Sonderdruck aus der Münchener medizinischen Wochenschrift
1920, Nr. 41, S. 1168 u. 1169

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik Tübingen.
Vorstand: Prof. Dr. Perthes.

Die homogene Röntgendurchstrahlung tuberkulöser Gelenke mit Umbau und Bolusfüllung.

Kurze Mitteilung.

Von Priv.-Doz. Dr. Otto Jüngling, Assistenzarzt der Klinik.

Die Röntgenbehandlung der Gelenktuberkulose ist ein noch völlig ungelöstes Problem. Das ist kein Wunder; denn einmal ist der Gegenstand der Behandlung nicht einheitlich. Es ist nicht gleichgültig, ob wir eine destruierende Tuberkulose mit Neigung zum Fortschreiten, oder eine larvierte Form mit Neigung zur Ausheilung, ob wir eine ossäre oder fungöse Form, ob wir ein Kind oder einen Erwachsenen in Behandlung bekommen, ob es sich um ein kleines oder um ein grosses Gelenk handelt. Zum zweiten — und das scheint mir der Kernpunkt der Frage zu sein — haben wir keine einheitliche Dosierung. Was wir in der Literatur angegeben finden, sind Oberflächendosen mit Nennung der Felderzahl, die Oberflächendosen häufig in nichtssagenden Grössen wie H oder F oder X, günstigstenfalls in Prozenten der Hauteinheitsdosis, meist ohne Qualitätsangabe der Strahlung. Man gewinnt keinerlei Vorstellung über die Strahlenverteilung im durchstrahlten Querschnitt, also über die Dosis, von der die einzelnen Herde, wo immer sie liegen mögen, getroffen worden sind.

Die Kenntnis der verabreichten Dosis muss aber doch wohl Voraussetzung sein, ehe wir uns über den Wert oder Unwert eines Medikaments ein Urteil bilden können.

Die Dosierungsfrage bei der Gelenktuberkulose ist nur dann zu lösen, wenn es technisch möglich ist, ein Gelenk von verschiedenen Seiten her annähernd homogen zu durchstrahlen.

Dahingehende Untersuchungen habe ich in der Strahlentherapie 10. H. 2 S. 501 („Untersuchungen zur chirurgischen Röntgentiefentherapie") veröffentlicht. Ich habe dort zu zeigen versucht, wie man einer bis zum Homogenitätspunkt gefilterten Strahlung, deren biologische Wertigkeit in verschiedenen Tiefen und unter verschiedenen Bedingungen mit Hilfe der Wurzelreaktion von Vicia faba equina festgestellt ist, einen homogen gedachten Zylinder von 4 Seiten her bestrahlen müsse, um ihn einigermassen homogen zu durchstrahlen. Als

Beleg habe ich einen Fall von Kniefungus mitgeteilt, bei dem die erreichte homogene Durchstrahlung aus der erzielten gleichmässigen Hautreaktion zu erschliessen war.

In der Praxis zeigte es sich bald, dass nur die wenigsten Fälle von Fungus sich so weit der Spindel- bzw. Zylinderform näheren, dass eine exakte Feldeinstellung möglich war. Ich kam daher schon sehr bald auf den Gedanken, ob es nicht möglich wäre, dem zu durchstrahlenden Gelenk durch Umscheidung mit Pappe eine beliebige geometrisch genau bestimmbare Form zu geben. Es mussten dann natürlich die Lücken zwischen Umbau und Hautoberfläche mit einem Material ausgefüllt werden, das die Röntgenstrahlen im selben Mass absorbierte wie das Gewebe.

Ein solches Material fand sich für Reststrahlung in Bolus alba bzw. Talcum. Für eine mit 3 mm Aluminium gefilterte Strahlung war es nötig, Bolus etwa zur Hälfte mit Mehl zu mischen. Die genaueren Untersuchungen hierüber sollen an anderer Stelle veröffentlicht werden. Ich erwähne hier nur, dass die Prüfung mit dem Fürstenau-Intensimeter, dem Elektroskop der Veifa-Werke, sowie mit dem biologischen Reagens ausgeführt wurde und zu übereinstimmenden Ergebnissen geführt hat. Weiterhin möchte ich hier feststellen, dass von Bolus bzw. Talcum eine die gewünschte Strahlenwirkung störende Sekundärstrahlung nicht ausgeht. Dies ist auf Grund des niederen Atomgewichts von vorneherein anzunehmen; es konnte aber auch experimentell durch den Bohnenversuch bewiesen werden.

Das hier zu beschreibende Verfahren hat demnach folgende Annahmen zur Voraussetzung:

1. Dass ein fungöses Gelenk für harte Strahlung einen homogenen Körper darstellt, bei dem die geringen Absorptionsunterschiede zwischen den dekalzinierten atrophischen Knochen und den Weichteilen vernachlässigt werden kann.

2. Dass Bolus alba bzw. Talcum für diese sehr harte Strahlung hinsichtlich der Absorption dem Wasser bzw. dem Gewebe gleichgesetzt werden kann.

3. Dass die biologische Wertigkeit der Strahlung an den verschiedenen Stellen des verwendeten Strahlenkegels bekannt ist.

