzebnymi do budowy substancji żywej. W naszym obrazie fabryki chemicznej byłyby to główne części maszynerii, których sam organizm ludzki lub zwierzęcy w przeciwieństwie do roślinnego zbudować sobie nie potrafi i musi je importować z zewnątrz, chociażby w zdemontowanym stanie. Różne białka zawierają różne ilości potrzebnych aminokwasów, toteż niektóre białka są t. zw. białkami pełnowartościowymi, jak np. białka mięsne, mleka, jaj; inne, jak niektóre białka roślinne — niedoborowymi, wymagającymi uzupełnień brakujących aminokwasów. Przekonano się nawet na doświadczeniach ze zwierzętami, że odpowiednie mieszaniny aminokwasów syntetycznych mogłyby nawet zastąpić całkowicie pokarm białkowy, koszty jednak takiego pożywienia przewyższałyby setki, tysiące razy zwykłe koszty pokarmów białkowych. Przy trawieniu białka w kanale pokarmowym następuje zupełny rozpad na aminokwasy, które wchłaniane są następnie przez ścianki jelit do krwi i dostają się do tkanek. Każdy z tych rodzajów aminokwasów bądź ulega wbudowaniu w strukturę żywą, bądź odczepia w pewien sposób swój azot (t. zw. dezaminacja) i zamienia się w węglowodany, każdy zaś rodzaj ma swój własny cykl przemian i wykazuje niejednokrotnie zaburzenia w normalnym biegu tej przemiany.

Najlepszym sposobem zbadania tej przemiany białkowej bądź aminokwasowej jest badanie składników azotowych moczu i krwi.

stosowane powszechnie przy rozpoznawaniu i leczeniu wielu chorób przemiany materii.

Ilość różnych, znanych czy nieznanych, związków bezazotowych, azotowych, fosforowych, siarkowych itd. jest w ustroju żywym olbrzymia. W samym moczu, gdzie występują już właśnie tylko odpadki, będące słabym echem przemian chemicznych w tkankach tego ustroju, znajdujemy ich tysiące.

Analizując i określając ilości tych związków — zdobywamy potrzebne wiadomości o losie odpowiednich składników w ustroju. Słyszymy np. o szkodliwym wpływie pokarmów mięsnych na t. zw. artretyzm. Analiza mięsa wykazuje nam od razu przyczynę tego faktu — znajdujemy ogromne ilości t. zw. związków purynowych, które utleniając się wytwarzają w ustroju kwas moczowy, nagromadzający się w obolałych stawach. Kwas moczowy wydziela się normalnie łatwo przez nerki z moczem. Z każdorazowej ilości tego kwasu we krwi i w moczu u chorych wnioskujemy o rodzaju i przebiegu zaburzenia w przemianie purynowej i stosujemy odpowiednie środki lecznicze.

Do zakresu gospodarki materiałem budowlanym organizmu należy jeszcze inny dział procesów fizjologicznych i często spotykanych chorób.

Widzieliśmy już, że proces spalania w ustroju żywym odbywa się zupełnie inaczej niż w kotle maszyny parowej. Zamiast żaru mamy w tkankach stałą temperaturę 37°—40°C, a jednak przemiany utleniania zachodzą równie szybko i sprawnie. Uderzająca jest zwłaszcza zdolność regulowania procesów chemicznych przebiegających jeden po drugim. Dzieje się to dzięki olbrzymiej ilości substancji w rodzaju t. zw. w chemii — katalizatorów, regulujących i przyśpieszających tempo wszystkich procesów chemicznych. Niektóre z tych katalizatorów organicznych, t. zw. enzymy albo fermenty lub zaczyny, aczkolwiek występują w niesłychanie drobnych ilościach, jednak stanowią jeden z najważniejszych obiektów maszynerii chemicznej substancji żywej. Są więc liczne fermenty utleniające i trawienne. Jedne z nich rozkładają lub syntetyzują węglowodany, inne białka, inne wreszcie tłuszcze, związki fosforowe itd.

Okazało się, że wielokrotnie organizm żywy nie potrafi zbudować sobie pewnych części potrzebnych do zmontowania tych najbardziej skomplikowanych aparatów chemicznych, jakimi są fermenty, i części te muszą być dostarczane w pokarmach z zewnątrz. Okazało się, że w wielu wypadkach takim niezbędnym materiałem do budowy fermentów są tak popularne dziś witaminy. Zrozumiałym się stało,

dlaczego witaminy są tak koniecznie potrzebne i dlaczego brak ich wywołuje tak ciężkie i charakterystyczne choroby. Niedostateczna ilość jakiegoś fermentu może wywołać zupełne zahamowanie w łańcuchu przemian pewnych substancji i wywołać np. nagromadzenie się szkodliwych produktów przejściowych. Taki wypadek zachodzi przy braku t. zw. witaminy (B) antyneurytycznej, kiedy w nerwach nagromadzają się trujące produkty przemiany węglowodanowej. Wystarczy maleńki dodatek witaminy, obecnej np. w otrębach lub w drożdżach, a natychmiast cała przemiana materii w nerkach wraca do normy, a wszelkie objawy chorobowe znikają bez śladu.

Z dotychczasowych pobieżnych rozważań możemy się już domyślić, jak olbrzymim działem wiedzy jest tak głośna dzisiaj dziedzina przemiany materii.

Każdy choćby najprostszy składnik chemiczny substancji żywej, nawet woda, nawet najprostsze sole mineralne, jak np. sól kuchenna, bierze żywy udział w nieprzerwanym ciągu niesłychanie złożonych i skomplikowanych procesów fizjologiczno-chemicznych, odbywających się w każdej komórce ustroju. A składników tych mamy już tysiące, dziesiątki tysięcy i poznajemy wciąż nowe. Każdy z nich ma swoją własną historię, przechodzi swoje koleje przemian w organizmie, łączy się z innymi, tworząc ciała o najrozmaitszych własnościach. Każdej chwili, w każdym stadium przemiany, wszystkie te składniki substancji żywej są wykorzystywane przez rwący nurt życia, czy to dla zabezpieczenia i rozszerzenia podłoża materialnego, czy też zapewnienia nam zasobu energii dla jakiegoś procesu życiowego. Każde zaburzenie normalnego, ustalonego biegu chemicznej przemiany odbija się na stanie zdrowotności tkanki, a następnie jakiegoś organu, czy nawet całego organizmu i „choroba przemiany materii" gotowa.

Rolą biochemika i lekarza jest zorientować się drogą analizy w tym zawiłym splocie setek i tysięcy przebiegających obok siebie procesów fizjologiczno-chemicznych i wyłuskanie spośród nich tych właśnie, które zostały zahamowane, zbytnio przyśpieszone czy też wprost zepchnięte ze swojej normalnej drogi kolejnych przemian chemicznych. Opanowanie takiego zmienionego procesu fizjologicznego, skierowanie go z powrotem na normalne tory przez zastosowanie odpowiednio działających środków chemicznych czy fizjologicznych jest właśnie trudnym zadaniem, które stawia sobie lekarz, leczący pacjenta dotkniętego którąkolwiek z chorób „przemiany materii".

II

JAK POWSTAJĄ CHOROBY

ZDROWIE I CHOROBA

Prof. Dr Franciszek VENULET

(Warszawa)

UWAGI WSTĘPNE

Zdawałoby się, że na pytanie, co to jest zdrowie, a co choroba, odpowiedź nie powinna nastręczać szczególnych trudności. Tymczasem zagadnienie zdrowia i choroby jest bardziej złożone, niż to na pierwszy rzut oka może się wydawać. Toteż ustalenie tych pojęć, pomimo iż chodzi o zjawiska podstawowe, wciąż jeszcze pozostawia wiele do życzenia.

Człowiek pierwotny, poczytując zdrowie za stan naturalny, widział w chorobie coś obcego i strasznego, co nagle wtarga do ciała. Narody starożytne, Egipcjanie, Persowie, Chińczycy a nawet jeszcze Rzymianie uważali choroby za dzieło złych bóstw. Sprowadzając pojęcie choroby do kary za popełnione grzechy, istotę choroby wiązano ze świadomością winy. Stąd wyleczenie może nastąpić tylko drogą przebłagania obrażonego bóstwa. Misję tę, stając się pośrednikiem między człowiekiem a bóstwem, spełnia kapłan. W miarę postępów medycyny zaznacza się stopniowe wyzwolenie wiedzy lekarskiej spod wpływu kapłanów, wyzwolenie, rozpoczęte już przez ojca medycyny, Hipokratesa.

Dziś, kiedy jedność wszelkich zjawisk życiowych rozumie się sama przez się, nie przeciwstawiamy choroby zdrowiu, jako czegoś ustrojowi obcego i znajdującego się poza prawami przyrody. Zarówno zdrowie, jak chorobę uważamy za różne stany żywej istoty, gdyż choroba — to życie w odmiennych warunkach. Możność zachorowania stanowi nawet charakterystyczny rys żywej istoty, gdyż zachorować może tylko to, co żyje. Oprócz człowieka choruje jeszcze tylko zwierzę i roślina.

Nauka, która zajmuje się badaniem spraw chorobowych, nazywa się p a t o l o g i ą. Słowo to pochodzi od wyrazów greckich: p a t o s — cierpienie i l o g o s — słowo, nauka. Wszystko zatem, co odbiega od stanu prawidłowego czyli fizjologicznego, będzie przez to samo patologiczne.

Mylne byłoby jednak przypuszczenie, że rozgraniczenie spraw

fizjologicznych i patologicznych jest zawsze proste i łatwe. Jak się okazuje, jedno i to samo zjawisko może mieć różne znaczenie w zależności od przyczyny, jaka je wywołała, od umiejscowienia, nasilenia i innych jeszcze okoliczności. Tak np. przekrwienie śluzówki żołądka podczas trawienia jest zjawiskiem fizjologicznym, gdy takież przekrwienie spojówek powiek w postaci ich zaczerwienienia jest wyrazem nieżytu — stanu zapalnego czyli patologicznego. Wychudnięcie może być spowodowane niedostatecznym odżywianiem, zwłaszcza w połączeniu z pracą fizyczną; inne zupełnie znaczenie ma wychudnięcie w następstwie nowotworu złośliwego. Smutek matki po stracie dziecka może być równie głęboki, jak przygnębienie melancholiczki, lecz przyczyna ich smutku jest różna: w jednym przypadku mamy do czynienia z prawdziwym nieszczęściem, w drugim — z urojeniem. W grę wchodzi jeszcze i czas trwania depresji. Jeżeli smutek matki zbytnio się przedłuża, staje się patologiczny, chociaż nie można określić ściśle, jak długo najwyżej może trwać smutek matki po stracie dziecka. Inne znaczenie ma zanik świadomości podczas snu i inne znów w omdleniu. A czyż każdy uzna stan podchmielenia za patologiczny, aczkolwiek ma się do czynienia z wyraźnym zatruciem ustroju?

Nawet objawy bezspornie patologiczne, jak duszność, przyśpieszenie tętna, podniesienie ciepłoty, mogą towarzyszyć czynnościom zupełnie fizjologicznym, jak bieg, wspinanie się, wchodzenie po schodach, praca fizyczna. W danych warunkach objawy te posiadają jednak charakter przejściowy, w przeciwieństwie np. do chorób serca i płuc, w których są zjawiskiem bardziej długotrwałym, jeżeli nie stałym. Chociaż obecność cukru w moczu jest jednym z klasycznych objawów cukrzycy, przejściowy cukromocz, spowodowany spożyciem zbyt dużej ilości słodyczy, nie posiada cech patologicznych. Nie posiada ich również białkomocz przejściowy, który się pojawia u niektórych ludzi po zimnej kąpieli, dłuższym staniu na baczność i wysiłku fizycznym. Stałe zaś wydzielanie się białka z moczem spostrzega się zazwyczaj w chorobach nerek, aczkolwiek nie wszystkim sprawom nerkowym musi towarzyszyć białkomocz.

Wszystko to świadczy o płynności przejść od stanów fizjologicznych do patologicznych. Jako dalsze potwierdzenie tego mogą służyć sprawy stojące niejako na pograniczu pomiędzy zdrowiem a chorobą. Wystarczy, że wymienimy tutaj ząbkowanie, miesiączkowanie, ciążę, połóg, okres przekwitania, starość. Niekiedy objawy chorobowe są tak nieznaczne, iż trudno użyć wyrazu choroba; mówimy wtedy o niedyspozycji czy niedomaganiu.

ISTOTA CHOROBY

W poznawaniu istoty chorób na przestrzeni wieków szczególny rozgłos zyskały dwa kierunki.

Hipokrates i jego szkoła widzieli istotę spraw chorobowych w nieprawidłowym składzie soków ustrojowych czyli t. zw. dyskrazji. Nieodzownym warunkiem zdrowia musiał być właściwy stosunek wzajemny cieczy ustrojowych czyli eukrazja. Poglądy te, znane w medycynie pod nazwą patologii humoralnej, znacznie zmodyfikowane i uzupełnione, przetrwały do naszych czasów.

Kierunek drugi, również zapoczątkowany w czasach starożytnych, w przeciwieństwie do humoralizmu, oparł się na składnikach stałych ustroju czyli „atomach". Trwałe podstawy kierunek ten osiągnął jednak dopiero po odkryciu tych „atomów" w postaci komórek. Na tak przygotowanym terenie powstała w drugiej połowie ubiegłego stulecia patologia cellularna (komórkowa) Virchowa, znakomitego patologa niemieckiego.

Niewidoczna jeszcze do niedawna komórka awansowała do rozmiarów elementarnego ustroju. Wszelkie sprawy i stany chorobowe zostały sprowadzone do zmian, powstałych w chorobą dotkniętych komórkach i tkankach. Badania w tym kierunku były niezwykle owocne, gdyż ustalono podłoże morfologiczne dla wielu chorób, co przyczyniło się do lepszego ich poznania. Wobec triumfów patologii, jakie zawdzięczano anatomii patologicznej, tendencje humoralne w medycynie zamilkły.

Jednak z biegiem czasu stało się jasne, że nie wszystkie nadzieje, pokładane w tych badaniach, mogą być zrealizowane. Okazało się bowiem, że bynajmniej nie w każdym przypadku udaje się stwierdzić współzależność między zmianami histologicznymi*) danego narządu a jego zachowaniem się za życia. Niekiedy ujawnia się nawet wyraźna rozbieżność: duże zmiany pomimo dobrej funkcji i brak zmian, chociaż czynność narządu pozostawiała wiele do życzenia.

Jak wytłumaczyć te nieporozumienia? Pomijamy niedokładność naszych metod badania, zwłaszcza gdy chodzi nie tyle o zmiany strukturalne, ile o drobne odchylenia w chemizmie komórek. Błędem było niezawodnie nadanie komórkom praw jednostek autonomicznych. W rzeczywistości coraz bardziej uwydatnia się współzależność poszczególnych ugrupowań komórkowych. Toteż stan czynnościowy narządów jest uzależniony nie tylko od stanu jego komórek, lecz i od

*) Histologia — nauka o tkankach.

korelacji (współdziałania) z innymi elementami, przede wszystkim z układem nerwowym i gruczołami wydzielania wewnętrznego. Nierzadko tym właśnie czynnikom przypada w udziale znaczenie rozstrzygające, jak to przejawia się np. w nerwicach.

Nie ulega wątpliwości, że grupy komórek, nawet nie zmienionych w sposób widoczny, stanowią siedzibę choroby. Z drugiej strony nawet komórki istotnie zmienione nie mogą uchodzić za istotę choroby. Istota choroby może być zrozumiana tylko klinicznie, nie zaś anatomicznie. Dlatego też współczesną klinikę obchodzi przede wszystkim wydolność czynnościowa danego narządu, nie zawsze odpowiadająca obrazowi histologicznemu. Bieg myśli w kierunku fizjologicznym czyni lecznictwo bardziej aktywnym, gdyż lekarz nie czuje się tak skrępowany, nawet gdy nie ma wątpliwości co do istnienia zmian anatomicznych.

Coraz większą natomiast rolę w poznawaniu i rozpoznawaniu spraw chorobowych odgrywają badania biologiczne, chemiczne i fizyczne krwi, głównie zaś surowicy krwi. Liczba stosowanych odczynów, do których należą odczyny zlepne (Widal), strącające i inne*), stale wzrasta. Trzeba jednak przyznać, że stwierdzane przy ich pomocy zmiany humoralne są właściwie tylko odbiciem odmiennej czynności elementów komórkowych ustroju.

Poruszona już płynność przejść od stanu zdrowia do stanów choroby staje się możliwa dzięki dwóm właściwościom żywej materii: jej pobudliwości i zdolności przystosowania się do zmiennych warunków bytu. Gdyby nie te cechy, już błahe przyczyny pociągałyby za sobą poważne następstwa, a nawet zagładę ustroju.

Zdolność przystosowania się do różnych warunków zawdzięczamy siłom zapasowym ustroju. Wiemy przecież, że w warunkach zwykłych narządy nigdy nie pracują maksymalnie, ale w razie potrzeby praca ich może się zwiększyć wybitnie. Wynika z tego, iż rozporządzają one pewną energią zapasową. Przystosowanie się ustroju do wzmożonych potrzeb jest na razie czynnościowe: gdy w warunkach zwykłych pracuje tylko część komórek, tutaj powinność tę spełniają ze wzmożoną energią również pozostałe komórki. Jeżeli zaś wysiłek jest długotrwały, jak np. podczas ciężkiej pracy fizycznej, treningu i wyczynów sportowych, przystosowanie, na razie czynnościowe, staje się z biegiem czasu również przystosowaniem anatomicznym. Przeja-

*) Bliższe szczegóły na ten temat znajdzie czytelnik w jednym z dalszych tomów encyklopedii, w artykule o odporności w chorobach zakaźnych.

wia się ono w tym, że rozmiar elementów komórkowych, pracujących usilnie, powiększa się, w następstwie czego dochodzi do przerostu całego narządu lub jego części.

Przerost roboczy, umożliwiający pokonanie dużego wysiłku w warunkach fizjologicznych, staje się deską ratunku w stanach patologicznych. W wadach serca np. dzięki przerostowi odcinków serca, które zmuszone są pokonywać większe przeszkody, spowodowane wadą, czynność serca może się odbywać bez zarzutu. W razie konieczności usunięcia nerki, czynność nerki pozostałej wzmaga się, następuje jej przerost. Jak wiadomo, jedna nerka może w zupełności zaspokoić potrzeby ustroju. To samo odnosi się i do innego narządu parzystego — nadnerczy. Dzięki więc omawianej właściwości ustroju różne braki i niedociągnięcia ustroju mogą być wyrównane. Zjawisko to nosi nazwę k o m p e n s a c j i.

Sprawa przystosowania, na którą pierwszy zwrócił uwagę Darwin, jest czynnikiem tak ważkim, iż może stanowić kryterium w zagadnieniu choroby i zdrowia. Zdaniem wybitnych lekarzy-myślicieli, w ich liczbie i Biegańskiego, zdrowie ma być całkowitym przystosowaniem ustroju do otaczających go warunków zewnętrznych; brak przystosowania lub niedostateczne przystosowanie ustroju stanowi istotę choroby. Według słusznego poglądu Chałubińskiego, pomiędzy zdrowiem i chorobą zachodzą różnice nie jakościowe, lecz ilościowe. Z punktu widzenia teorii poznania choroba stanowi pojęcie abstrakcyjne czyli oderwane. Dlatego też nie leczy się choroby, ale chorych ludzi.

PRZEBIEG CHORÓB

Nie mówiąc o nieszczęśliwych przypadkach, początek chorób może być nagły, jak świadczy o tym np. porażenie połowicze wskutek pęknięcia naczynia krwionośnego mózgu albo pierwszy atak dusznicy bolesnej. Istotne podłoże tych chorób, jakim jest miażdżyca tętnic, rozwija się jednak w ciągu długiego okresu czasu. Wybuch choroby zakaźnej, jak to podkreśla użyty wyraz, sprawia zazwyczaj wrażenie czegoś nieoczekiwanego. Poprzedzający bowiem chorobę zakaźną okres wylęgania, niekiedy kilkotygodniowy, może upłynąć bez żadnych objawów.

Początek chorób przewlekłych, które w przeciwieństwie do chorób ostrych przeciągają się przez czas dłuższy, jest przeważnie nie tylko powolny, ale i utajony. Jest rzeczą niemożliwą ustalić np. ścisły początek niedokrwistości złośliwej, kamicy żółciowej, raka narządów wewnętrznych, gruźlicy płuc i wielu, wielu innych chorób.

Choroby ostre, z ostrymi chorobami zakaźnymi na czele, trwają stosunkowo krótko. Ich przebieg cechuje na ogół pewna prawidłowość: początkowo wzmożenie zaburzeń, po czym, gdy nasilenie choroby doszło do szczytu, okres względnej stałości, wreszcie, w razie wyzdrowienia, szybkie lub powolne ustąpienie zaburzeń. W przebiegu każdej choroby możliwe są komplikacje (powikłania), niekiedy cięższe, niż sama choroba. Swego rodzaju komplikację stanowi nawrót choroby w okresie zdrowienia czyli t. zw. recydywa.

Choroba ostra może przejść w chorobę przewlekłą, co na ogół nie jest zjawiskiem pomyślnym. Poza zejściem śmiertelnym w następstwie chorób, zarówno ostrych jak i przewlekłych, mogą powstać defekty, zniekształcenia i kalectwa, upośledzające czynność narządów w stopniu większym lub mniejszym.

Częste, aczkolwiek niepożądane zjawisko w przebiegu chorób — to t. zw. *circulus vitiosus* czyli błędne koło. Jest to swego rodzaju przystosowanie się ustroju do odmiennych warunków, lecz przystosowanie niekorzystne. Chodzi tutaj o zjawisko stałego wzajemnego oddziaływania schorzenia i wywołanych przez nie zaburzeń w kierunku potęgowania cierpienia. Niekiedy trudno wprost ustalić, co było przyczyną cierpienia, a co jest tylko jego następstwem. Nadczynność tarczycy pobudza układ nerwowy, a nadpobudliwość układu nerwowego pobudza tarczycę do wzmożonej czynności. Niewydolność serca upośledza czynność nerek, co znów odbija się ujemnie na stanie serca. Brak łaknienia — wczesny objaw niedoboru witaminowego — jeszcze bardziej ogranicza dowóz witamin.

Już najprostsze spostrzeżenia wykazują, jak dużą rolę w przebiegu spraw chorobowych, w zdrowieniu, odgrywają siły przyrody. Gdyby nie owa tajemnicza „*vis medicatrix naturae*" (siła lecznicza przyrody), rany np. nie ulegałyby gojeniu, co znów wykluczałoby możność dokonywania zabiegów chirurgicznych. Błahe nawet schorzenia sprowadzałyby zejście śmiertelne. Sama możliwość życia w tych warunkach byłaby problematyczna. O istnieniu siły leczniczej przyrody świadczy najlepiej ta okoliczność, że wiele chorób przechodzi bez wszelkiego leczenia, czemu w znacznym stopniu sprzyjają dobre warunki higieniczne. Już samo przebywanie w łóżku stanowi ważki czynnik zdrowienia.

Tym niemniej jakże często siły lecznicze przyrody — brzmi to paradoksalnie — okazują się bezsilne. Wyliczanie, zresztą trudno wykonalne, wszystkich zabiegów leczniczych, bez zastosowania których siły lecznicze przyrody zawodzą, w różnych dziedzinach medycyny

z chirurgią na czele, byłoby ponadto wyważaniem drzwi otwartych. Natomiast w chorobach, w których zwalczaniu wciąż jeszcze jesteśmy dość bezsilni, zwłaszcza w chorobach nieuleczalnych, na pomoc przyrody nie ma co liczyć.

Życie człowieka, w zależności od warunków bytowania, sprowadza się w większym lub mniejszym stopniu do walki z przyrodą. Nic więc dziwnego, że metody, jakimi posiłkuje się medycyna zwalczając choroby, nie zawsze przyrodę naśladują i wspomagają, ale się też przyrodzie przeciwstawiają.

O wpływie, wciąż jeszcze niedocenionym, czynników psychicznych na przebieg chorób będzie mowa dalej.

PRZYCZYNY CHORÓB

Skłonność do myślenia przyczynowego zawsze pobudzała umysł ludzki do zastanowienia się nad tym, jak powstają choroby i co jest ich przyczyną. W medycynie współczesnej zagadnienia te zajmują miejsce naczelne. Zrozumiałym jest bowiem, że im lepiej zostanie poznana przyczyna pewnego schorzenia, tym skuteczniej można będzie je zwalczać. Profilaktyka czyli zapobieganie chorobom stanowi bowiem ideał naszej wiedzy. Istnieje nawet dział patologii, którego odrębne zadanie stanowi badanie i ustalanie praw powstawania chorób i ich przebiegu. Mowa jest o t. zw. patologii ogólnej, utożsamianej częściowo z fizjologią chorego ustroju.

Badając przyczyny chorób ustalamy przede wszystkim bezpośrednie przyczyny schorzenia czyli jego e t i o l o g i ę. Ma to swoje znaczenie, ale tylko ograniczone. Dotrzeć bowiem do źródeł danego cierpienia można wtedy tylko, gdy się uwzględni wszystkie czynniki, jakie biorą udział w jego powstaniu. Należy przy tym wziąć pod uwagę, kiedy i w jakich warunkach dane cierpienie się rozwija, co sprzyja jego powstaniu itd. Cały ten kompleks zjawisk stanowi zadanie t. zw. p a t o g e n e z y.

Jest to zadanie niełatwe, gdyż „choroby, na które cierpimy, są równie niezliczone, jak i bez miary. Przyczyny ich, też niezliczone, należą do rzędu zjawisk naturalnych, istniejących stale dokoła nas. Wszystko, co nas otacza, jest groźbą dla człowieka: siły fizyczne, czynniki chemiczne, żywe istoty" (Nicolle). Tym niemniej w całym szeregu schorzeń ustalenie ich przyczyny nie przedstawia żadnej trudności.

Jeżeli ktoś zażył dużą dawkę morfiny, nie szukamy innych przyczyn poza widocznymi. Położenie zmienia się jednak, jeżeli dawka

jadu nie przekracza granic maksymalnych. Wtedy stopień zatrucia będzie zależny od stanu narządów wydzielania, od stopnia wrażliwości czy też przyzwyczajenia danego osobnika. W razie jego nadwrażliwości nastąpi ciężkie zatrucie pomimo nawet dobrego wydzielania się jadu przez nerki.

Jeszcze inny przykład z dziedziny chorób zakaźnych. Płatowe zapalenie płuc jest wywołane przez specjalny zarazek, t. zw. pneumokok, stwierdzany w plwocinie we wszystkich przypadkach. Zapalenie płuc często poprzedza przeziębienie, któremu znów sprzyja stan podchmielenia. Ze względu na obecność pneumokoka w jamie ustnej ludzi zupełnie zdrowych należy doszukiwać się wzmożonej wrażliwości ze strony płuc, aby pneumokok mógł się w nich rozwijać. Pewne znaczenie ma również wiek chorego. Pośród wszystkich wymienionych czynników, odgrywających rolę w patogenezie zapalenia płuc, żaden nie może uchodzić za jedyną przyczynę schorzenia. Może brakować tego lub owego czynnika, nieodzowna natomiast jest tylko obecność pneumokoka. Jednakże nawet współistnienie dwóch czynników, jak gdyby najważniejszych, pneumokoka i przeziębienia, niekoniecznie musi powodować zachorowanie. Mnogość przyczyn, jaka się tutaj zaznacza, oraz ich wzajemne zazębianie się są charakterystyczne dla bardzo wielu chorób.

Przyczyny wszystkich chorób, pomimo ich liczebności, dają się sprowadzić do dwóch podstawowych grup, jakimi są przyczyny natury wewnętrznej z jednej strony i zewnętrznej — z drugiej. Najczęściej zachodzą kombinacje jednych i drugich.

Przyczyny wewnętrzne

Dziedziczność

Przyczyny wewnętrzne chorób kojarzą się ściśle z zagadnieniem dziedziczności. Przez dziedziczność, która będzie omówiona w jednym z następnych tomów Encyklopedii, rozumie się zjawisko stałego biologicznego przekazywania cech rodzicielskich potomstwu. Ustalono szereg praw dziedziczności, których tutaj poruszać nie możemy. Nosicielami cech dziedziczności są t. zw. geny, znajdujące się w chromosomach jąder komórek płciowych rodziców. Zespół wszystkich cech odziedziczonych nazywamy genotypem. Wygląd zaś osobnika, czyli fenotyp, zależy z jednej strony od własności genotypowych danego ustroju, z drugiej zaś od zadziałania nań czynników zewnętrznych. Zamiast „fenotyp“ używa się też wyrazu „habitus“.

Elementarnym przejawem dziedziczności jest stale spostrzegane podobieństwo między rodzicami i dziećmi, co też stanowi ulubiony temat rozmów towarzyskich. Podobieństwo dotyczy nie tylko cech czysto zewnętrznych, jak wzrost i budowa ciała, ale i wyrazu twarzy, sposobu mówienia, poruszania się — cech o podłożu psychicznym. Zresztą, jak o tym jeszcze będzie mowa, między budową ciała a psychiką zaznacza się pewna współzależność. Dziedziczność przejawia się również w budowie narządów wewnętrznych, ich stanie czynnościowym, w większej lub mniejszej odporności ustroju i zdolności reagowania na różne bodźce.

Całe bogactwo przejawów dziedziczności wykazują zwłaszcza badania nad bliźniętami. Odróżniamy bliźnięta jednojajowe, pochodzące z podziału jednego zapłodnionego jaja na dwie samodzielne części, oraz bliźnięta dwujajowe, powstałe wskutek jednoczesnego zapłodnienia dwu jaj. Gdy bliźnięta dwujajowe zasadniczo nie różnią się od zwykłego rodzeństwa, mogą zatem być różnej płci i nie odznaczać się podobieństwem, bliźnięta jednojajowe, jako przedstawiciele wspólnego genotypu, wykazują te same cechy, są zawsze jednej płci i są do złudzenia do siebie podobne. Ta ostatnia okoliczność, nawiasem mówiąc, przysparza niekiedy obu partnerom bliźniaczym sporo nieporozumień, a nawet przykrości. Nie zadziwi też nas, że taka zbieżność cech zarówno cielesnych, jak i psychicznych, uwarunkowana genetycznie, powoduje wielkie podobieństwo losów bliźniąt jednojajowych.

Bliźnięta jednojajowe. Nawet kształt małżowiny usznej jest jednakowy.

Jakaż jest rola dziedziczności w powstawaniu chorób? Mylne byłoby przypuszczenie, że choroby jako takie są przekazywane dziedzicznie. Poza różnymi wadami dziedziczy się tylko skłonność do pewnych chorób, tak samo jak dziedziczy się zdolności do matematyki, ale nie samą matematykę jako wiedzę. Toteż w razie odziedziczonej skłonności do zaburzeń przemiany materii lub schorzeń psychicznych, postacie kliniczne tych schorzeń u dzieci i rodziców mogą być różne. Niewątpliwie istnieje dziedziczna skłonność do chorób zakaźnych, ale nie znamy dziedzicznych chorób zakaźnych. Gdyby nawet komórki płciowe, zakażone jakimś zarazkiem, nawet przesączalnym, były w stanie powołać do życia nowe ustroje, chodziłoby o zakażenie *(zakażenie germinatywne)*, nigdy zaś o dziedziczenie.

Jako klasyczne przykłady przekazywania potomstwu pewnych właściwości patologicznych przytacza się od dawna: daltonizm czyli ślepotę na pewne barwy oraz krwawiączkę *(haemofilia)*, schorzenie charakteryzujące się upośledzeniem krzepliwości krwi.

Zarówno krwawiączka, jak i daltonizm objawiają się niemal wyłącznie u płci męskiej. Nigdy nie są one jednak przekazywane z ojca na syna, lecz tylko na wnuków lub prawnuków. Dzieje się to za pośrednictwem córek lub wnuczek, u których daltonizm czy krwawiączka pozostają w stanie utajenia. Tłumaczy się to tym, iż wady te są sprzęgnięte z t. zw. chromosomem płciowym, przez ojca przekazywanym wyłącznie córkom, które następnie mogą go przekazywać zarówno synom, jak i córkom. Szerzeniu się krwawiączki może zapobiec tylko wyrzeczenie się potomstwa przez córki chorych ojców, co też niejednokrotnie miało miejsce.

W podobny sposób mogą się dziedziczyć jeszcze inne sprawy, m. in. i krótkowzroczność, która przejawia się niekiedy u babki i wnuczki. Dziedziczenie pewnych cech po dziadkach i pradziadkach jest dość częstym zjawiskiem.

Niesposób wyliczyć wszystkich spraw, w których powstawaniu dziedziczność odgrywa większą lub mniejszą rolę. Ograniczymy się do najistotniejszych, operując głównie materiałem bliźnięcym, jako najbardziej przejrzystym i przekonywującym zarazem. Otóż zbieżność matołectwa u bliźniąt jednojajowych wynosi aż 88%, u dwujajowych tylko 7%. A więc na 100 par bliźniąt jednojajowych, w razie wystąpienia matołectwa u jednego partnera, w 88 przypadkach występuje ono również u drugiego. Zbieżność schizofrenii, ciężkiego zboczenia umysłowego, u bliźniąt jednojajowych równa się 75%. U bliźniąt dwujajowych natomiast zbieżności tego cierpienia dotychczas w ogóle nie stwierdzono, czyli w razie zachorowania jednego bliźnięcia drugie pozostaje zdrowe.

O roli dziedziczności w chorobach przemiany materii jeszcze będzie mowa. Na razie warto zaznaczyć, że o ile cukrzyca występuje u obu bliźniąt, to w 80% przypadków chodzi o bliźnięta jednojajowe; zbieżność cukrzycy u bliźniąt dwujajowych wynosi tylko 20%.

Na uwagę zasługuje stała zbieżność zaburzeń miarowości serca w postaci skurczów dodatkowych i częstoskurczu napadowego u bliźniąt jednojajowych, rozbieżność zaś u dwujajowych. Różnice w ciśnieniu krwi, mniej znaczne u bliźniąt jednojajowych, z wiekiem jeszcze się zmniejszają, w przeciwieństwie do bliźniąt dwujajowych.

Czy istnieje skłonność do gruźlicy, przekazywana dziedzicznie? Jest to jedno z najtrudniejszych zagadnień wobec dużego rozpow-

szechnienia tej choroby oraz splotu zjawisk zasadniczych (prątek Kocha!) i ubocznych w jej powstawaniu. Badania nad bliźniętami rzuciły dużo światła na te sprawy. Okazało się bowiem, że wśród bliźniąt jednojajowych w stosunku do gruźlicy góruje znacznie zbieżność (69%), u dwujajowych — rozbieżność (74%). Jak widać, odsetek tej rozbieżności przewyższa nawet odsetek zbieżności u jednojajowych. Z drugiej strony, jednakowe zachowanie się wobec gruźlicy, pomimo różnych warunków zewnętrznych, spotykamy prawie że wyłącznie u bliźniąt jednojajowych. Odwrotnie, różne zachowanie się w stosunku do gruźlicy, pomimo jednakowych warunków zewnętrznych, cechuje przeważnie bliźnięta dwujajowe. Różnice te są tak wielkie, że świadczą wymownie o rozstrzygającym znaczeniu dziedziczności dla powstawania gruźlicy.

U bliźniąt jednojajowych podobieństwo sprawy chorobowej niekiedy nawet w szczegółach jest uderzające. Spostrzegano np. u obu bliźniąt w tym samym czasie gruźlicę kości piętowej albo gruźlicę obu nerek. Są to zbyt rzadko spotykane umiejscowienia, aby zbieżność procesu gruźliczego uważać za rzecz przypadkową. Jako swego rodzaju curiosum brzmi następujący przypadek choroby wrzodowej: obydwaj bracia od dzieciństwa chorowali na żołądek, u obydwu w 37 roku życia nastąpiło pęknięcie wrzodu okrągłego o jednakowym umiejscowieniu; wskutek różnych dolegliwości po zeszyciu trzeba było dokonać wycięcia obu żołądków, po czym dopiero u obydwu braci zaznaczyła się poprawa.

Konstytucja ustroju

Wyrazem dalszej rozbudowy zagadnienia dziedziczności jako czynnika patogenetycznego jest pojęcie konstytucjonalizmu. Przez konstytucję ustroju rozumie się zespół wszystkich własności odziedziczonych, zarówno anatomicznych, jak i czynnościowych, czyli t. zw. genotyp. Zbędnym jest chyba podkreślenie, że zawiązki konstytucji ustroju zostają ustalone w chwili połączenia jaja z plemnikiem. Wszystkie czynniki późniejsze, nawet jeszcze w okresie życia płodowego, nie wywierają już wpływu na konstytucję, lecz tylko na sam ustrój.

Konstytucja ustroju jest zatem czymś stałym, niezmiennym, tak jak zasadniczo czymś ustalonym i niezmiennym jest mechanizm czy też konstrukcja jakiejś maszyny. Wiadomo, że porównanie żywego ustroju z maszyną jest bardzo względne i że obok istotnego podobieństwa istnieją i zasadnicze różnice. Gdy więc konstrukcję maszyny, nie

mówiąc już o inżynierze, który ją zbudował, można poznać dokładnie, samo pojęcie konstytucji taką możliwość wyklucza. Większość cech konstytucjonalnych znajduje się bowiem w stanie utajonym i występuje dopiero wskutek działania pewnych bodźców lub też w miarę rozwoju osobnika. Sprawę komplikuje jeszcze okoliczność, iż w przeciwstawieniu do maszyn, zwłaszcza wyrabianych seryjnie, nie ma na świecie dwóch ustrojów tożsamych. Ściśle biorąc, istnieje tyle konstytucji, co ludzi.

Również pod względem podobieństwa zewnętrznego nie ma na świecie dwóch jednakowych ludzi. Wyjątek stanowią tylko bliźnięta jednojajowe — najlepszy dowód współzależności między konstytucją a wyglądem zewnętrznym. Lecz nawet w tym idealnym przypadku występują niekiedy różnice. Są one spowodowane zadziałaniem czynników zewnętrznych, zwanych kondycjonalnymi czyli warunkowymi. Czynniki te mogą przejawiać się już w życiu płodowym w postaci niejednakowego położenia obu bliźniąt w macicy, co zwykle pociąga za sobą lekkie odchylenia w budowie czaszek.

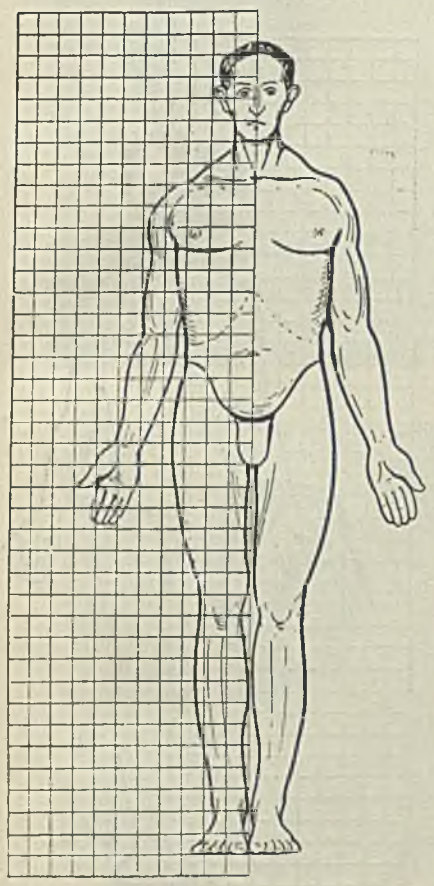
Zespół wszystkich własności indywidualnych jest zatem wynikiem zadziałania zarówno czynników konstytucjonalnych (wewnętrznych), jak i czynników kondycjonalnych (zewnętrznych). Pamiętać przy tym należy, że oba rodzaje czynników stale wzajemnie się zazębiają. Toteż rozwój cech konstytucjonalnych, widocznych i utajonych, uzależniony jest w wysokim stopniu od czynników kondycjonalnych; lecz zakres zadziałania tych czynników na ogół nie przekracza możliwości konstytucjonalnych danego ustroju. Gdy więc chodzi o ustrój niezdolny do odczynów, koniecznych do przywrócenia zdrowia, gdy wszelkie bodźce zawodzą, to jest to wina danej konstytucji i na to, niestety, nie ma rady. W tych warunkach medycyna staje się bezsilna.

Wśród bogactwa cech, zarówno cielesnych jak i psychicznych, normalnych czy patologicznych wyłoniły się z biegiem czasu pewne częściej spotykane zespoły. Tworzą one t. zw. typy konstytucjonalne. Według klasyfikacji francuskiej odróżniamy pod względem budowy ciała cztery podstawowe typy: oddechowy, trawienny, mięśniowy i mózgowy.

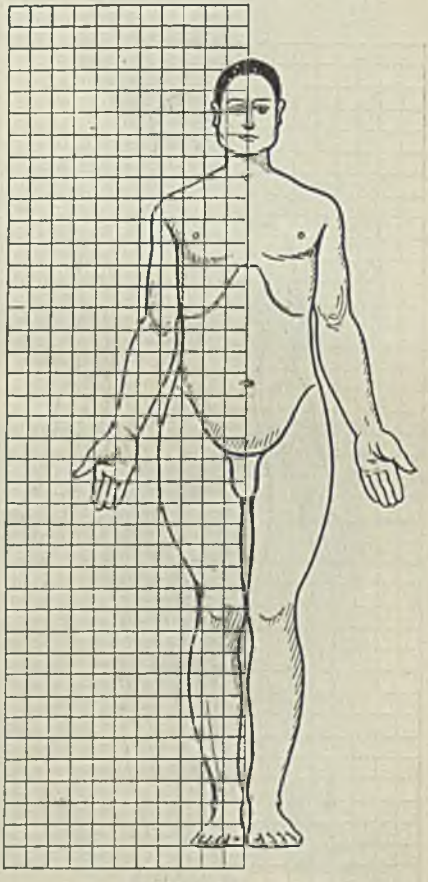
Typ oddechowy charakteryzuje silnie rozwinięta, długa i szeroka klatka piersiowa (duża pojemność płuc). Łuk żebrowy sięga nisko, kąt międzyżebrowy ostry; szyja długa; brzuch mały; zatoki czołowe i szczękowe szerokie, co nadaje twarzy układ sześcioboczny; nos duży, przewaga średniego odcinka twarzy. Typ oddechowy spo-

tykamy przeważnie u narodów koczujących, mieszkańców gór i u rasy semickiej. Wśród ludności miejskiej wynosi on około 18%.

Typ trawienny. Stosunek klatki piersiowej do brzucha jest tutaj odwrotny: klatka piersiowa bardzo krótka, brzuch silnie rozwinięty. Kąt międzyżebrowy rozwarty; szyja krótka; przeważa dolny odcinek twarzy, szczególnie uwydatnia się żuchwa; wargi grube,



Typ oddechowy.



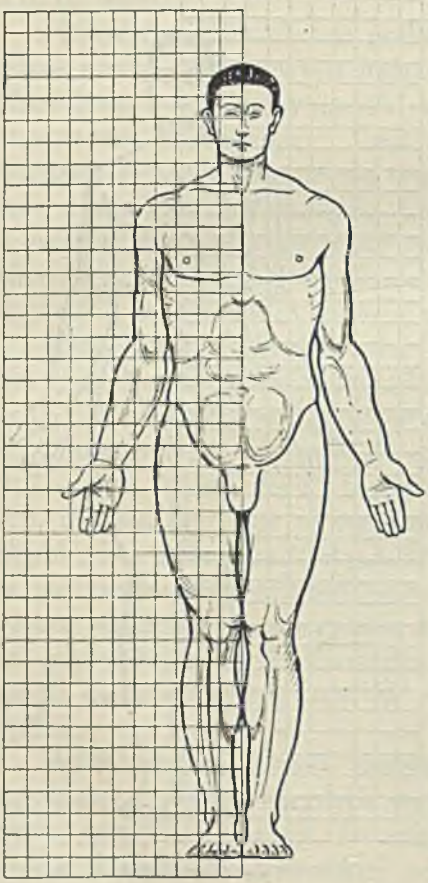
Typ trawienny.

uzębienie silne; znaczny rozwój tkanki tłuszczowej w okolicy brzucha i powiek. Głowa ma kształt piramidy, zwróconej podstawą do dołu. Brzeg włosów w postaci łuku. Typ ten przeważa u Eskimosów, w Europie spotyka się rzadko i wynosi mniej więcej 4 procent.

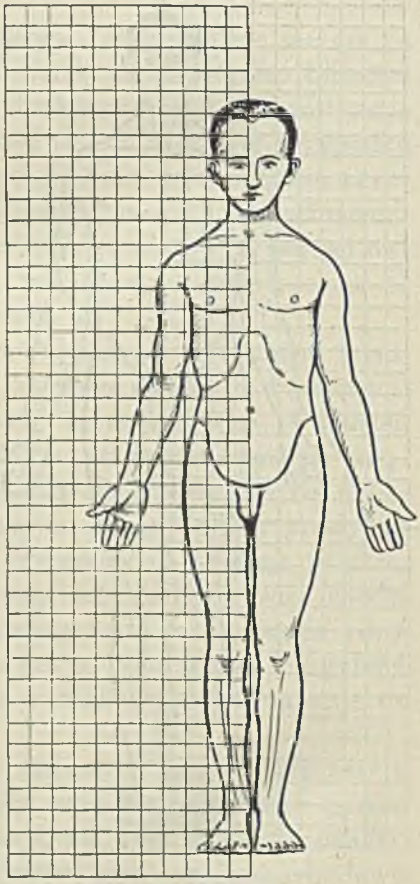
Typ mięśniowy cechuje pewna harmonia kształtów, proporcjonalny stosunek między klatką piersiową a jamą brzuszną.

Umięśnienie wybitne; prawidłowy, nieco kwadratowy układ twarzy; zarost obfity, brzeg włosów w postaci linii prostej. Typ mięśniowy odpowiada typowi piękna greckiego. Spotykamy go wśród atletów i dość często wśród przestępców. Typ ten wynosi około 9%.

Typ mózgowy. Jest to typ inteligenta. Charakteryzują go: duża głowa o kształcie piramidy, zwróconej podstawą do góry; czo-



Typ mięśniowy.

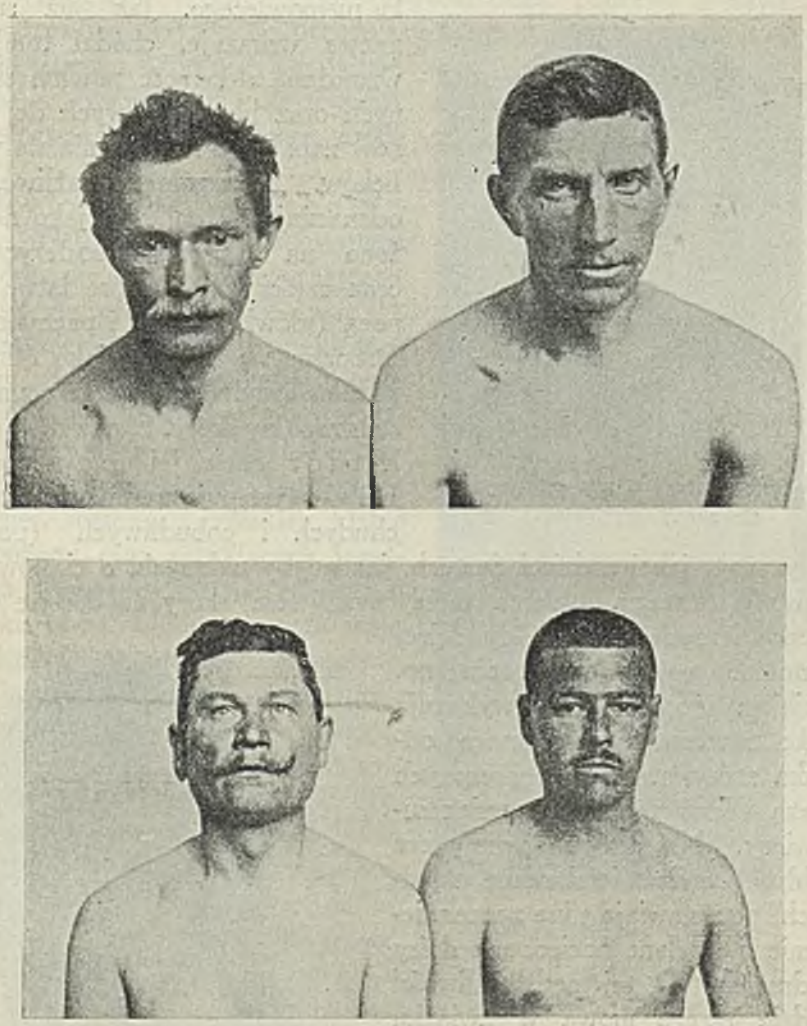


Typ mózgowy.

ło przeważa nad innymi odcinkami twarzy; oczy duże, bystre; zacięcie włosów głębokie; rozwój mięśniowy słaby, kończyny krótkie. Czysty typ mózgowy wynosi około 4%.

Typy powyższe cechuje skłonność do schorzeń tych narządów, które się wyróżniają swym rozwojem i nadają typom właściwe piętno. Jednak typy czyste widzi się rzadko, zwłaszcza typy tak przeciw-

stawne, jak trawienny i mózgowy. Najczęściej spotykamy typy mieszane: oddechowy z mózgowym i trawienny z mięśniowym. Obecnie



Budowa twarzy typów: mózgowego i oddechowego (u góry), trawiennego i mięśniowego (u dołu).

przyjął się podział Kretschmera na typy: pykniczny, leptosomiczny i atletyczny, który też uwzględnimy.

Konstytucje patologiczne

Szczególnie duże znaczenie posiadają konstytucje patologiczne, zwane też skazami. W zależności od charakteru skazy usposabiają one do pewnych schorzeń. Sama skaza jako taka jeszcze nie jest chorobą.

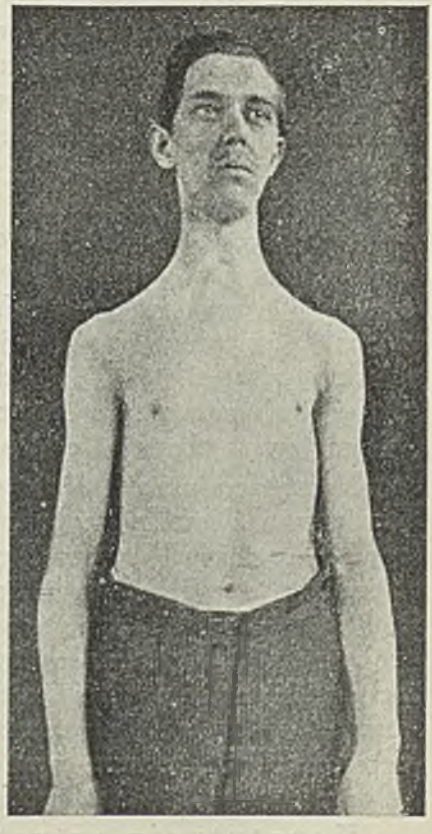
Zaznajomienie się ze skazami rozpoczynamy od skazy wysiękowej *(diathesis exudativa)*. Jest ona typowa dla wieku niemowlęcego. Jak już sama nazwa wskazuje, chodzi tutaj o wzmożoną skłonność powłok skórnych oraz błon śluzowych do stanów zapalnych i tworzenia się wysięków. Szczególną wrażliwością odznaczają się policzki, jako narażone na wpływy atmosferyczne, oraz części ciała, które łatwo się pocą (główka, pachy i pachwiny). Drapanie się dziecka, jako odruch na silne swędzenie, jeszcze wzmaga stan zapalny skóry. Skaza ta — o gnipiór brzmi jej nazwa pospolita — występuje zarówno u dzieci chudych i pobudliwych (postać eretyczna), jak i u dzieci tłustych, jak gdyby nalanych, o ciastowatej spoistości tłuszczu. Uderza duża wrażliwość skóry na bodźce chemiczne i mechaniczne. Gdy dzieci normalne po posmarowaniu np. olejkiem gorczycznym wykazują tylko zaczerwienienie danego odcinka skóry, u dzieci obarczonych skazą widać nacieki i wysięk surowiczy. Nawet ukąszenia przez pchły, prawie niewidoczne u jednych, pozostawiają silne zaczerwienienie i rozlane nacieczenie skóry u drugich. O tej nadwrażliwości będzie jeszcze mowa w związku ze zjawiskiem idiosynkrazji i alergii. Poza tym ujawnia się u takich dzieci skłonność do nieżytów dróg oddechowych, do astmy oskrzelowej. Notowano też nagłe zejścia śmiertelne w przebiegu ostrych chorób zakaźnych.

Wyprysk twarzy, t. zw. ognipiór, na tle skazy wysiękowej.

Wyprysk owłosionej części główki na tle skazy wysiękowej.

Wielce charakterystyczne dla skazy wysiękowej są zaburzenia gospodarki wodnej. Poziom wody ulega częstym i nagłym wahaniom,

przeważa jednak zatrzymanie wody w ustroju, zwłaszcza u dzieci tłustych. Toteż odwodnienie ustroju w następstwie ograniczenia płynów, nie wyłączając mleka, zwykle przynosi dużą poprawę a nawet zupełnie usuwa przykre i szpecące przejawy skazy wysiękowej. Z wiekiem dziecka natężenie ich słabnie. Skazie wysiękowej towarzyszy wzmożona odporność wobec gruźlicy.



Konstytucja asteniczna.

Konstytucja asteniczna. Patologiczną tę konstytucję spotyka się często. Rozpoznaje się ją już na pierwszy rzut oka, tak charakterystyczna jest budowa tego typu. Są to ludzie chudzi, wzrostu częściej wysokiego lub średniego, trzymający się pochyło, o długiej szyi i obwisłych barkach, o długiej, wąskiej i płaskiej klatce piersiowej oraz odstających łopatkach. Kończyny długie, zazwyczaj płaska stopa. Uderza jeszcze wąskość miednicy kobiecej. Ze względu na infantylizm (niedorozwój) narządów płciowych kobieta asteniczna jest jakby przedstawicielką t. zw. trzeciej płci. Budowa kośćca asteników jest na ogół delikatna. Również mięśnie są słabo rozwinięte, wiotkie, czego przejawem jest m. in. obwisły brzuch. Atonii mięśni szkieletowych towarzyszy zwykle ogólna atonia mięśni gładkich takich narządów, jak: żołądek, jelita, pęcherzyk żółciowy, pęcherz moczowy i macica.

Niezwykle liczne odchylenia w stanie narządów wewnętrznych spowodowane są głównie upośledzeniem tkanki łącznej, a zatem i aparatu więzadłowego. Wskutek tego dochodzi do opuszczenia trzew, zwłaszcza żołądka, jelit i nerek. Utrudnia to pracę tych narządów, do czego jeszcze się przyłącza upośledzenie krwiobiegu, spowodowane zbyt małym, zwisającym sercem, zwanym kropelkowatym. Zwłaszcza utrudnione jest opróżnianie prawej komory serca wskutek osłabionych ruchów oddechowych klatki piersiowej. Toteż opuszcze-

nie żołądka i jelit, ich atonia oraz wadliwe krążenie krwi powodują zaburzenia trawienne oraz uporczywe zaparcia, co jest znów przyczyną wielu niedomagań i wpływa ujemnie na samopoczucie. Stosunkowo często rozwija się na podłożu konstytucji astenicznej wrzód okrągły. Ruchomość nerki usposabia do białkomoczu konstytucjonalnego. W związku z upośledzeniem krwiobiegu uderza bladość skóry asteników, nie mająca nic wspólnego z niedokrwistością.

Nic więc dziwnego, że w związku z tak licznymi niedomaganiami i skargami konstytucja asteniczna usposabia wybitnie do nerwic różnych narządów i neurastenii. Nie usposabia natomiast do chorób przemiany materii, zwłaszcza do dny, jako też do miażdżycy naczyń krwionośnych. Dawniej konstytucję asteniczną kojarzono z wybitną skłonnością do gruźlicy płuc; nawet utożsamiano ją z konstytucją gruźliczą. Dziś wiemy, że konstytucja asteniczna nie jest zjawiskiem jednolitym*), że oprócz wzmożonej wrażliwości na gruźlicę u jednych cechuje ją również wzmożona odporność u innych. Astenik czy też asteniczka nie muszą zatem chorować na gruźlicę; jeżeli zaś zachorowali, nie muszą chorować ciężko.

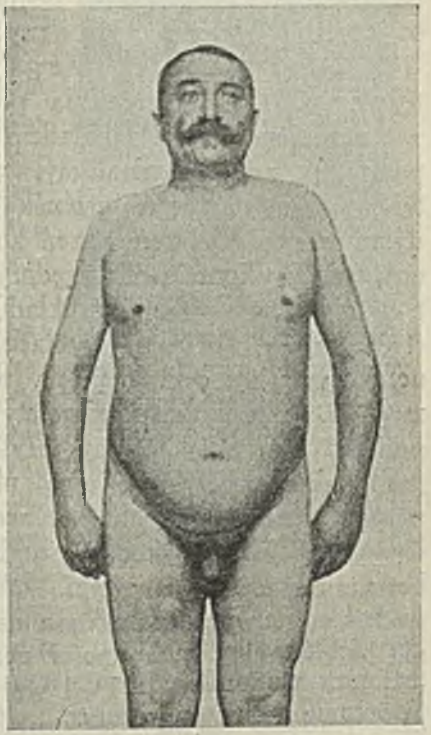
Konstytucja asteniczna może służyć jako wymowny dowód, że człowiek wciąż jeszcze nie przystosował się do pionowego ustawienia tułowia. Wzmożonej w pozycji pionowej pracy serca nie zawsze może podołać serce małe i zwisające, o czym między innymi świadczą żylaki odbytnicy i kończyn dolnych. Praca zawodowa w pozycji stojącej jeszcze pogarsza ten stan rzeczy. Przeciążenie kończyn dolnych pociąga za sobą osłabienie więzadeł i płaską stopę. Przystosowanie się natomiast, w następstwie pionowego ustawienia tułowia, mięśni dna miednicy do ciężaru trzew czyni poród u człowieka, w przeciwstawieniu do czworonożnych, tak ciężkim.

K o n s t y t u c j a a r t r e t y c z n a. Jest ona jak gdyby przeciwstawieniem konstytucji astenicznej zarówno pod względem budowy, jak i skłonności do chorób. Zewnętrznie typ artretyczny jest zbliżony do typu mięśniowego i trawiennego: krótka szyja, wysokie barki, okrągła, beczkowata klatka piersiowa, duża jama brzuszna, krótkie kończyny. Na ogół więc budowa barczysta, ociężała, niezdarna; jeżeli do sylwetki tej jeszcze dojdzie okrągła czaszka, będziemy mieli typ p y k n i k a.

Skaza artretyczna wykazuje wybitną skłonność do chorób prze-

*) Typ wąskopiersny, poza tym jednak wolny od cech patologicznych, został nazwany typem l e p t o s o m i c z n y m.

miany materii, jak dna czyli artretyzm, otyłość i cukrzyca. Sprawy te do tego stopnia kojarzą się z pewnym podłożem ustrojowym, iż występując głównie w rodzinach obarczonych dziedzicznie zyskały opinię chorób konstytucjonalnych. Ich tło bezpośrednie stanowią zaburzenia gruczołów dokrewnych, zwłaszcza jeżeli chodzi o cukrzycę i otyłość. Poza tym artretycy skłonni są do kamicy wątrobowej i żółciowej, miażdżycy, niektórych schorzeń skóry i neuralgii.



Konstytucja artretyczna, względnie pykniczna.

Ponieważ miażdżyca przyczynia się do pęknięć naczyń krwionośnych i wylewów krwawych domózgowych, konstytucję artretyczną nazywano ongiś konstytucją apoplektyczną. Z pojęciem tym kojarzy się stan pełnokrwistości, istotnie dość charakterystyczny dla konstytucji artretycznej, jak można o tym sądzić na podstawie wyglądu zewnętrznego, tak odbiegającego od bladości astenicznej.

Z odrębną budową ciała kojarzy się też odrębny stosunek do gruźlicy: mniejszą skłonność do gruźlicy wykazuje budowa pykniczna, większą — asteniczna. Największą odporność względem gruźlicy bezsprzecznie wykazują artretycy: w razie choroby jej przebieg jest wyjątkowo dobrotliwy. Kamica żółciowa prawie że wyklucza gruźlicę. Natomiast otyłość bynajmniej nie chroni przed gruźlicą. Ma ona wtedy przebieg przewlekły, zwykle bez gorączki, jednak ze skłonnością do rozpadu tkanki płucnej. Najniepomyślniej przedstawiało się powikłanie cukrzycy gruźlicą, dopóki nieznane były nowoczesne metody rozpoznawania tych chorób i ich leczenia. Różne ustosunkowanie się do gruźlicy spraw chorobowych powstałych na gruncie wspólnej konstytucji świadczy, iż konstytucja artretyczna, pomijając inne jeszcze względy, nie jest pojęciem tak jednolitym, jak sądzono pierwotnie.

Konstytucje, z którymi zaznajomiliśmy się dotychczas, oparte są

przede wszystkim na właściwościach anatomicznych ustroju. Zaburzenia czynnościowe, im towarzyszące, stanowią raczej zjawisko wtórne. Wobec dużego znaczenia, jak o tym już była mowa, stanu czynnościowego poszczególnych narządów, w klasyfikacji konstytucji uwzględniono jako podstawę również pierwiastek czynnościowy. Konstytucje czynnościowe obejmują przy tym zarówno zaburzenia somatyczne (cielesne), jak i psychiczne.

Konstytucja wegetatywna czyli neuropatyczna. Dla zrozumienia poruszanych tutaj spraw nieodzowne jest zaznajomienie się z układem nerwowym w tymże tomie Encyklopedii. Jak już wspominaliśmy, gruczoły dokrewne, wywierając potężny wpływ na rozwój osobnika zarówno fizyczny, jak i psychiczny, stanowią poniekąd sam rdzeń konstytucji. Stała i ścisła współzależność między hormonami z jednej strony, a nerwami wegetatywnymi z drugiej, czyni również z układu wegetatywnego ważki czynnik konstytucjonalny. Głównym wykładnikiem somatycznych zaburzeń czynnościowych jest stan napięcia autonomicznego układu nerwowego, zwanego też układem wegetatywnym. Nerwy współczulny *(sympaticus)* i przywspółczulny czyli błędny *(parasympaticus* czyli *vagus)*, składowe części tego układu, regulują pracę wszystkich narządów wewnętrznych bez współudziału woli i świadomości. Podlegają one jednak ośrodkom nadrzędnym, znajdującym się w ośrodkowym układzie nerwowym. Układ wegetatywny jest poniekąd pośrednikiem między psychiką a narządami ciała. Jak wykazały badania lat ostatnich, w czynności nerwów wegetatywnych bierze udział pierwiastek humoralny. Pod wpływem bowiem podrażnień, z zakończeń zarówno nerwu współczulnego, jak i błędnego wydzielają się swoiste dla tych nerwów ciała o charakterze adrenaliny i acetylcholiny, które powodują już właściwe dla danych nerwów działanie.

Odchylenia w napięciu nerwów wegetatywnych są częstym zjawiskim patologicznym, powodującym niekiedy znaczne dolegliwości. Przed laty łudzono się, iż istnieją ludzie z wyłączną przewagą napięcia nerwu współczulnego lub przywspółczulnego. Pierwszych nazywano sympatikotonikami, drugich wagotonikami. Z biegiem czasu przekonano się jednak, iż stanów wyłącznej sympatikotonii lub wagotonii nie spotyka się, gdyż zazwyczaj przewadze jednego z tych nerwów towarzyszy, w różnych odcinkach ustroju, przewaga również drugiego. Najczęściej zaś oba układy znajdują się w stanie równowagi chwiejnej. Sytuację wikła jeszcze ta okoliczność, że przeciwstawne działanie obu układów w różnych narządach może być wręcz odmienne. Wzmożonemu napięciu nerwu współczulnego

może towarzyszyć zarówno przyśpieszenie akcji serca, odczuwane w postaci bicia serca, jak i zwolnienie ruchu robaczkowego jelit, co znów sprowadzić może zaparcie. Z drugiej strony, w następstwie silnego napięcia nerwu błędnego czynność serca zostaje zwolniona; występuje rzadkoskurcz, spostrzegany m. in. w guzach mózgu, w żółtaczce zastoinowej, jak też i u sportowców. O ile nerw błędny sprzyja perystaltyce*) jelit, o tyle nadmierne napięcie tego nerwu powoduje stan skurczowy jelit, a w wyniku tego stanu — zaparcie spastyczne (skurczowe). Leczyć je należy nie środkami czyszczącymi, lecz usuwającymi skurcz.

Konstytucja neuropatyczna.

Serce i jelita, oba te narządy, będąc poniekąd najczulszym barometrem napięcia układu wegetatywnego, najczęściej ulegają zaburzeniom na tle konstytucji wegetatywnej. Ciężkie zaburzenia miarowości serca, powodujące poważne dolegliwości, mogą być pochodzenia wyłącznie czynnościowego, przy czym w ich powstawaniu winę ponosi bądź jeden, bądź drugi nerw. W patogenezie pewnej postaci dusznicy bolesnej odgrywa rolę przejściowe niedokrwienie mięśnia sercowego, spowodowane nagłym zwężeniem tętnic wieńcowych serca. Trzeba sobie przy tym uświadomić, że tętnice sercowe kurczą się w następstwie podrażnienia nerwu błędnego, a rozszerzają pod wpływem bodźców pobudzających nerw współczulny, jak np. adrenalina. Tymczasem zachowanie się naczyń na całym pozostałym obszarze układu krwionośnego w tychże warunkach jest wręcz odmienne. Toteż zwężenie naczyń, w następstwie nadmiernej produkcji adrenaliny lub podrażnienia nerwu współczulnego inną drogą, wzmaga, wskutek wzrostu oporów, ciśnienie krwi oraz pracę serca. Z drugiej strony zbyt silne zwężenie tętnic, zwłaszcza kończyn dolnych, może spowodować ich niedokrwienie, niedożywienie i wreszcie zgorzel.

Jeżeli chodzi o drogi oddechowe, to w patogenezie astmy oskrzelowej, do której jeszcze powrócimy, wagotonia niezawodnie odgrywa dużą rolę. Wywołuje ona bowiem podczas napadu astmy skurcz drob-

*) Perystaltyka — ruch robaczkowy.

nych oskrzeli, co tak utrudnia choremu wydech. Okoliczność, że już w warunkach zwykłych napięcie nerwu błędnego wzmaga się ku wieczorowi i przeważa w nocy — nerw błędny jest nerwem snu — tłumaczyłaby m. in. częstość napadów astmy oskrzelowej w porze nocnej. Wszystko też, co osłabia napięcie nerwu błędnego, zwłaszcza zaś wzmaga napięcie nerwu współczulnego, łagodzi przejawy tej przykrej choroby.

Omawiając udział konstytucji wegetatywnej w powstawaniu różnych cierpień, nie można pominąć dalekosiężnych zaburzeń czynnościowych gruczołów dokrewnych. Ograniczymy się jednak do kilku zaledwie faktów. Wzmożenie napięcia nerwu współczulnego może spowodować nadmierną czynność zarówno tarczycy (chorobę Basedowa), jak i substancji rdzeniowej nadnerczy, wytwarzającej adrenalinę. W następstwie tego stanu rzeczy napięcie nerwu współczulnego wzrasta jeszcze bardziej, wzmaga się przemiana materii, co powoduje wychudnięcie; poziom cukru we krwi podnosi się, wobec czego może dojść do cukromoczu; następuje zakwaszenie i odwodnienie ustroju. O przyśpieszeniu akcji serca i podniesieniu ciśnienia krwi w tych warunkach już była mowa. Wręcz odmienny obraz otrzymujemy w następstwie wzmożenia napięcia nerwu błędnego. Czynność tarczycy i nadnercza zostaje zahamowana, zahamowane zaś poprzednio wydzielanie hormonu trzustki — insuliny, wzmożone. W związku z tym nasilenie przemiany słabnie (człowiek tyje), poziom cukru we krwi spada, co powoduje uczucie osłabienia i niepokoju; magazynowanie wody w ustroju, zwolnienie tętna i spadek ciśnienia krwi uzupełniają ten obraz.

Zaburzenia układu wegetatywnego, wobec jego dużego zasięgu, powodują różnorakie dolegliwości. Oddziaływując na psychikę, upośledzają one samopoczucie, co, jak w błędnym kole, wpływa znów ujemnie na same dolegliwości. Ze względu na wybitną przewagę pierwiastka nerwowego w tych sprawach konstytucję wegetatywną utożsamiamy poniekąd z konstytucją neuropatyczną.

Konstytucje psychiczne i psychopatyczne. Jak wiadomo, Hipokrates odróżniał cztery typy psychiczne. Cholerycy (od *chole* — żółć) — to wybuchowi, łatwo dający się wyprowadzić z równowagi, nie panujący nad sobą w chwilach uniesienia. Ich reakcja jest niewspółmierna z bodźcem. Sangwinicy (od *sanguis* — krew) są mniej popędliwi, aczkolwiek żywi, uczuciowi, czynni. Są zwykle weseli i zadowoleni. Flegmatycy (od *flegma* — śluz) są mało pobudliwi, bardzo opanowani, zrównoważeni, niekiedy tylko

pozornie ociężali i powolni. Z zimną krwią potrafią czasem zdziałać więcej, niż sangwinicy. Melancholików (od *melas chole* — czarna żółć czyli ciemna krew żylna) cechuje apatia i mała ruchliwość. Nastrój przygnębienia może się przenieść w niechęć do życia.

Pośród wymienionych typów najbardziej zbliżone do normy są typy: sangwiniczny i flegmatyczny. Do sangwiników należą przeważnie narody południa, do flegmatyków — północy. Polacy zajmują miejsce pośrednie. Podział powyższy, nie mówiąc już o nierealnych założeniach, nie uwzględnia wielu cech istotnych charakteru. Znamy np. ludzi spokojnych, którzy jednak mogą reagować bardzo silnie.

Już powszednia fizjonomistyka daje liczne dowody, że o właściwościach charakteru człowieka, i nie tylko człowieka, mówi jego oblicze. Niezliczone zwroty mowy potocznej, w których wyraża się mądrość ludu, brzmią: sucha jędza, poczciwy grubasek, dobroduszny tłuścioch. Nie ma pulchnych jędz, złośliwych czy jadowitych tłuściochów lub grubasów. Spostrzeżenia te rozwinął Kretschmer i powiązał cechy budowy ciała z pewnymi właściwościami charakteru. Wychodząc z tych założeń, wyodrębnił on trzy typy psychiczne.

Odpowiednikiem psychicznym budowy pyknicznej jest k o n s t y t u c j a c y k l o t y m i c z n a. Jak to wynika z samej nazwy, konstytucję tę cechuje okresowość nastrojów. Cyklotymicy są zazwyczaj bądź weseli, bądź smutni, nigdy zaś obojętni. W miękkim zarysie ich szerokiej twarzy maluje się zawsze jakieś uczucie. Tacy ludzie wczuwają się w nastrój otoczenia i przystosowują się do niego, syntonizują z nim (syntonizować znaczy współbrzmieć). Mają łatwość zbliżania się do ludzi, są rozmowni i chętnie widziani w towarzystwie, są lubiani. Wrogowie schematów i wszelkiego fanatyzmu, wykazują zmysł praktyczny i duże zamiłowanie do dóbr materialnych.

O ile typowe dla cyklotymików wahania usposobienia wysuwają się na plan pierwszy i stanowią poniekąd o istocie charakteru, widzimy w nich przejawy konstytucji psychopatycznej. Psychopaci tego typu, zwani cykloidami, nie są to jeszcze ludzie chorzy. Jeżeli natomiast na tle konstytucji psychopatycznej u cyklotymika rozwija się psychoza, to fazowość okresów podniecenia i przygnębienia w przebiegu choroby zostaje utrzymana. Stąd wywodzi się też nazwa samej choroby: psychoza maniakalno-depresyjna.

Zupełnym przeciwieństwem konstytucji cyklotymicznej jest k o n s t y t u c j a s c h i z o t y m i c z n a. Pod względem somatycznym cechuje ją budowa leptosomiczna, pod względem psychicznym — jak to wynika z jej nazwy pochodzenia greckiego — rozszczepienie

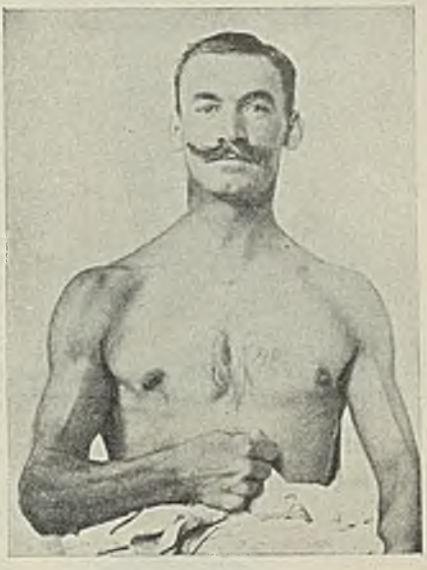
nastrojów. Przejawia się ono w biegunowo odmiennych właściwościach osobowości. Skala uczuć schizotymika waha się zupełnie nierównomiernie między obojętnością i wrażliwością, oschłością i przeczuleniem. Szczególnie uderzają nagłe przejścia od miłości do nienawiści, od uwielbienia do pogardy, od ascezy do rozpusty. Podkreślić należy niezdolność schizotymików do wczuwania się w otoczenie; stąd powstaje pewna obcość między nimi a światem. Interesują ich też nie tyle ludzie, ile pewne idee, poglądy, systemy. Toteż rekrutują się spośród nich przewódcy narodów, reformatorzy i filozofowie, idealiści i fanatycy. Znany jest typ, jakby opancerzony lodową powłoką, mało wrażliwy na ludzkie bóle i radości, którego sama obecność „mrozi innym krew w żyłach". Niekiedy jednak pod taką powłoką ukrywa się subtelna uczuciowość wewnętrzna.

W przeciwstawieniu do niezłożonych natur cyklotymicznych, przez każdego dobrze rozumianych, w charakterze schizotymików jest coś zagadkowego, problematycznego. Są to natury zamknięte w sobie, nie dopuszczające innych do swego wnętrza, trudno poznawalne. Gdy cyklotymicy, kochając treść życia, są skłonni do kompromisów, schizotymicy, nie ogarniając całej pełni życia, lubują się w jego formach, są bezwzględni i twardzi dla siebie i drugich. Są zimni i jednocześnie nadwrażliwi.

Nasilenie tak różnorodnych właściwości osobowości schizotymicznej stwarza usposobienie schizoidalne, już o wyraźnych cechach psychopatycznych. Droga do właściwej psychozy wiedzie poprzez usposobienie schizoidalne. Choroba umysłowa, jaka się w tych warunkach może wyłonić, to najczęściej schizofrenia (rozszczepienie jaźni). U cyklotymika natomiast przeważa psychoza maniakalno-depresyjna. Zawiązki psychozy tkwią zatem w konstytucji danego osobnika, zarówno psychicznej, jak i somatycznej. Sama zaś psychoza jest niejako nasileniem cech charakteru danej osobowości.

Trzeci wreszcie typ psychiczny, skojarzony z budową atletyczną, został wyodrębniony dopiero ostatnio. W typie atletycznym na pierwszy plan wysuwa się silna budowa kośćca oraz wybitny rozwój mięśni. Szerokie barki, szeroka klatka piersiowa, tułów zwężający się ku dołowi, wysmukłe kończyny dolne, duże ręce i stopy. Silna budowa wydłużonej czaszki objawia się w wymodelowanych łukach brwiowych, w wystających kościach jarzmowych, dobrze zaznaczonych guzach czoła, zwłaszcza zaś w silnie rozwiniętej szczęce dolnej. Zarys twarzy gruby, zatarty. Nie wdając się w bliższą analizę psychiki tego typu, u atletyków stwierdzamy również dwa

biegunowo odmienne stany: beznamiętną równowagę ducha, jako cechę podstawową, i wybuchowość. Ze względu na skłonność atletyków do zdrobniałych wyrazów, drobiazgowości i powracania do raz doznanych przeżyć — rys jakby pewnej „lepkości" — Kretschmer ujął temperament atletyków jako wiskatyczny. Wyraz ten pochodzi od słowa viscatus — lepki (*viscum* — jemioła, lep z jemioły do łowienia ptaków). Psychopatie i psychozy atletyków są mniej jednolite, jednak bardziej zbliżone do typu schizoidalnego i schizofrenicznego. Skłonność do padaczki jest niewątpliwa.



Konstytucja atletyczna.

Nadmienić należy, że wobec stałego krzyżowania się różnych typów, większość osobników nie odznacza się budową jednolitą. Przeważają typy mieszane, co musi się odbić na rysach usposobienia, sprzężonych z cechami somatycznymi. Jest przeto rzeczą zrozumiałą, że korelacje między budową ciała a usposobieniem psychicznym nie mogą być bezwzględne. Największą zgodność pod tym względem wykazują konstytucje pykniczna z jednej strony i cyklotymiczna z drugiej. Twierdzenie, że kobiety schizotymiczki są ciekawsze, cyklotymiczki zaś łatwiejsze w pożyciu, nie odbiega od ogólnej charakterystyki tych dwóch podstawowych typów.

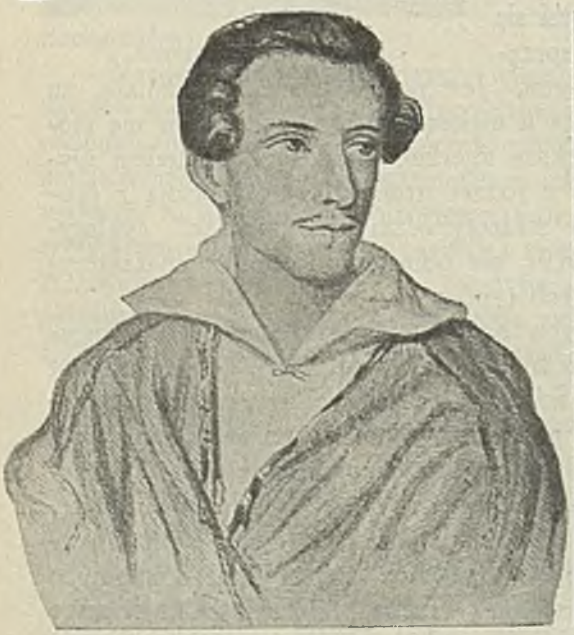
Na marginesie poruszonych zagadnień jeszcze uwaga o konstytucji ludzi genialnych. Mylne byłoby przypuszczenie, że geniusz jest uosobieniem najwyższej siły, zdrowia i dzielności w znaczeniu biologicznym. Jak się okazuje, w przeciwstawieniu do zdrowej, lecz tępej psychiki, umysł twórczy, genialny powstaje najczęściej na niezrównoważonym podłożu psychicznym. Zachodzi nawet bliski związek między genialnością a konstytucją psychopatyczną, zarówno cyklotymiczną, jak i schizotymiczną. Odsetek psychoz wśród ludzi genialnych jest znacznie większy niż przeciętnie. Trzeba przyznać, że największe zdobycze kultury ogólnoludzkiej zawdzięczamy w dużym stopniu psychopatom, a nawet obłąkańcom. Do cyklotymików należą: Marcin Luter, Renan, Moniuszko, Mickiewicz, Prus, Reymont; do schi-

TYPY CYKLOTYMIKÓW

Stanisław Moniuszko

Adam Mickiewicz

TYPY SCHIZOTYMIKÓW



Juliusz Słowacki

Fryderyk Szopen

zotymików: Kalwin, Spinoza, Szopen, Słowacki, Krasiński, Wyspiański.

Dziedziczność i konstytucja, będąc źródłem talentów dla wybranych, niekoniecznie muszą być „fatum" dla innych. Umiejętnie i konsekwentnie prowadzone wychowanie fizyczne, jak i kształcenie charakteru może w znacznym stopniu wyrównać deficyt konstytucji upośledzonych. Dużą rolę odgrywa też profilaktyka w ścisłym znaczeniu tego słowa.

Czynniki chorobotwórcze zewnętrzne

Czynników takich jest bardzo wiele, gdyż, jak już wspomniano, wszystko, co nas otacza, jest groźbą dla człowieka. W stopniu ograniczonym już płód podlega zadziałaniu czynników zewnętrznych, których głównym źródłem jest przede wszystkim ustrój macierzyński. Wszelkie zmiany, jakich płód pod wpływem tych czynników doznaje, określamy jako wrodzone. Właściwości wrodzonych nabywamy zatem tylko w ciągu krótkiego okresu czasu od chwili poczęcia aż do przyjścia na świat. W ich powstawaniu ojciec na ogół nie odgrywa roli. W utartych powiedzeniach, jak: wrodzony talent, wrodzona inteligencja, wrodzony wdzięk, wrodzona skłonność do chorób itd., chodzi więc w istocie o właściwości odziedziczone.

Zewnętrzne czynniki chorobotwórcze sprowadzają się zasadniczo do roli czynników fizycznych, chemicznych i biologicznych. Analizując przyczyny chorób, nie opisujemy, oczywiście, poszczególnych jednostek chorobowych.

Czynniki fizyczne

Pośród chorobotwórczych czynników fizycznych pierwsze miejsce zajmują czynniki mechaniczne w postaci urazów. Na uraz mechaniczny można być narażonym już w życiu płodowym. Zazwyczaj urazowi towarzyszy zapalenie pourazowe. Rozpiętość nasilenia urazów jest ogromna: od lekkiego stłuczenia i drobnego skaleczenia aż do najcięższych obrażeń ciała, jakie powodują wielkie katastrofy i klęski żywiołowe. Lecz nawet błahy uraz, w zależności od umiejscowienia, może pociągnąć za sobą poważne następstwa. Do najczęstszych powikłań należy następcza infekcja. Tkanki uszkodzone, zwłaszcza zmiażdżone, łatwiej ulegają zakażeniu, niż tkanki zdrowe. Zarazek nie musi przy tym przenikać z zewnątrz. Wystarcza np. istnienie w ustroju utajonego ogniska gruźliczego, aby w miejscu urazu mogło powstać nowe, tym razem już jawne, ognisko gruźlicze.

Nie mniejsze jest znaczenie chorobotwórcze czynników cieplnych w postaci gorąca i zimna. Szkody, przez nie spowodowane, mogą być czysto miejscowe, bądź też rozprzestrzeniają się na cały ustrój. W pierwszym przypadku mamy do czynienia z oparzeniem lub odmrożeniem, w drugim z przegrzaniem ustroju z jednej strony, z oziębieniem czy też nawet zamarznięciem z drugiej. Od przegrzania czyli porażenia cieplnego, do którego dochodzi w następstwie nadmiernego upału nawet przy zachmurzonym niebie, jak również w miejscach zamkniętych, odróżniać należy porażenie słoneczne. Powstaje ono w następstwie zadziałania promieni słonecznych poprzez powłoki i kości czaszki na mózg. Oparzenia, porażenie cieplne i słoneczne są częstym zjawiskiem na różnych plażach. Wobec niedostatecznego uświadomienia szerokich mas o grożących im w tych przybytkach zdrowia niebezpieczeństwach, we wszystkich tego rodzaju miejscach powinny być ustawione tablice ostrzegawcze.

Przeziębienie

Nieco obszerniej wypada omówić zagadnienie przeziębienia. Pomimo jego niezwykłej popularności — nie ma bowiem choroby, której powstania nie przypisywanoby przeziębieniu — zagadnienie to traktuje się w medycynie z pewną rezerwą. Tkwi w tym częściowo reakcja na niesłychane nadużycia, popełniane od dawien dawna w stosunku do zjawiska w istocie swej bezspornego.

Nie ulega żadnej wątpliwości, że nadmierne oziębienie ustroju, a nawet pewnych tylko jego części, może pociągnąć za sobą ujemne następstwa. Chodzi zaś o ustalenie, czy oziębienie jako takie jest czynnikiem wystarczającym, aby wywołać to, co nazywamy przeziębieniem, czy też niezbędny jest jeszcze współudział innych czynników.

Jak wiadomo, w następstwie zadziałania na skórę zimna, w danym miejscu powstaje odruchowo skurcz naczyń krwionośnych. Pomimo że dzięki zwężeniu naczyń organizm broni się przed dalszą utratą ciepła, niedokrwienie skóry, o ile się ono przeciąga, staje się dla ustroju szkodliwe. Po pierwsze, w miejscu niedokrwienia odżywianie tkanek, zwłaszcza tak wrażliwych, jak tkanka nerwowa, jest upośledzone, co pociąga za sobą upośledzenie ich czynności. Wystarczy wymienić różne nerwobóle, porażenie nerwu twarzowego, bóle mięśni. Po drugie, w następstwie miejscowego niedokrwienia, dochodzi, również drogą odruchową, do przekrwienia w innych, nawet odległych częściach ciała, co może mieć ujemne dla zdrowia następstwa. Ogólnie znany jest związek między oziębieniem skóry, zwła-

szcza stóp, a zaflegmieniem jamy nosowo-gardłowej i górnych dróg oddechowych; oziębienie powłok brzusznych może spowodować nawet biegunkę.

Jedyny słuszny wniosek, jaki się na podstawie tych danych nasuwa, to ten, że im krócej trwa skurcz naczyń, wywołany zadziałaniem zimna, im szybciej niedokrwienie skóry ustąpi miejsca następnemu przekrwieniu, tym mniejsze będą zaburzenia a zarazem możliwość przeziębienia. Samo więc zadziałanie zimna jeszcze nie wystarcza, gdyż dużo zależy od wrażliwości układu naczynioruchowego i jego sprawności. Szczególnie narażony na przeziębienie jest człowiek zgrzany, gdyż parowanie potu powoduje znaczne oziębienie skóry, zwłaszcza na wietrze. Poza tym skurcz naczyń na zimnie jest tym silniejszy, im bardziej naczynia te były poprzednio rozszerzone. Przeziębieniu w tych warunkach sprzyja jeszcze brak ruchu. Toteż przeziębić się można nawet w mieszkaniu, zwłaszcza wiosną i latem, gdy spoceni wracamy do chłodnego pomieszczenia.

Jak ogólnie wiadomo, przeziębienie sprzyja powstawaniu takich spraw zakaźnych, jak grypa, zapalenie płuc (o czym już była mowa), zapalenie gardła, oskrzeli. Klasycznym wprost następstwem przeziębienia jest katar nosa. Zapalenie nerek wskutek przeziębienia jest prawdopodobnie również pochodzenia zakaźnego. W sprawach wymienionych chodzi przeważnie nie o zakażenie z zewnątrz, lecz a samozakażenie drobnoustrojami, przebywającymi w ustroju.

Nadmienić należy, że przeziębienie, zmniejszając odporność ustroju, przyczynić się może również do powstania takich chorób zakaźnych, w których zarazek przenika z zewnątrz i które najczęściej powstają bez poprzedniego przeziębienia. Ujemny wpływ przeziębienia na przebieg wielu chorób, zakaźnych i niezakaźnych — wymieńmy chociażby tylko gruźlicę płuc, reumatyzm, dnę — znany jest powszechnie.

Pośród ludzi, przebywających w jednakowych warunkach, narażonych na wilgoć i wiatr, jak to się zdarza w polu, przeziębia się, według spostrzeżeń wojskowych, tylko pewien odsetek. Stosunkowo łatwo przeziębiają się dzieci (z wyjątkiem noworodków), starcy, ludzie źle odżywieni, wyczerpani, podnieceni. Niewątpliwie istnieje też dyspozycja narządowa, czym się tłumaczy częstość zapadania tego samego narządu u danego osobnika. Fakty te świadczą o istnieniu indywidualnej skłonności do przeziębienia. Poza właściwościami konstytucjonalnymi jest ona uzależniona przede wszystkim od warunków bytowania. Zamiast więc panicznego strachu przed każdym przewie-

wem, a nawet otwartym oknem, osoby wrażliwe powinny dążyć do stopniowego hartowania ciała przez zabiegi wodolecznicze, kąpiele powietrzne (nie słoneczne), unikanie zbyt ciepłej odzieży itd.

Dużo do myślenia daje fakt, że przebywając np. podczas wywczasów na łonie natury i zrywając z rutyną ustalonego trybu życia, rzadziej się przeziębiamy nie tylko latem, lecz i zimą, pomimo, że bardziej się narażamy na różne wpływy atmosferyczne.

Szerzenie się wielu chorób tylko w pewnym klimacie wskazuje na bezwzględną współzależność czynników klimatycznych i chorobotwórczych. Ogólnie znany jest wpływ klimatu Anglii i Szwecji na częstość gośćca stawowego w tych krajach. Szwecja np. wydaje na inwalidów reumatyków dwa razy więcej, niż na gruźliczych, przy czym na reumatyzm choruje głównie ludność wiejska oraz pracująca na powietrzu. Klimat podzwrotnikowy może być wprost zabójczy, zwłaszcza dla Europejczyków. Poza tym nawet w danym klimacie zachorowalność jest częściowo uzależniona od pór roku. Wahania te w niektórych schorzeniach są tak typowe, iż mówi się wprost o chorobach sezonowych. Wymieńmy tylko biegunki letnie, jesienne nieżyty dróg oddechowych, wiosenne nasilenie krzywicy, chorobę sienną. Szczególną wrażliwość wykazuje ustrój na nagłe zmiany pogody oraz na silne wiatry.

Większe wahania ciśnienia atmosferycznego, nawet w warunkach zwykłych, nie zawsze są dla ustroju obojętne. Zaburzenia powstające w powietrzu bardzo rozrzedzonym znane są jako choroba górska. Chorobotwórcze działanie wzmożonego ciśnienia atmosferycznego sprowadza się do zespołu objawów, charakterystycznych dla choroby kesonowej.

Zaburzeniom atmosferycznym towarzyszą często wyładowania elektryczności. Ich następstwem może być rażenie piorunem, zjawisko bynajmniej nie rzadkie.

Promienie Rentgena i ciała promieniotwórcze mogą być przyczyną ciężkich uszkodzeń. Ofiarą swego odkrycia była poniekąd Maria Curie-Skłodowska. Z drugiej strony wspomniane czynniki z radem na czele wykazują, jak wiadomo, niczym niezastąpione właściwości lecznicze.

Czynniki chemiczne

To samo da się powiedzieć o wielu trujących związkach chemicznych. O ich działaniu trującym lub leczniczym rozstrzygają: dawka, stężenie, ew. inne jeszcze okoliczności. Kwas solny np., sil-

na trucizna w stanie stężonym, jest przecież normalnym wytworem śluzówki żołądka; zażyty w stanie rozcieńczonym, usuwa zaburzenia trawienne spowodowane niedokwaśnością soku żołądkowego. Belladonna, morfina, naparstnica, strychnina i wiele innych ciał wysoce trujących — to jednocześnie niczym niezastąpione leki.

Trucizny żrące, jak kwasy, alkalia, sole metali ciężkich, niszczą każdą tkankę, z którą się stykają. Do szczególnie niebezpiecznych trucizn, również o własnościach żrących, należą t. zw. gazy i ciecze bojowe (fosgen, chloropikryna, iperyt i in.), jeden z najpotworniejszych „wynalazków", będący zaprzeczeniem wszelkiego humanitaryzmu.

Wiele jadów odznacza się wybiórczością, która jest uwarunkowana ich powinowactwem do pewnych tylko komórek czy też tkanek ustroju. Zarówno np. tlenek węgla, jak i cjanowodór, łącząc się z hemoglobiną ciałek czerwonych krwi, uniemożliwiają oddychanie.

Lecz nawet w warunkach życia codziennego narażeni jesteśmy na różne zatrucia. Chociaż czyste powietrze jest podstawowym czynnikiem zdrowia, miliony ludzi, ulegając nałogowi palenia tytoniu, przebywa wiele godzin dziennie w atmosferze zatrutej tlenkiem węgla i nikotyną. Pomimo niewątpliwej szkodliwości alkoholizmu nadużycie trunków wyskokowych jest szeroko rozpowszechnione nawet w warstwach uświadomionych co do ujemnych następstw tego nałogu.

Jady krążące we krwi matki przenikają do płodu, pomimo odrębności układów krwionośnych. Znane są ciężkie zatrucia wrodzone, spowodowane alkoholizmem, nikotynizmem i morfinizmem matek. Na wzmiankę zasługuje fakt, iż niemowlęta pochodzące od morfinistek mogą wykazywać objawy głodu morfinowego. Aby te niemowlęta utrzymać przy życiu, wskazane jest stopniowe odzwyczajenie ich od morfiny.

Zapalenie warg i skóry w okolicy ust, wywołane przez użycie pomadki do ust zawierającej rtęć, na tle idiosynkrazji do rtęci.

Istnieją poza tym ludzie, u których bądź alkohol, bądź nikotyna lub takie ciała, jak chinina, brom, jod, związki salicylowe i in., już w minimalnych dawkach wywołują objawy toksyczne na tle pierwotnej nadwrażliwości czyli idiosynkrazji. Nawiasem mówiąc, idiosynkrazja może się przejawiać nawet w stosunku do czynników fizycznych.

Na uwagę zasługuje fakt, że jak z jednej strony najsilniejsza trucizna w odpowiednim rozcieńczeniu niekiedy ratuje życie, tak z drugiej strony niektóre związki chemiczne, nawet do życia niezbędne, w pewnych warunkach mogą być szkodliwe. Nie ma bowiem jadów bezwzględnych (Klecki). Nawet pożywienie idealnie „zdrowe" — też przecież związek chemiczny — w pewnych stanach może być przyczyną ciężkich zaburzeń, o czym jeszcze będzie mowa. Szczególnie szkodliwy jest nadmiar pożywienia. Nałóg obżarstwa dziś nie przybiera, co prawda, tak monstrualnych form, jak w wiekach ubiegłych, ale większość ludzi, których stać na to, odżywia się nadmiernie. Oprócz łakomstwa niewątpliwie skłania ludzi ku temu świadomość, że pożywienie — to siła i zdrowie i życie samo. Im więcej zatem, jak sądzą, tym lepiej. W wyniku — otyłość ze swymi ujemnymi następstwami, zwłaszcza przy konstytucjonalnej skłonności do tycia i siedzącym trybie życia.

Niebezpieczeństwa związane z długotrwałym głodzeniem zrozumiałe są same przez się. Zaburzenia spowodowane niedoborem witamin, t. zw. awitaminozy, będą omówione oddzielnie.

Czynniki biologiczne

Odrębną pozycję, jako czynnik biologiczny, zajmują jady wytwarzane przez żywe komórki. Właściwość ta stanowi najbardziej charakterystyczną cechę drobnoustrojów chorobotwórczych. Własności trujące niektórych jadów bakteryjnych są wprost niewiarogodne. Ogólnie znane są jady wydzielane przez różne owady z pszczołą na czele oraz jady wydzielane przez ślinianke wężów jadowitych. Lecz i te jady znalazły zastosowanie w lecznictwie różnych chorób.

Mniej znane jest natomiast, że i ustrój ludzki wytwarza liczne jady. Wszystkie soki trawienne, czyli zaczyny, poza obrębem przewodu pokarmowego posiadają własności trujące. W szczególności odnosi się to do kwasów żółciowych, głównego składnika żółci. Nic więc dziwnego, że przejście żółci do krwiobiegu, jak to ma miejsce w żółtaczkach mechanicznych, utożsamiamy z samozatruciem ustroju. Zatrzymanie wskutek niewydolności nerek trujących produktów przemiany powoduje samozatrucie mocznicowe. Do jadów należą również tak konieczne do życia hormony; ich nadprodukcja może doprowadzić do objawów nawet ciężkiego samozatrucia, np. w nadczynności tarczycy. Główna przyczyna zejścia śmiertelnego w następstwie rozległych oparzeń — to samozatrucie, wywołane wchłanianiem uszkodzonych tkanek. Z tegoż powodu może dojść do samozatrucia po

aseptycznych zabiegach operacyjnych, którym towarzyszyło znaczne uszkodzenie elementów tkankowych. Również drgawki ciężarnych *(eclampsia)* są przejawem samozatrucia ciążowego.

Główne jednak źródło samozatruć stanowi przewód pokarmowy, a to ze względu na obfitą florę bakteryjną, jaka się tam stale znajduje. Szczególnie pospolitym mieszkańcem jelita grubego jest laseczka okrężnicy. Obok odmian obojętnych istnieją też i trujące. Jelitowa flora bakteryjna daje się we znaki zwłaszcza w razie upośledzenia trawienia. Łatwo dochodzi wtedy do fermentacji węglowodanowej lub gnicia białek, a produkty tych procesów, szczególnie gnicia, są dla zdrowia wysoce szkodliwe. Flora jelit ulega dużym wahaniom; nie mniejszym — indywidualna wrażliwość oraz zdolność odtruwająca wątroby. Tym się tłumaczy, że chociaż zaparcie na ogół sprzyja samozatruciu, niekoniecznie wywołuje ono dolegliwości.

Wyraz twarzy dziecka na tle samozatrucia.

Przyczyną ciężkich zatruć ze strony przewodu pokarmowego mogą być jady wytwarzane przez różne pasożyty zwierzęce. Np. bruzdogłowiec szeroki *(botriocephalus latus)* może spowodować anemię, zbliżoną do niedokrwistości złośliwej.

Zakażenie i odporność

Jak już zaznaczaliśmy, czynnik zewnętrzny w postaci zarazka, nieodzowny dla powstania choroby zakaźnej, nie przesądza jeszcze wybuchu choroby. Nie każde wtargnięcie zarazka — w rzeczywistości sami nieświadomie wprowadzamy go do ustroju — musi wywołać zachorowanie. Pomijając różne okoliczności, sprzyjające infekcji, jak złe warunki higieniczne, niedożywianie, wyczerpanie fizyczne i psychiczne, przeziębienie i in., drugi nieodzowny warunek zakażenia stanowi istnienie powinowactwa między zarazkiem a ustrojem, a co najmniej między zarazkiem a pewnym narządem lub tkanką. Uderza np. powinowactwo pneumokoków do płuc, prątków cholery, tyfusu brzusznego i dyzenterii do przewodu pokarmowego, zarazka wścieklizny do układu nerwowego, dwoinek rzeżączki do śluzówek. Takimż powinowactwem odznaczają się nawet niektóre jady

bakteryjne, np. jad błoniczy i jad tężca w stosunku do tkanki nerwowej.

Brak powinowactwa zarazka do ustroju czyni ustrój niewrażliwym na dany zarazek; taki stan nazywamy odpornością konstytucjonalną, przekazywaną dziedzicznie. Przejawia się ona jako odporność gatunkowa, rasowa, rodzinna, osobnicza, a nawet narządowa i tkankowa.

Oprócz odporności konstytucjonalnej odróżniamy jeszcze odporność kondycjonalną. Jest to odporność nabyta bądź samoistnie w następstwie przebycia choroby zakaźnej, bądź też nabyta „sztucznie" za pomocą szczepionek lub surowic leczniczych. Odporność kondycjonalna jest uwarunkowana albo wyprodukowaniem przez ustrój t. zw. przeciwciał, skierowanych przeciwko ciałom bakterii i ich jadom (odporność czynna), albo też wprowadzeniem gotowych przeciwciał w postaci surowicy zwierząt uodpornionych (odporność bierna). Takież przeciwciała mogą się znajdować we krwi osobników konstytucjonalnie niewrażliwych.

Jak wiadomo, oseski w ciągu pierwszych miesięcy życia nie zapadają na szereg chorób z odrą na czele, w stosunku do których wykazują później wybitną wrażliwość. Ten wręcz paradoksalny fakt uwarunkowany jest przejściem przez łożysko przeciwciał matki do płodu. Jest to jednak zjawisko przemijające, gdyż z biegiem czasu przeciwciała opuszczają ustrój dziecka. Jeżeli krew matki przeciwciał nie zawiera, oseski, w razie zakażenia, zapadają na odrę i inne choroby zakaźne już wkrótce po urodzeniu.

Jak z powyższego wynika, mamy tutaj do czynienia z odpornością bierną, nabytą podczas życia płodowego. Odporność ta, jak wszystko nabyte w życiu płodowym, nazywa się odpornością wrodzoną. Często jednak utożsamia się ją niesłusznie z odpornością odziedziczoną czyli konstytucjonalną.

Na szczególną uwagę zasługują zakażenia wrodzone z kiłą na czele. Są to zakażenia łożyskowe. Na ogół łożysko tworzy tamę ochronną przeciwko zarazkom znajdującym się w ustroju matki. Dopiero po uszkodzeniu tej tamy w następstwie zmian patologicznych szczelność jej zostaje naruszona. W tych warunkach zarazek kiły, t. zw. krętek blady, wędruje do płodu, w następstwie czego powstaje kiła wrodzona. Blizny poospowe u noworodków, których matki podczas ciąży chorowały na ospę, są wymownym dowodem zakażeń wrodzonych. Nie ma natomiast dziedzicznych chorób zakaźnych. Lecz

sprawom zakaźnym, odgrywającym w życiu naszym wyjątkowo dużą rolę, poświęcone zostaną specjalne rozdziały.

Uczulenie i samouczulenie

Tak już jest w życiu, że wszystko ma swoje „ale". Przeciwciała, ze względu na swą „misję" zwane również ciałami obronnymi, w pewnych warunkach mogą stać się przyczyną bardzo ciężkich zaburzeń, a nawet zejścia śmiertelnego. Obcogatunkowa surowica lecznicza, pomimo swych cennych właściwości, jest jednak ciałem obcym, przez ustrój zwalczanym, na równi z samym zarazkiem. W razie powtórnego wprowadzenia po pewnym czasie takiejże surowicy, przeciwciała, skierowane przeciwko obcemu białku, powodują jego rozszczepienie. Wyzwalające się przy tym jady mogą wywołać stan ciężkiego zatrucia, zwany wstrząsem. Zjawisko to, znane jako anafilaksja, jest wyrazem nadwrażliwości ustroju w stosunku do ciała, dotychczas dlań obojętnego: ustrój, jak się mówi, został uczulony.

Chociaż uczulenie osiąga się najpewniej, jeżeli ciało uczulające wprowadzić do ustroju parenteralnie czyli z pominięciem przewodu pokarmowego, to nie jest to jednak warunek nieodzowny. Uczulenie może nastąpić i drogą doustną, gdyż ściana jelit nie stanowi bezwzględnej tamy dla ciał obcych. Zazwyczaj uczulamy się sami, zupełnie nieświadomie, przez wdychanie unoszących się w powietrzu pyłków pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, bądź też przez zetknięcie się naszych powłok i śluzówek z różnymi ciałami, m. in. z barwikami i lekami. Najczęściej jednak samouczulenie odbywa się poprzez przewód pokarmowy. Nie ma takiego składnika naszego pożywienia, na który nie można byłoby się uczulić. Szczególną sławą pod tym względem cieszą się raki i poziomki.

Do najbardziej charakterystycznych przejawów uczulenia, niezależnie od dróg, jakimi ono doszło do skutku, należą: pokrzywka, świąd, wyprysk, migrena, dychawica oskrzelowa, katar sienny, zaburzenia żołądkowo-jelitowe (bębnica, wymioty, zaparcia, biegunki), nie wyłączając kolki wątrobowej. Ostatnio ustalono, że samouczulenie może być przyczyną zaburzeń czynnościowych serca w postaci napadów niemiarowości tętna*), a nawet stanów dusznicowych.

Jeszcze do niedawna sprawy te zaliczano do idiosynkrazji w przy-

*) Niemiarowość (arytmia) może być również następstwem samozatrucia jelitowego.

puszczeniu, iż chodzi tutaj o pierwotną nadwrażliwość ustroju. Pogląd ten obaliły jednak doświadczenia, dowodzące możliwości przenoszenia uczulenia za pomocą surowicy krwi osobnika uczulonego na osobę, która tej cechy nie posiada. W przytoczonych sprawach mamy do czynienia z nadwrażliwością jako zjawiskiem wtórnym, podobnie jak w przypadku anafilaksji. Różnica polega jedynie na tym, że niezbędne dla stanu anafilaksji uczulenie wywołujemy dowolnie, w omawianych zaś sprawach nadwrażliwość jest następstwem samo-

Obrzęk twarzy na tle t. zw. choroby siennej. (Z lewej strony). Zetknięcie się z pyłkiem kasztanowym, na który pacjent jest uczulony samoistnie, nie daje obrzęku, jeżeli poprzednio zażył pepton, otrzymany z pyłku kasztanowego.

uczulenia. W odróżnieniu od anafilaksji zwiemy ją a l e r g i ą (inoczynnością), zaś ciało powodujące samoczulenie — a l e r g e n e m.

Należy sobie uświadomić niezwykłą niekiedy selektywność (wybiórczość) procesów alergicznych, graniczącą wprost z niewiarogodnością. Stwierdzono np. wrażliwość na białko lub żółtko jaj kur, otrzymujących odrębną paszę. Niekiedy wystarcza dotknięcie ust widelcem ze śladami ryby, aby natychmiast powstał obrzęk śluzówki ja-

my ustnej. Cóż dopiero mówić o spożyciu choćby najświeższej ryby, na którą jest się uczulonym.

Dużą rolę w samouczulaniu się, jak zresztą w powstawaniu wielu innych chorób, odgrywa rodzaj pracy zawodowej. Pomimo jednak, że wśród piekarzy i młynarzy odsetek osobników wrażliwych na mąkę jest szczególnie duży, nie wszyscy przedstawiciele tych zawodów wykazują swoiste uczulenie. Te i temu podobne fakty, jak również spostrzeżenia, że stany alergiczne przejawiają się zazwyczaj w pewnych rodzinach, nie pozostawiają żadnej wątpliwości co do konstytucjonalnego podłoża tych spraw.

Konstytucja alergiczna sprowadza się zatem do odziedziczonej zdolności łatwego samouczulenia się. Przy czym wzmożona przepuszczalność skóry, śluzówek i naczyń krwionośnych sprzyja przenikaniu do ustroju niecałkowicie rozszczepionych cząsteczek, na co ustrój reaguje w tempie przyśpieszonym wzmożoną produkcją przeciwciał. Świadczy to o istnieniu dużego powinowactwa między konstytucją alergiczną a skazą wysiękową. Zewnętrznie konstytucję alergiczną cechuje przeważnie typ leptosomiczny.

Stany alergiczne, jak widać, zajmują w patologii pozycję pokaźną. Tym niemniej zaprzeczyć się nie da, że alergia, jako przejaw wzmożonej odporności, może być również zjawiskiem wybitnie dodatnim. Tym się tłumaczy, że osobniki o konstytucji alergicznej w mniejszym stopniu zapadają na choroby zakaźne.

Ze względu na podłoże konstytucjonalne zwalczanie chorób alergicznych nie jest łatwe. Oprócz unikania ciał, na które jesteśmy uczuleni, zmiany miejscowości, ew. oddychania powietrzem oczyszczonym, pośród różnych metod odczulających może się okazać skuteczne spożycie na kwadrans przed każdym posiłkiem, posiłku miniaturowego z tychże dań; minimalne bowiem (gramowe) ilości składników pożywienia, na które dany osobnik jest uczulony, wiążą krążące w ustroju swoiste przeciwciała, skierowane przeciwko tym składnikom, i w ten sposób spełniają jak gdyby rolę piorunochronów. Niekiedy wystarcza już „zażyć" na czczo na pół godziny przed śniadaniem łyżeczkę mleka.

Przyczyny psychiczne chorób

Jak wiadomo, wszelkie podniety psychiczne, zarówno dodatnie jak i ujemne, wywierają duży wpływ na ustrój, na czynność wszystkich jego narządów. Z drugiej strony nawet dolegliwości nieznacz-

ne nie są pozbawione wpływu na psychikę. Twierdzenie, że nie ma schorzeń wyłącznie psychicznych i wyłącznie cielesnych, nie będzie zbyt śmiałe, gdyż kojarzą się one stale, stanowiąc o jedności ustroju. Stwierdzono niezbicie, że pod wpływem wstrząsu psychicznego może się rozwinąć zarówno ostra psychoza, jak i inne cierpienie, np. choroba Basedowa. Niejednokrotnie zauważono, że dopiero w następstwie rozpoznania jakiejś wady serca, niekiedy nawet po rozpoznaniu błędnym, występowały różne dolegliwości. Znane są napady duszności u astmatyków, świadomych swej wrażliwości na pewne ciała lotne, na widok kwiatów sztucznych, przyjętych za prawdziwe, lub pod wrażeniem gazów wydobywających się z pocisków eksplodujących — na ekranie kinowym.

Siła sugestii i autosugestii, jaka się przejawia w wyzwalaniu różnych zaburzeń, nie pozostaje bez wpływu na ich przebieg. Pouczająca pod tym względem jest historia pewnej dziewczyny, która wiedząc, że jej ojciec odebrał sobie życie, opanowana jest całkowicie przez myśl, że i ją taki koniec, prędzej czy później, czeka. Zrozpaczona matka wyznaje córce, że ten, kogo uważała za ojca, nie był nim w rzeczywistości — od tej chwili dziewczyna została uleczona.

Już zaufanie, jakie lekarz wzbudza, jest ważkim czynnikiem leczniczym. W tych warunkach samo zapewnienie, że choremu nie grozi żadne niebezpieczeństwo, wpływa nań kojąco. Przejściowe powodzenie niektórych nowych metod i środków leczniczych, jak również sukcesy różnych znachorów i szarlatanów przypisać należy tylko ich sile sugestywnej.

* *
*

Ogromny zasięg poruszonych zagadnień i zjawisk, ich wielka rozpiętość i względność utwierdzają nas tylko w przekonaniu o niedopuszczalności uciekania się w sprawach zdrowia i chorób do jakiegokolwiek dogmatyzmu. Czy tylko w tych sprawach?

BAKTERIE, ICH ROLA W PRZYRODZIE I W SZERZENIU SIĘ CHORÓB ZAKAŹNYCH

Prof. Dr ZYGMUNT SZYMANOWSKI

(Warszawa)

UWAGI OGÓLNE

Bakterie są to jednokomórkowe twory żywe, tak drobne, że je tylko przez mikroskop dostrzec można. Wielkość ich mierzy się na tysiączne części milimetra czyli mikrony. Bakterie są niezmiernie szeroko rozpowszechnione w przyrodzie. Znajdujemy je wszędzie, gdzie istnieje materiał roślinny lub zwierzęcy. Żyją one zarówno samodzielnie, jak i w związku z roślinami i zwierzętami jako komensale lub pasożyty*). W przyrodzie pełnią one doniosłą funkcję rozkładania złożonych związków chemicznych, z których zbudowane jest ciało zwierząt i roślin. Są czynnikiem wywołującym gnicie i fermentację. Mała cząstka rozległego świata drobnoustrojów wyspecjalizowała się jako ścisłe pasożyty, wywołujące choroby zakaźne. Zajmuje się nimi mikrobiologia lekarska. Przejście ich z ustroju chorego do zdrowego stanowi niezbędny warunek zapadnięcia na odnośną chorobę. Takie sformułowanie istoty sprawy stało się jednak możliwe dopiero dzisiaj. Jest ono owocem długich i mozolnych badań naukowych, na które złożyły się wieki.

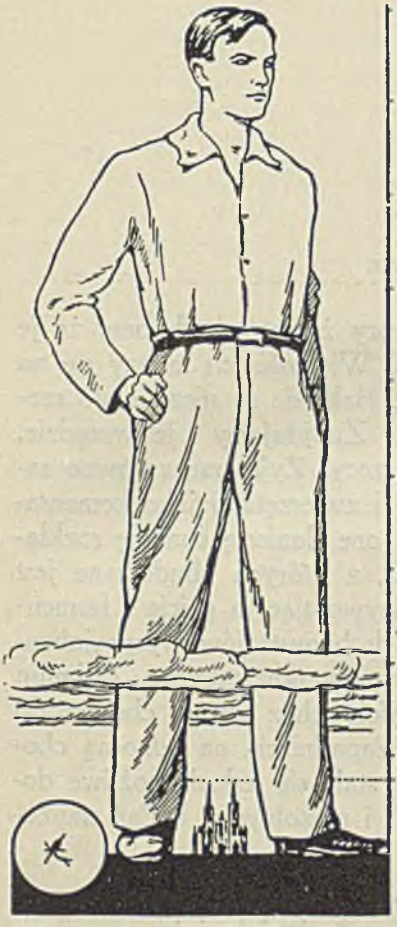
Świadomość, że pewne stany chorobowe są zaraźliwe, t. j. przenoszą się z osobników chorych na zdrowych, istniała już w najbardziej odległej przeszłości, jak o tym świadczą nie tylko pisma autorów starożytnych, ale i znacznie od nich starsze źródła chińskie i hinduskie.

W sprawie przyczyn tej zaraźliwości panowały poglądy nie mające nic wspólnego z nauką współczesną. Grecy wierzyli, że to Apollo razi ludzi swoimi strzałami. Biblia mówi o plagach, które Jehowa zesłał na Egipcjan. Suplikacje wołają o odwrócenie od ludzi

---

*) Komensalizm jest to współżycie dwu istot, z którego obie odnoszą korzyść. Pasożyt rozwija się zawsze kosztem żywiciela.

„powietrza". Ten ostatni pogląd przetrwał do dziś w nazwie malarii, która dosłownie oznacza złe powietrze. Wiadomo bowiem, że choroba ta, po polsku zwana zimnicą, panuje w okolicach błotnistych i za przyczynę jej uważano wyziewy czyli miazmaty, unoszące się nad bagnami. Dopiero stosunkowo niedawno stwierdzili badacze francuscy, jak Laveran, i angielscy, jak Rooss, że bagna grają w zimnicy rolę pośrednią, jako lęgowisko komarów, przenoszących zarazki zimnicy.



WIELKOŚĆ BAKTERII. Na lewo, u dołu — pałeczka tyfusu brzusznego, powiększona 1000-krotnie. Gdyby człowieka powiększyć tyleż razy, katedra kolońska wysokości 160 m sięgałaby mu zaledwie do łydek, obłoki zaś sunęłyby poniżej jego kolan. *(Wg F. Kahna).*

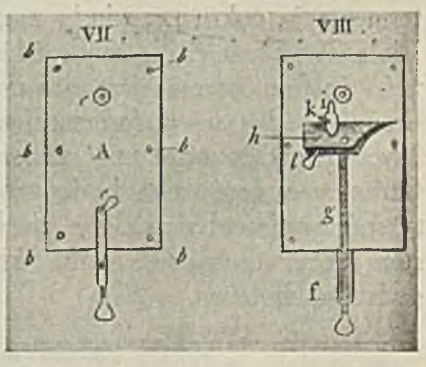
Z postępem medycyny wśród uczonych zaczęło stopniowo budzić się przekonanie, że szerzenie się chorób zakaźnych musi być związane z istnieniem jakiegoś czynnika, przechodzącego z ludzi chorych na zdrowych, czynnika mającego swój własny odrębny byt. Ale na realną drogę weszły badania w tym kierunku dopiero wtedy, gdy Leeuwenhoek*) w końcu XVII wieku zbudował pierwszy mikroskop i odsłonił przed zdumionym okiem ludzkim niezmierzony świat mikrobów.

Leeuwenhoek był z zawodu kupcem bławatnym i posiadał nadto kunszt szlifowania szkieł, szeroko rozpowszechniony w Holandii, słynnej ze szlifowania diamentów. Nade wszystko jednak posiadał Leeuwenhoek niepohamowaną żądzę poznania i nadzwyczajną pracowitość. Wcześnie został korespondentem Towarzystwa Królewskiego w Londynie, któremu przesłał z górą 100 listów na temat tego, co

*) Anthony van Leeuwenhoek (1632—1723).

można zobaczyć przez mikroskop. Listy te zebrał następnie w książce, noszącej dumny tytuł: „Tajemnice przyrody, odkryte przez Antoniego van Leeuwenhoeka przy pomocy mikroskopu". Szumnie przez Leeuwenhoeka nazwany mikroskop nie bardzo przypominał dzisiejsze świetne wytwory sztuki optycznej. Była to po prostu blaszka metalowa z wywierconą dziurką, w której osadzona była soczewka, powiększająca około 200 razy. Poniżej soczewki przylutowana była pod kątem prostym druga blaszka, służąca za stolik, na którym kładziono przedmioty badane. Takich mikroskopów Leeuwenhoek zbudował przeszło 100, był bowiem w jednej osobie szlifierzem, konstruktorem i badaczem. Oglądał on przez mikroskop wszystko, co się dało: gnijące ciecze, osad zdjęty z zęba, pieprz rozmiękły w wodzie, oko muchy itp. Uwagę jego przykuły przede wszystkim niezliczone roje drobniutkich istot rozmaitego kształtu, znajdowane w gnijących cieczach. Były to przeważnie, o ile dziś sądzić możemy, rozmaite wymoczki. Bakterie tylko wyjątkowo są tak duże, że je przez szkło, którym posługiwał się Leeuwenhoek, dojrzeć można. Badania Leeuwenhoeka odsłoniły po raz pierwszy cały świat drobnoustrojów, ale od tego odkrycia do bakteriologii współczesnej, a tym bardziej do mikrobiologii lekarskiej droga była jeszcze daleka.

ANTONI VAN LEEUWENHOEK — pierwszy łowca mikrobów.



Mikroskop Leeuwenhoeka.

SAMORÓDZTWO CZY ROZMNAŻANIE?

Odkrycie drobnoustrojów postawiło przede wszystkim na porządku dziennym w nowej, ściślejszej niż dotąd postaci pytanie, od wieków trapiące ludzkość, skąd się bierze życie. Mikroby, twory żywe o najprostszej strukturze, pozornie zjawiają się samorzutnie w gni-

jącej cieczy. Jest to jakby najprostsza forma powstawania tworów żywych z nieżyjącego substratu (podłoża). W oczach pierwszych badaczy było to rozwiązanie zagadki początku życia. Powstała w ten sposób koncepcja samorództwa mikrobów. W toku badań nad nimi poznano szereg faktów, które i dziś mają całkowitą wartość. Stwierdzono, że gotowanie niszczy mikroby, że do ich rozwoju potrzebne jest powietrze itp. Coraz bardziej przy tym doskonaliła się technika doświadczeń, ale sam moment powstawania życia wciąż jeszcze nie był dostatecznie jasny. Od samego początku szereg krytycznych umysłów podawał w wątpliwość teorię samorództwa, próbując obalić ją doświadczalnie. Lazzaro Spalanzani, uczony przyrodnik i ksiądz włoski (1729—1799), wykonał doświadczenie niezmiernie przekonywujące. Umieścił on na płytce szklanej kroplę cieczy gnijącej i obok niej kroplę cieczy przegotowanej, nie zawierającą mikrobów. Następnie połączył obie krople pomiędzy sobą cieniutkim mostkiem cieczy. Udało mu się dostrzec bezpośrednio, jak jeden mikrob przedostał się do kropli czystej. Wówczas szybko przerwał połączenie i po niejakim czasie stwierdził, że w kropli czystej mikroby rozmnożyły się obficie, powodując jej zmętnienie. Doświadczenie to przeszło na razie bez większego wrażenia. Odkrycie komórki drożdżowej i badania nad fermentacją cukru przeniosły zagadnienie samorództwa na inny teren. Biologowie twierdzili, że drożdże wywołują fermentację, chemicy zaś, że fermentacja jest samorzutnym procesem chemicznym i że drożdże rodzą się w fermentującym płynie. Berzelius mówił, że odkrycie drożdży może mieć znaczenie mikroskopowe, ale nie naukowe. Obrońcy samorództwa budowali coraz misterniejsze aparaty. Zacięty spór wydawał się dalszy niż kiedykolwiek od rozstrzygnięcia. Ten stan rzeczy trwał do chwili, kiedy na firmamencie nauki zajaśniała gwiazda Pasteura.

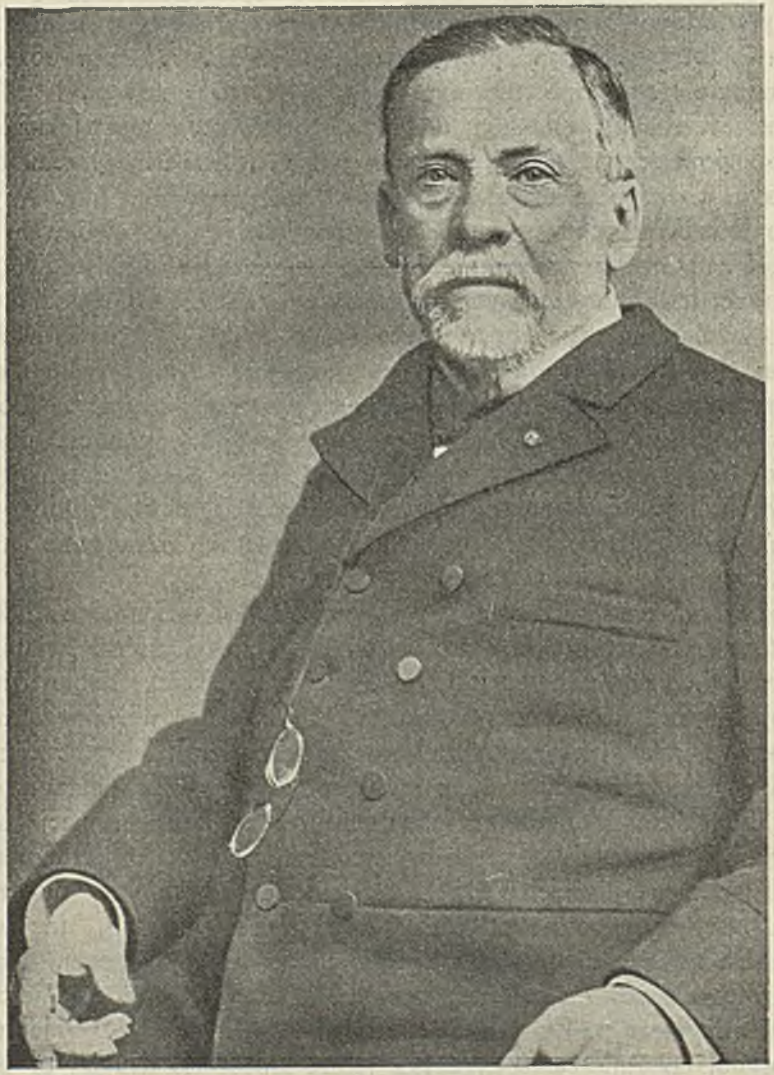
PASTEUR (1822 — 1895)

Dopiero Pasteurowi danym było rozstrzygnąć ostatecznie i nieodwołalnie, że gnicie i fermentacja dokonywa się jedynie pod działaniem mikrobów i że dla rozmnażania się mikrobów niezbędna jest obecność choćby tylko jednej komórki macierzystej. Pasteur dowiódł, że nie ma żadnego samorództwa mikrobów, że nie powstają one z cieczy, w której je znajdujemy, lecz rozmnażają się tak, jak wszystkie twory żywe. Doświadczenia, które obaliły teorię samorództwa, stały się podwaliną całej współczesnej metodyki bakteriologicznej i dlatego zatrzymamy się nad nimi nieco dłużej. Ażeby dowieść, że

bakterie nie powstają z podłoża, należało otrzymać podłoże w zupełności od bakteryj wolne i doskonale zabezpieczone przed ich wtargnięciem z zewnątrz. Nalewka mięsna — bulion jest po przegotowaniu zupełnie przezroczysta. To było wiadome od dawna i osiągnięcie tego nie przedstawiało żadnych trudności. Inaczej sprawa stała z dalszym zabezpieczeniem przegotowanego płynu. Pasteur rozwiązał to zadanie w sposób niezmiernie prosty. Przegotowywał podłoże w kolbie zatkanej korkiem z waty. Bakterie, które mogły dostać się tylko z powietrza, osiadały na wacie jak na filtrze i nie przenikały do wnętrza. Ciecz pozostawała przezroczysta przez całe lata. Wystarczało jednak wepchnąć korek do środka, ażeby płyn niebawem zmętniał. Pasteur wykonał jeszcze inne doświadczenie. Przegotował płyn w kolbie, której szyjka wyciągnięta była w kształcie litery S. Nawet bez wszelkiego zamknięcia ciecz pozostawała jałowa. Mikroby pomimo swych nikłych rozmiarów podlegają sile ciążenia i samorzutnie nie unoszą się w górę. Nie mogły przeto dostać się do płynu. Wystarczało jednak przez nachylenie kolby wpuścić płyn do szyjki, ażeby niebawem wystąpiło zmętnienie. Te niezmiernie proste doświadczenia udawały się zawsze. Każdy mógł je bez trudu powtórzyć. Zamknęły one usta obrońcom samorództwa ostatecznie i nieodwołalnie.

Drugim etapem metodyki Pasteura było otrzymanie hodowli czystej i, co za tym idzie, wprowadzenie systematyki do świata drobnoustrojów. W płynie gnijącym znajdujemy obok siebie drobnoustroje rozmaitego kształtu i wielkości, istny chaos wszelkiego rodzaju form. Pierwsi badacze mikrobów uważali kształt ich za rzecz obojętną i przypadkową. Pasteur zauważył, że gdy fermentacja cukru daje kwas zamiast alkoholu, wówczas w cieczy fermentującej znajdujemy obok drożdży bakterie w kształcie prątków. Postanowił oddzielić jedne od drugich i przekonać się, jak to wpłynie na fermentację. Metoda jego postępowania była równie genialna, jak prosta. Polegała na stopniowym rozcieńczaniu zawiesiny bakteryj. Pasteur przygotował szereg probówek, zawierających po kilka cm^3 jałowego płynu odżywczego. Do pierwszej z nich wpuścił kroplę fermentującego płynu, po zmieszaniu przeniósł jedną kroplę do drugiej probówki, potem z drugiej do trzeciej itp. Gdy po pewnym czasie płyny zmętniały, stwierdził, że w ostatniej probówce wszystkie drobnoustroje były do siebie podobne. Co więcej, stwierdził, że wywoływały one zawsze tę samą fermentację. Gdy były to kuleczki, powstawał alkohol, jeżeli były paieczki — kwas mlekowy. Stało się tak dlatego, że w ostatniej

probówce, w której wystąpiła fermentacja, znalazła się początkowo jedna tylko bakteria. W ten sposób powstała metodyka otrzymywania hodowli czystej, stanowiącej potomstwo jednej komórki bakteryj-



LUDWIK PASTEUR

nej. Jednocześnie Pasteur dowiódł, że kształt zewnętrzny i własności fermentacyjne bakteryj są to cechy stałe, a nie przypadkowe. Zrodziła się koncepcja gatunku w świecie bakteryj i swoistości ich działa-

nia, która w następstwie stała się fundamentem nie tylko całego przemysłu fermentacyjnego, ale przede wszystkim nauki o chorobach zakaźnych.

HODOWLA BAKTERYJ

Podłoże

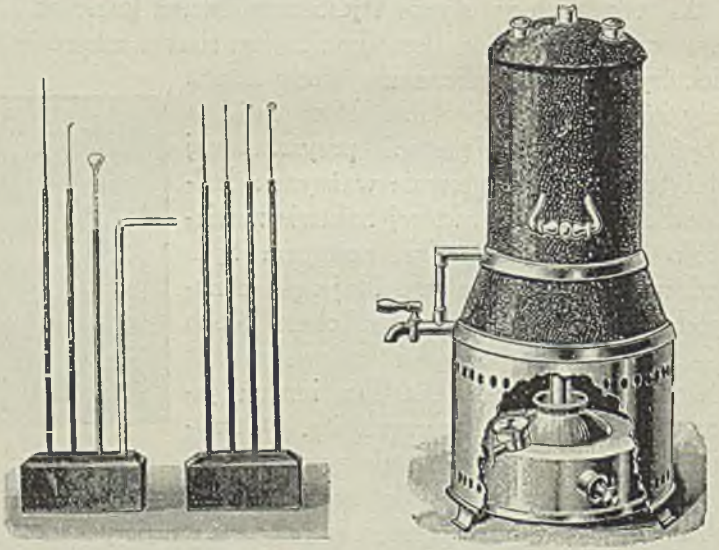
Współczesny stan metodyki badania bakteriologicznego jest tylko rozwinięciem i udoskonaleniem pierwszych poczynań Pasteura. Podłoże, które początkowo Pasteur sporządzał jedynie empirycznie, ma dzisiaj całą swą specjalną chemię. Musi ono zawierać wszystkie pierwiastki, z których zbudowana jest protoplazma komórek bakteryjnych, a więc węgiel, wodór, tlen, azot, fosfor, siarkę, sole sodu i potasu oraz niektórych ziem alkalicznych, ślady żelaza i niekiedy innych metali ciężkich. Pierwiastki te muszą być zawarte w postaci przyswajalnej i w należytej ilości. Niezmiernie ważnym składnikiem podłoża jest woda, której bakterie zawierają około 85%. Olbrzymim postępem było wprowadzenie pożywek stałych. Największe zasługi pod tym względem ma Robert Koch (1843 — 1910). Od początku hodowano bakterie na skrawkach ziemniaka lub innych jarzyn, na ściętym białku kurzym itp. Otrzymanie takiego podłoża w stanie jałowym nie zawsze się udawało. Dodawanie do podłoża płynnego substancji zestalających i krzepliwych znakomicie posunęło sprawę naprzód. Żelatyna rozpuszcza się, jak wiadomo, po ogrzaniu i krzepnie po ochłodzeniu. Bulion z żelatyną tworzy galaretkę, na której powierzchni siejemy bakterie w ten sposób, ażeby jedną kroplę badanego płynu jak najszerzej rozpostrzeć. Pojedyncze bakterie przywierają do podłoża i z każdej z nich rozwija się skupienie, które nazywamy kolonią. Kolonie mogą być wypukłe, płaskie, gładkie albo ziarniste, większe lub mniejsze, z brzegiem równym lub strzępiastym itp. Właściwości kolonij są tak samo stałe jak inne cechy bakteryj i rozszerzają znakomicie zakres cech różniczkowych. Dla mikrobiologii lekarskiej było rzeczą pierwszorzędnej wagi otrzymanie podłoża zestalonego, nie upłynniającego się w temperaturze 37°, w jakiej rośnie większość bakterii chorobotwórczych. Żelatyna do tego się nie nadaje, gdyż rozrzedza się już powyżej 25°. Zastąpił ją a g a r, substancja ręczniejąca i krzepliwa, otrzymywana z pewnego gatunku wodorostów ja-

Robert Koch.

pońskich. Agar z bulionem rozpuszcza się w temperaturze 100° i krzepnie już w temperaturze około 45°.

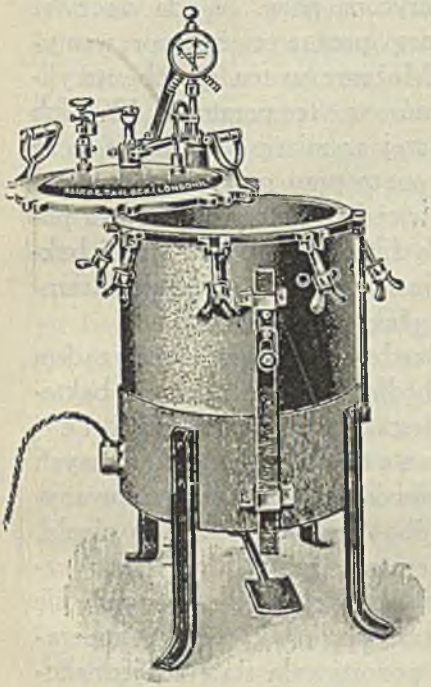
Sterylizacja

Otrzymanie podłoża w stanie jałowym nazywamy sterylizacją. Płyny i ciecze niekrzepliwe sterylizujemy przez zagotowanie, które z reguły niszczy wszelkie bakterie. Sterylizować należy również naczynia i wszelkie przyrządy, którymi posługuje się bakteriolog. Najprostszym i najskuteczniejszym czynnikiem sterylizującym jest płomień. Bezpośrednio w ogniu odkażamy druciki platyno-



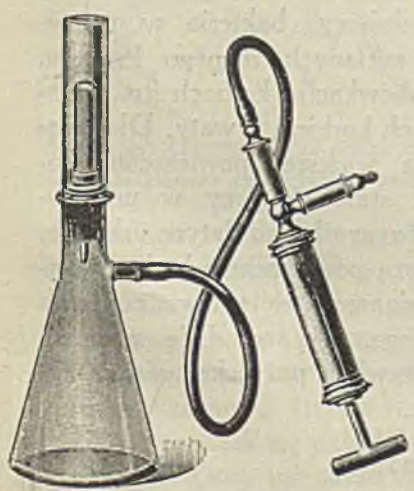
Na lewo — druciki i oczka platynowe; bagietka szklana. *Na prawo* — kociołek Kocha.

we w kształcie igły lub zakończone oczkiem, służące do przenoszenia bakteryj z jednego naczynia do drugiego. Przyrządy szklane odkażamy w suszarce w temperaturze około 250°. Ciecze zagotowujemy, albo wprost na ogniu, albo umieszczając naczynia na łaźni wodnej, przykrytej hełmem blaszanym. Jest to t. zw. kociołek Kocha. Niektóre formy bakteryj giną w temperaturze wyższej. Są to t. zw. zarodniki, o których będzie mowa poniżej. Niszczymy je w specjalnym kociołku, t. zw. autoklawie. Ma on szczelną pokrywę i odpowiednio obciążony wentyl. Na dno nalewamy wody i następnie umieszczamy na odpowiedniej podstawce kolby i probówki, które chcemy sterylizować. Gdy woda zago-

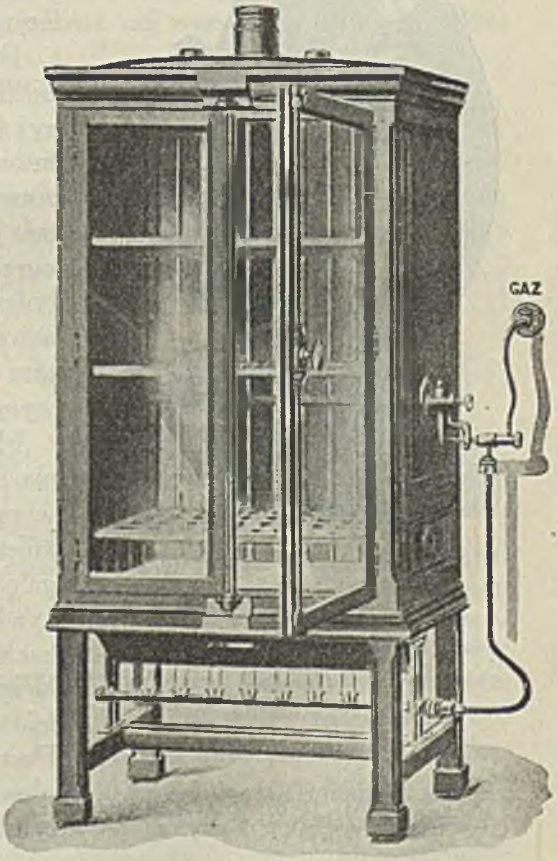


Autoklaw.

PŁYTKI PETRIEGO

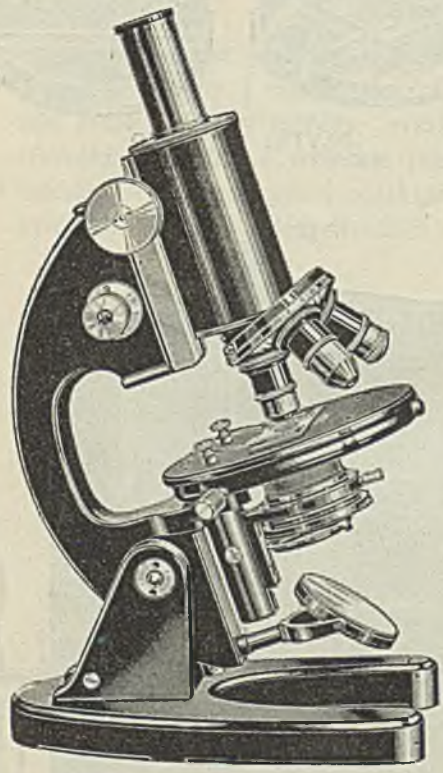


Sączek porcelanowy do filtrowania pod zmniejszonym ciśnieniem.



CIEPLARKA BAKTERIOLOGICZNA (ogrzewana gazem). Z boku widać regulator.

tuje się i wypchnie powietrze, zamykamy szczelnie pokrywę. Cała przestrzeń jest wówczas wypełniona nasyconą parą. Woda zaczyna wrzeć dopiero wtedy, gdy ciśnienie pary przezwycięży opór wentyla. Możemy w ten sposób sterylizować w temperaturze 120° lub wyższej w miarę potrzeby. Ciecze krzepnące przy gotowaniu, jak np. surowicę krwi, sterylizujemy za pomocą filtrowania przez sączki bakteryjne, sporządzane z niepolewanej glinki porcelanowej.



MIKROSKOP LABORATORYJNY. Jest to, jak widzimy, przyrząd skomplikowany. Soczewka górna zwie się okularem, dolna — obiektywem. Kilka obiektywów *(t. zw. „rewolwer")* umożliwia uzyskiwanie powiększeń różnego stopnia.

Bardzo ważnym przyrządem niezbędnym do hodowania bakteryj jest cieplarka czyli termostat. Jest to szafa różnych rozmiarów ze ścianami izolowanymi, aby ograniczyć stratę ciepła, ogrzewana gazem lub elektrycznością, których dopływ reguluje się automatycznie tak, ażeby temperatura pozostawała stale na jednakowym poziomie.

Hodujemy bakterie w naczyniach szklanych różnego kształtu, w probówkach, kolbach itp., zamkniętych korkiem z waty. Dla osiągnięcia większej powierzchni pożywki stałej ścinamy w probówkach agar lub żelatynę skośnie. Większą powierzchnię hodowli stałej osiągamy w t. zw. płytkach Pertriego. Są to dwie miseczki z płaskim dnem różnej średnicy. Dolna zawiera pożywkę, górna, nieco większa od niej, służy za przykrywkę.

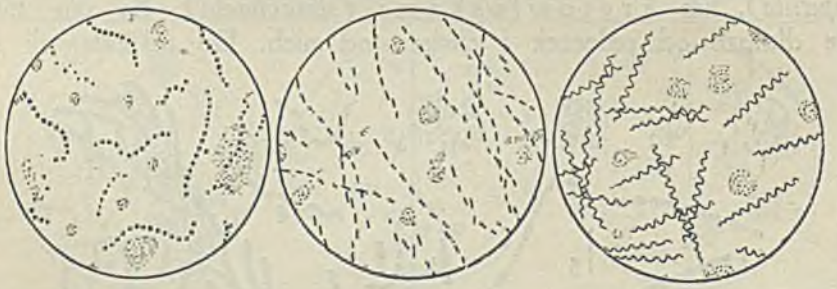
BADANIE BAKTERYJ

Do badania bakteryj niezbędny jest mikroskop powiększający silnie, zwykle około 1000 razy. Przeważnie stosujemy t. zw. obiektywy imersyjne, w których preparat na szkiełku łączy się z soczewką za pomocą kropli olejku cedrowego celem uniknięcia rozproszenia

światła. Bakterie nie barwione oglądamy w kropli płynu obojętnego, w t. zw. kropli wiszącej. Barwimy preparaty za pomocą barwików, przeważnie anilinowych. Zawiesinę bakteryj lub materiał, w którym ich szukamy, rozpościeramy na szkiełku dla wyschnięcia, następnie przeprowadzamy preparat przez płomień gazowy lub spirytusowy dla ścięcia protoplazmy, co ułatwia przenikanie barwika do komórki bakteryjnej, i wreszcie zalewamy rozcieńczonym roztworem barwika: fuksyny, błękitu metylenowego itp. Barwienie znakomicie ułatwia wykrycie bakteryj, pozwala określić ich kształt, a niekiedy i gatunek. Tak np. w plwocinie możemy za pomocą specjalnego barwienia odróżnić prątki gruźlicze od wszystkich innych bakteryj.

KSZTAŁT I BUDOWA BAKTERYJ

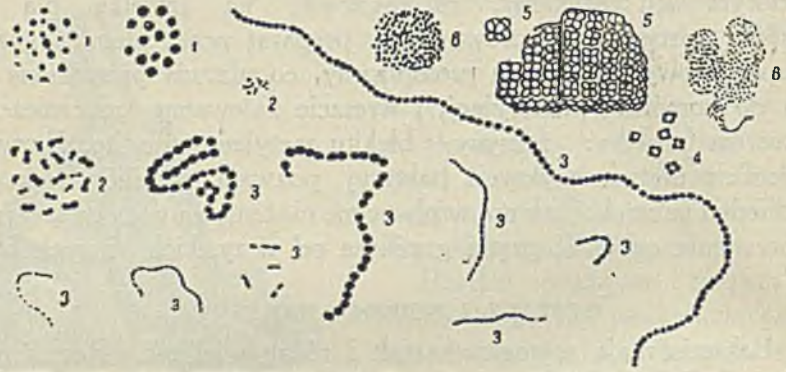
Bakterie mają rozmaity kształt i różną wielkość. Rozróżniamy bakterie kuliste, pałeczkowate i śrubowate. Kuliste nazywamy ziarnikami lub kokami. Średnica ich wynosi przeciętnie około 1 mikrona. Mogą one układać się pojedynczo, albo w nieregularnych



ODMIANY BAKTERII. Na lewo: ziarenkowce (paciorkowce i gronkowce). W środku: pałeczkowce (pałeczki i laseczki). Na prawo: krętkowce (śrubowce i krętki).

skupieniach — mówimy wtedy o gronkowcach *(stafilokoki)*, albo w łańcuszki — paciorkowce *(streptokoki)*, wreszcie parami *(diplokoki)*. Gronkowce i paciorkowce znajdujemy np. w ropie. Dwoinki mogą mieć albo wygląd dwu ziarenek kawy, spłaszczonych w miejscu zetknięcia — do takich należą dwoinki rzeżączki (trypra), czyli gonokoki, albo stykać się krótszym wymiarem — tak się układają dwoinki zapalenia płuc, czyli pneumokoki. Obserwujemy też układ czwórkowy, ósemkowy lub w kształcie sześcianów. Pałeczki bywają różnej długości, od kilku do kilkunastu mikronów. Grubość ich wynosi pół mikrona lub więcej. Wahania są bardzo znaczne. Pałeczka grypy np. należy do najmniejszych i długość jej nie dochodzi do 1 mikrona. Laseczka wąglika natomiast mo-

że dochodzić do kilkunastu mikronów długości. Podział na pałeczki *(bacteria)* i laseczki *(bacilli)* jest czysto umowny. Nazwą drugą oznaczamy gatunki wytwarzające zarodniki. (Patrz



ODMIANY OKRĄGŁE MIKROBÓW. 1. Ziarenkowce. 2. Dwoinki. 3. Paciorkowce. 4. Czworaczki. 5. Czworniaki. 6. Gronkowce. (Powiększenie 1000-krotne).

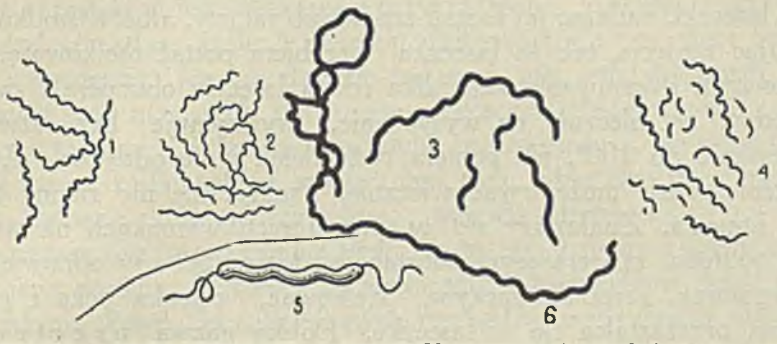
niżej). Bakterie kształtu śrubowatego nazywamy krętkami *(spirilla)*, lub krętowłoskami *(spirochaeta)*. Są one zwykle dłuższe od pałeczek i cieńsze od nich. Do tej kategorii na-

PAŁECZKOWATE ODMIANY MIKROBÓW. 1-3. Bakterie. 4. Pałeczki po dwie. 5. Pałeczki. 6. Pałeczki ułożone w paciorki. 7. Postacie degeneracyjne pałeczek. (Powiększenie 1000-krotne).

leży krętek kiłowy. Bakterie w kształcie odcinka śruby, nieco zagięte i zakrzywione, nazywamy mętwikami (vibrio) albo przecinkowcami, np. mętwik cholery azjatyckiej.

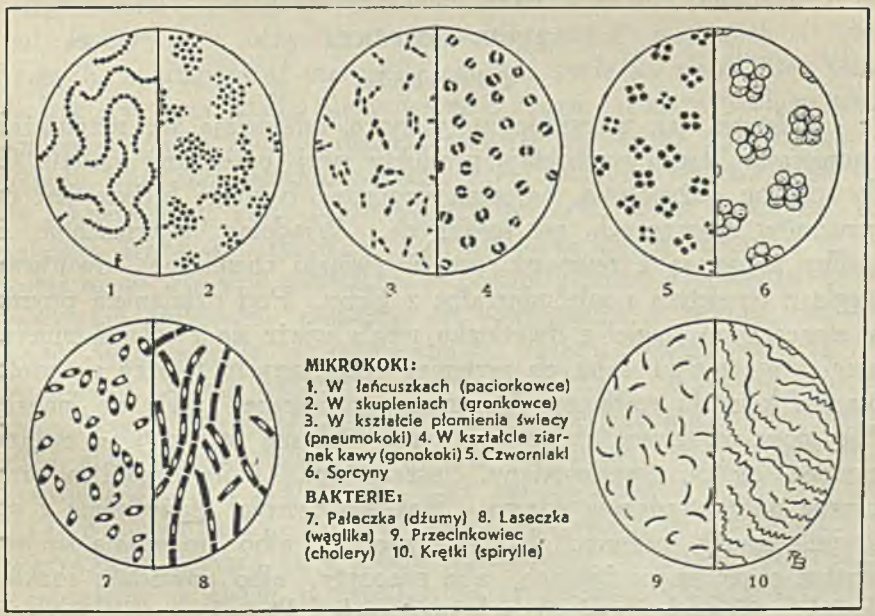
Pod względem budowy bakterie są to twory jednokomórkowe, pozbawione wyodrębnionego jądra, co je różni od komórek roślinnych i zwierzęcych. Niektóre gatunki posiadają cieńszą lub grubszą otocz-

kę, chroniącą bakterie przed działaniem czynników szkodliwych. Inne mają na swej powierzchni rzęski czyli witki. Są to niby wiosła, z po-



KRĘTKOWCE I PRZECINKOWCE. 1. Krętek Obermeyera (wywołujący dur powrotny). 2. Krętek zębowy. 3. Krętek z gnijącego sera. 4. Przecinkowiec cholery azjatyckiej. 6. Śrubowiec. (Powiększenie 1000-krotne).

mocą których bakterie poruszają się w środowisku płynnym. Rzęski pokrywają całe ciało bakterii lub są zgrupowane na biegunach. Za



pomocą specjalnych metod barwienia wykrywamy w ciele rozmaitych bakterii drobniutkie ziarenka tłuszczowe, węglowodanowe, białkowe itp.

Zarodniki stanowią niezmiernie ważny organ niektórych gatunków bakteryj. Są to kuleczki bardzo zbitej protoplazmy, otoczone

mocną błonką. Zarodniki powstają, gdy bakteria znajdzie się w niepomyślnych warunkach istnienia. Wytwarzają się one albo na końcach laseczki, nadając jej kształt szpilki lub rakiety, albo w środku, powodując wzdęcie, tak że laseczka przybiera postać osełkowatą. Po całkowitym sformowaniu zarodnika reszta laseczki obumiera i zanika. Zarodnik jest nieczuły na wysychanie, wytrzymuje bez szwanku ogrzewanie do 100°, nie pobiera pożywienia i nie oddycha. Zarodnik teoretycznie może trwać wiecznie. Praktycznie nie znamy kresu jego istnienia. Znalazłszy się w pomyślnych warunkach na wilgotnym podłożu, zawierającym substancje odżywcze, i w odpowiedniej temperaturze, zarodnik zaczyna kiełkować, osłonka pęka i protoplazma przekształca się w laseczkę. Polska nazwa przetrwalnika dobitnie charakteryzuje znaczenie biologiczne tej postaci bakteryjnej. Zarodniki odgrywają doniosłą rolę w szerzeniu się chorób i stanowią nieraz ciężki problemat, gdy chodzi o ich zniszczenie bez uszkodzenia podłoża, na którym się znajdują, np. gdy chodzi o odkażanie skór zwierząt padłych na wąglik.

ŻYCIE BAKTERYJ

Odżywianie

Bakterie, jak wszystkie istoty żywe, odżywiają się, rozmnażają i umierają. Nadto wydzielają produkty swej przemiany materii. Co do sposobu odżywiania, ogromna większość bakteryj bliższa jest organizmów zwierzęcych, niż roślinnych. Wiadomo powszechnie, że rośliny pobierają z zewnątrz proste związki chemiczne: dwutlenek węgla z powietrza i sole mineralne z gleby. Pod działaniem promieni słonecznych węgiel z dwutlenku węgla wiąże się z solami mineralnymi i w wyniku dalszych przemian chemicznych tworzy się protoplazma komórki roślinnej. Organizmy zwierzęce żywią się inaczej. Nie mogą się żywić ciałami prostymi. Muszą otrzymywać związki złożone, białka, węglowodany, tłuszcze itp., które organizm przetwarza na protoplazmę własną. Bakterie czerpią pożywienie z gotowych tkanek roślinnych lub zwierzęcych, albo rozwijają się wewnątrz organizmów żywych jako pasożyty, albo powodują rozkład tkanek roślinnych i zwierzęcych martwych. Do pierwszej kategorii należą bakterie chorobotwórcze. Stanowią one niewielką część ogólnego świata mikrobów, którego olbrzymia większość to bakterie, powodujące rozkład materii organicznej martwej. Pospolicie nazywamy to gniciem lub butwieniem. Materia organiczna rozpada się przy

tym na proste związki mineralne lub organiczne, przyswajalne przez nowe pokolenia roślin. Uwalniają się przy tym różne substancje gazowe, częstokroć wydzielające przykrą woń. Gniciem nazywamy rozkład szczątków roślin i zwierząt, odbywający się w głębi bez dostępu powietrza. Jest on dziełem bakteryj, nie potrzebujących tlenu, a nawet nie mogących żyć w jego obecności. Nazywamy je b e z t l e n o w c a m i. Butwieniem lub próchnieniem nazywamy rozkład tkanek roślinnych na powierzchni, tam, gdzie tlen ma dostęp obfity. Bakterie, które je wywołują, stanowią grupę t l e n o w c ó w. Wymagają one bezwzględnie tlenu dla swego rozwoju i nie mogą żyć bez jego dostępu. Fermentacją nazywamy rozszczepianie przez bakterie już nie tkanek, lecz określonych produktów pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego. Mówimy o fermentacji soku winogron na wino, zacieru słodowego na piwo, mleka na sery itp.

Procesy gnicia i butwienia odgrywają doniosłą rolę w ekonomice wszechświata. Dzięki nim pierwiastki uwięzione w tkance roślinnej i zwierzęcej powracają do tego stanu, w którym mogą być zużytkowane przez nowe pokolenie roślin. Gnicie i butwienie z jednej strony więc oczyszcza ziemię ze zwłok roślinnych i zwierzęcych, z drugiej zaś utrzymuje ciągłość życia na ziemi. Bez udziału bakteryj świat stałby się w krótkim czasie jednym wielkim cmentarzem, a nadto życie musiałoby zamrzeć na skutek wyczerpania się zapasu substancji przyswajalnych przez rośliny. Bakterie sprawiają, że pierwiastki, z których zbudowane jest ciało roślin i zwierząt, nieustannie krążą w przyrodzie. Na specjalną uwagę zasługuje tu krążenie azotu, który w powietrzu, w postaci gazowej, odznacza się wyjątkowym lenistwem, niechęcią do wiązania się z innymi pierwiastkami. Włączenie go w krąg obrotu materii żywej jest przede wszystkim zasługą bakteryj. Jedne ich gatunki rozkładają związki organiczne w ten sposób, że azot uwalnia się z nich w postaci związków mineralnych, przyswajalnych przez rośliny. Proces ten nazywamy d e n i t r y f i k a c j ą. Inne znowu gatunki, t. zw. b a k t e r i e n i t r y f i k u j ą c e zachowują się przeciwnie: pobierają azot z powietrza i wiążą go z solami mineralnymi. Bakterie nitryfikujące znajdujemy w glebie, w guzkach na korzonkach roślin motylkowych, jak rośliny strączkowe i inne. Guzki te są to istne kolonie odpowiednich bakterii. Z guzków jak ze śpiżarni roślina czerpie cały zapas związków azotowych, potrzebnych jej do rozwoju. Rolnik przyorywa wyrośnięty łubin, ażeby zaopatrzyć glebę w azotany. Olbrzymie zło-

ża saletry są także dziełem bakteryj, które przetworzyły substancję organiczną na ten cenny dla rolnictwa minerał*).

Rozmnażanie

Drugą z kolei funkcją życiową bakteryj jest ich rozmnażanie się. Bakterie rozmnażają się przez podział, i to w bardzo szybkim tempie. Teoretycznie nowe pokolenie, dwa razy liczniejsze od poprzedniego, zjawia się przeciętnie co 20 minut. Mamy więc w ciągu doby 72 pokolenia. W ten sposób z jednej bakterii powinno powstać w ciągu doby 4720 kwadrylionów osobników. Zakładając, że miliard bakteryj waży 1 miligram, otrzymamy pokaźną masę 472 dziesięciotonnowych ładunków wagonowych. Rozmnażając się w tym tempie, bakterie w krótkim czasie wyczerpałyby cały istniejący na świecie zapas pierwiastków, wchodzących w skład ich ciała, i zasłałyby swą masą całą powierzchnię ziemskiego globu. Na szczęście szereg momentów stoi temu na przeszkodzie. Z jednej strony działa tu konkurencja wzajemna drobnoustrojów oraz całej flory i fauny. Następnie takie teoretyczne tempo rozwoju jest możliwe tylko w sztucznych warunkach optymalnych (najlepszych), z którymi bakterie w przyrodzie nie spotykają się wcale. Wreszcie bakterie wydzielają produkty dla nich samych szkodliwe. Dlatego nawet w warunkach najlepszych na podłożu sztucznym bakterie nie rozmnażają się bez ograniczeń, lecz szybko umierają. Hodowla sztuczna rośnie zwykle 24 do 48 godzin, po czym następuje stopniowe jej obumieranie.

Śmierć bakteryj następuje nie tylko w sposób naturalny. Powodują ją także rozliczne czynniki zewnętrzne, o których częściowo wspominaliśmy wyżej, a więc wysoka temperatura, wysychanie, światło słoneczne i rozmaite substancje chemiczne. Niszczenie bakteryj nazywamy odkażaniem czyli dezynfekcją. Do najpopularniejszych środków dezynfekcyjnych należy dwuchlorek rtęci czyli sublimat, stosowany w rozczynie 1:2000 — 1:1000, karbol, często zwany kwasem karbolowym, lysol — oba w rozczynie 3%, kreolina, jodyna, czyli roztwór jodu w alkoholu, mleko wapienne, chlorek wapnia i wiele innych.

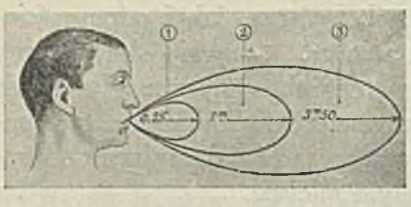
---

*) Jak zaznaczyliśmy wyżej, żywienie się bakteryj na podobieństwo zwierząt stanowi zasadę ogólną. W stosunku do niej pobieranie azotu z powietrza jest wyjątkiem takim samym, jak pobieranie tlenu przez bakterie tlenowe. W porównaniu z życiem całokształtu świata bakteryj są to jednak wyjątki nieliczne.

ROZPOWSZECHNIENIE BAKTERYJ W PRZYRODZIE. SAPROFITY I BAKTERIE CHOROBOTWÓRCZE

Bakterie spotykamy wszędzie, gdzie tylko mogą one znaleźć pożywienie: w wodzie i w glebie, na lodowcach i na dnie morza, na powierzchni roślin i zwierząt, na skórze i na wszystkich dostępnych z zewnątrz błonach śluzowych ciała, na spojówce oka, w jamie ustnej, na śluzówce jelit itp. Dawniej sądzono, że bakterie znajdują się w powietrzu. Dziś wiemy, że to się dzieje tylko wyjątkowo, gdy prądy powietrza unoszą cząstki pyłu lub kropelki pary i śluzu wydalane na zewnątrz podczas kaszlu.

Cała masa gatunków bakteryjnych, warunkujących gnicie i próchnienie, przeciwstawia się drobnej stosunkowo grupie bakterii chorobotwórczych. Pierwsze w odróżnieniu od ostatnich nazywamy saprofitami od greckiego wyrazu sapros — zgniły. Drugie — bakterie chorobotwórcze są to pasożyty przystosowane ściśle do warunków panujących w ustroju ludzkim lub zwierzęcym, ewentualnie roślinnym. Wydzielają one toksyny, powodujące określony zespół objawów chorobowych. Nie wszystkie bakterie znajdujące się w organizmie wywierają działanie chorobotwórcze. Tak np. kał zdrowych ludzi i zwierząt w ogromnej części składa się z bakteryj, ma swoją florę bakteryjną, nie wywołującą żadnego działania chorobowego. Mikroby takie mogą być niekiedy dla ustroju pożyteczne. Tak np. trawienie błonnika, wchodzącego w skład paszy zwierząt roślinożernych, jest dziełem mikroflory przewodu pokarmowego, gdyż ustrój zwierzęcy odnośnego fermentu nie produkuje.



Schemat zasięgu zakażenia podczas mówienia (1), kaszlu (2), kichania. (3).

Jak można stwierdzić, że bakterie znajdujące się w ustroju chorym są przyczyną choroby?

Robert Koch ujął to zagadnienie w postaci trzech postulatów, noszących w nauce jego imię. Po pierwsze należy bakterie w ustroju chorym znaleźć, stwierdzić ich obecność w preparacie mikroskopowym z tkanek, wydalin lub wydzielin. Po wtóre należy z odnośnego materiału otrzymać hodowlę tych samych bakterii na podłożu sztucznym bez domieszki innych drobnoustrojów. Wreszcie po trzecie należy przez wprowadzenie otrzymanej hodowli czystej do organizmu wrażliwego wywołać identyczny lub co najmniej podobny proces chorobowy, połączony z rozmnożeniem się odnośnego drobnoustroju w or-

ganizmie sztucznie zakażonym. Tylko w razie dodatniego wyniku wszystkich trzech elementów badania możemy powiedzieć, że daną chorobę wywołuje ten sam, a nie inny drobnoustrój.

Zarazki chorobotwórcze są tak doskonale przystosowane do ustroju swego żywiciela, że w ogromnej większości wypadków nie mogą żyć i rozmnażać się poza jego obrębem. Przystosowanie to dotyczy zarówno składu podłoża, jak i temperatury. I dlatego hodujemy bakterie chorobotwórcze w temperaturze 37°. Bakterie wydalone z ustroju zakażonego giną po upływie krótszego lub dłuższego przeciągu czasu zależnie od swej wytrzymałości, ale rozmnażają się dopiero, gdy się znajdą w nowym ustroju wrażliwym. Jedne bakterie są tak wrażliwe na wpływy zewnętrzne, że giną bardzo szybko po opuszczeniu ustroju i zakażenie może się dokonać tylko drogą bezpośredniego zetknięcia organizmu zdrowego z chorym. Dotyczy to np. w olbrzymiej większości wypadków zakażeń wenerycznych. Inne, jak np. pałeczka duru brzusznego, mogą przez dłuższy czas zachować swą żywotność i zjadliwość w wodzie lub mleku. Zarodniki mogą czekać na okazję zetknięcia się z organizmem wrażliwym przez czas nieograniczony. Niektóre zarazki przenoszone są przez żywicieli pośrednich, najczęściej przez owady kłujące, pobierające krew od chorego. W owadach takich zarazek może się rozmnażać obficie. Tak dzieje się z zarazkiem tyfusu plamistego we wszy, z zarazkiem zimnicy w ustroju komara widliszka itp. Ukłucie człowieka zdrowego wprowadza zarazek do jego krwi. Bez udziału żywiciela pośredniego zarazek nie może się dostać do ustroju wrażliwego.

Poznanie źródeł zakażenia i dróg przenoszenia się zarazka jest podstawą zwalczania chorób zakaźnych. Dobitnym tego przykładem jest sprawa leczenia ran. W okresie przedbakteriologicznym medycyna była bezsilna wobec zakażeń przyrannych. Nawet najniewinniejszy zabieg chirurgiczny mógł spowodować śmierć chorego. Słynny chirurg angielski J. Lister (1827—1912) pierwszy przystosował odkrycia Pasteura do leczenia ran. Wprowadził on zasadę odkażania rany. Postępowanie takie nazywamy antyseptycznym czyli przeciwgnilnym. Lister niszczył bakterie w ranie głównie za pomocą karbolu. Wyobrażał sobie przy tym, że zarazki przyranne unoszą się w powietrzu. Aby je zabić, operował w atmosferze rozpylonej wody karbolowej. Dziś wiemy, że jest to bezcelowe, a może być niebezpieczne, gdyż karbol może spowodować zatrucie chorego. Z biegiem czasu antyseptyka ustąpiła miejsca aseptyce, czyli postępowaniu bezgnilnemu. Chirurgia współczesna sta-

ra się nie dopuścić zarazka do rany. Dziś wiemy, że zarazki mogą się dostać do rany tylko za pośrednictwem rąk, instrumentów lub materiałów opatrunkowych. Dlatego też chirurg przed operacją starannie myje ręce, operuje odkażonymi instrumentami i posługuje się dokładnie wysterylizowanym materiałem opatrunkowym. Dziś zakażenie czystej rany chirurgicznej może być tylko następstwem niedość ścisłego postępowania aseptycznego.

Na ogół powiedzieć można, że punktem wyjścia zakażenia zarówno pojedynczych osobników, jak i większych zespołów jest osobnik chory. Dawniej sądzono, że jest to jedyne źródło, z którego mogą się rozwinąć zakażenia następne. Dziś wiemy, że jest inaczej.

Wspominaliśmy na wstępie, że wtargnięcie zarazka do ustroju jest niezbędnym warunkiem wywiązania się choroby zakaźnej. Nie jest to jednak warunek jedyny. Doniosłą rolę odgrywa tu wrażliwość osobnicza. Pod wpływem wtargnięcia zarazka jeden osobnik zachoruje ciężko, drugi lżej, u trzeciego mogą wystąpić lekkie, niedostrzegalne niemal objawy, a jeszcze inny nie zachoruje wcale, choć się bakterie w nim na czas krótszy lub dłuższy zagnieździły. Nazywamy to zakażeniem utajonym czyli bezobjawowym. Osobnik taki staje się zbiornikiem zarazka równie niebezpiecznym, jak osobnik ciężko chory. Stan zakażenia utajonego nazywamy inaczej nosicielstwem zarazka. Stanowi ono bardzo często końcowy etap rekonwalescencji po chorobie. Objawy mogą ustąpić, chory jest już zupełnie zdrów, a tymczasem wciąż jeszcze w ustroju znajdują się zarazki, które wydalane na zewnątrz, mogą powodować nowe zakażenia. Wykrywanie zakażeń utajonych, wyszukiwanie nosicieli wśród osobników zdrowych odgrywa olbrzymią rolę w zwalczaniu chorób zakaźnych. Istnieje tu mnóstwo możliwości i wielka rozmaitość zjawisk. Zajmuje się tym wszystkim epidemiologia, traktująca chorobę zakaźną jako zjawisko zespołowe, ogarniające całe społeczeństwo lub jego odłamy. Zakażeniem jako zjawiskiem indywidualnym zajmuje się patologia chorób zakaźnych.

BAKTERIE A ZARAZKI

Rozważania powyższe poświęciliśmy tylko bakteriom. Nie wynika stąd jednak, aby jedynie spośród nich rekrutowały się zarazki chorobotwórcze. Istnieje szereg chorób zakaźnych wywoływanych przez drobnoustroje, należące z całą pewnością do świata zwierzęcego. Zimnicę czyli malarię, o której wspominaliśmy na wstępie, wywołuje swoisty gatunek pełzaka. Szereg groźnych zaraz zwierzęcych i niemniej

groźną śpiączkę ludzką podzwrotnikową wywołują świdrowce, należące do kategorii wiciowców. Wiele jest jeszcze innych chorób tego samego rodzaju. Zarazki takie nie dają się na ogół hodować na pożywce sztucznej i przechodzą szereg przeobrażeń.

Specjalną dziedzinę zarazków stanowią t.zw. zarazki przesączalne czyli pozawidzialne. Do chorób wywoływanych przez nie należy t.zw. porażenie dziecięce czyli choroba Heine-Medina, ospa, wścieklizna, pryszczyca bydła rogatego itp. Zarazki te są tak drobne, że nie można ich dostrzec przez najlepszy mikroskop. Wielkość ich mierzy się w tysiącznych częściach mikrona, przechodzą one przez sączki, zatrzymujące bakterie, nie dają się hodować na podłożach sztucznych, rozmnażają się tylko w obecności żyjącej wrażliwej tkanki. Stoją one na pograniczu pomiędzy materią żywą a martwą, pomiędzy bakteriami z jednej, a fermentami z drugiej strony.

Do kategorii rozmnażających się tworów przesączalnych należą bakteriofagi. Są to poniekąd pasożyty komórki bakteryjnej. Posiadają one zdolność niszczenia młodych, żywych bakterii i rozmnażania się przy tym. Tak jak pasożyty organizmów ludzkich i zwierzęcych rozmnażają się tylko w pewnych gatunkach żywicieli, tak samo i bakteriofagi odznaczają się wybitną wybiórczością. Działają one nie tylko na określone gatunki bakteryj, ale nawet tylko na pewne szczepy danego gatunku. Z niszczeniem bakteryj przez bakteriofagi wiązano daleko posunięte nadzieje leczenia za pomocą bakteriofagów niektórych chorób zakaźnych. Odkrywca bakteriofagów d'Herelle twierdził, że bakteriofagi czerwonkowe, t.j. niszczące pałeczkę czerwonki mogą mieć zastosowanie lecznicze. Sądził on także, że pomiędzy obecnością bakteryj a bakteriofagiem istnieje pewien antagonizm, że bakteriofagi zjawiają się w okresie zdrowienia, że więc niszczenie bakteryj przez nie wpływa na przebieg choroby. Koncepcja ta nie jest dziś powszechnie przyjęta i nadzieje lecznicze nie sprawdziły się. Pomimo to bakteriofagi stanowią niezmiernie ciekawą dziedzinę badań, która przyczyniła się znacznie do rozwoju naszych poglądów na zarazki przesączalne.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA BIBLIOTEKA GŁÓWNA w Gliwicach

SPIS TABLIC

			Str.
Tablica	1.	Schemat krwiobiegu *(Wg Tout le corps humain)*	112—113
„	2.	Krtań, tchawica i płuca	128—129
„	3.	Narządy klatki piersiowej i jamy brzusznej	152—153
„	4.	Stosunek wzajemny między szyszynką, gruczołami płciowymi i grasicą *(Wg F. Kahna)*	192—193
„	5.	Mózg	248—249
„	5a	Układ autonomiczny *(wegetatywny)*	248—249
„	6.	Oko *(Wg Concise Home Doctor)*	260—261
„	7.	Narządy płciowe męskie i kobiece *(Wg Quilleta)*	304—305
„	8.	Mechanizm zapłodnienia	312—313

POLITECHNIKA ŚLĄSKA BIBLIOTEKA GŁÓWNA w Gliwicach

BG Politechniki Śląskiej
nr inw.: 102 - 141117
Dyr.1 141117