Was den 3. Punkt, die Abnahme der biologischen Wertigkeit der Strahlung mit zunehmender Tiefe anlangt, so kann jeder Röntgenologe ohne teures Instrumentarium mit Hilfe der Wurzelreaktion der Vicia faba equina diese Frage für seine Betriebsbedingungen lösen. Ich verweise auf die oben erwähnte Arbeit in der Strahlentherapie, sowie auf eine Mitteilung in der Münch. med. Wochenschr. [1]).

Für das im folgenden gegebene Beispiel ist eine Strahlung zugrundegelegt, wie sie unser Intensiv-Reformapparat mit Coolidgeröhre bei 190 KW-Spannung und 2 MA-Belastung unter 0,5 Zn + 3 mm Al.-Filter bei einem Abstand von 24 cm mit einer Blendengrösse von 10 : 10 cm im Zentrum des Strahlenkegels liefert (mit dem biologischen Reagens festgestellt). In der beistehenden Kurve (Abb. 1) ist die Strahlung an der Oberfläche gleich 100 gesetzt. Die Kurve gibt die

---

[1]) Jüngling: Die praktische Verwertbarkeit der Wurzelreaktion von Vicia faba equina zur Bestimmung der biologischen Wertigkeit einer Röntgenstrahlung. M.m.W. 1920 Nr. 40.

Abnahme der biologischen Wertigkeit der Strahlung von Zentimeter zu Zentimeter.

Soll nun mit dieser Strahlung unter den gegebenen Bedingungen ein Kubus von 10 cm Seitenlänge, dessen Absorptionsfähigkeit der des Wassers gleichkommt, von 4 Seiten her so durchstrahlt werden, dass er homogen mit der Dosis von 100 Proz. durchsetzt wird, so müssen

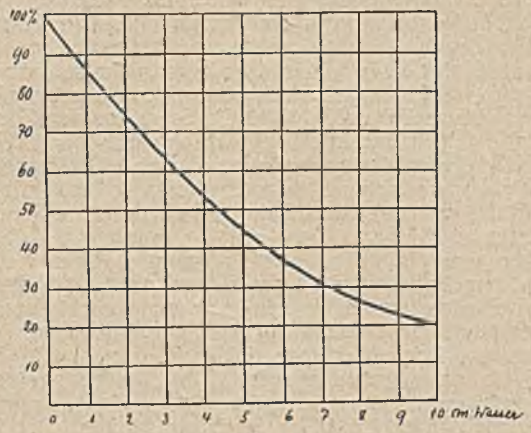

Abb 1.

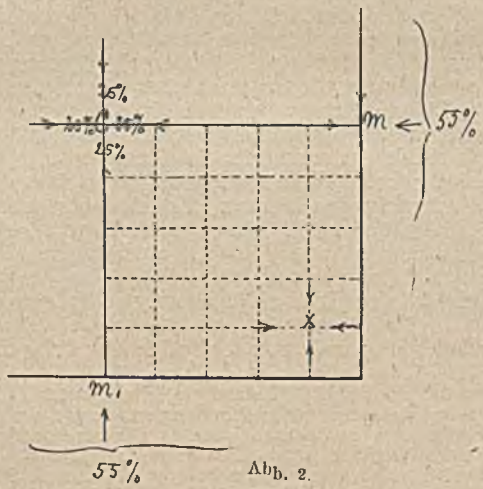

Abb. 2.

die Teildosen auf jeder der 4 Seitenflächen gleich gross sein. Um ihre Höhe zu bestimmen, wird man zunächst vom Zentrum ausgehen; in diesem müssen von 4 Seiten je 25 Proz. zusammenkommen. In der beistehenden Zeichnung (Abb. 2) ist ein Quadrant wiedergegeben. Würde auf die Oberfläche 100 Proz. verabreicht, so wären im Zen-

trum von jeder Seite her 45 Proz. wirksam. Die Oberflächendosis darf also auf jeder Seitenfläche nur 55 Proz. betragen, dann müssen im Zentrum von jeder Seite 25 Proz. wirksam werden.

Man sollte nun annehmen, dass die Randpartien durch Ueberkreuzung zu viel Strahlung bekämen. Legt man die Kurve von Abbildung 1 zugrunde, so müssten bei M. zusammentreffen: 25 + 25 + 55 + 11 = 111 Proz., bei X 47 + 47 + 14 + 14 = 122 Proz.

Dies wäre der Fall, wenn die Strahlung in jeder Gewebsschicht in der ganzen Ebene gleichstark wäre. Nach den Untersuchungen von Krönig und Friedrich[2]) ist dem aber nicht so. Auch mit dem Bohnenversuch lässt sich ohne weiteres zeigen, dass beispielsweise in 5 cm Wassertiefe bei Blende 10 : 10 die Strahlung vom Zentrum nach der Peripherie des Strahlenkegels allmählich um 25 bis 30 Proz. abfällt. Die Randteile werden demnach von einer viel schwächeren Strahlung getroffen. Trotzdem hielt ich in meiner ersten Veröffentlichung über homogene Durchstrahlung eines Zylinders eine geringe Randabblendung für notwendig.

Ich habe nun die Frage experimentell zu lösen gesucht, indem ich einen Kubus von 10 cm Seitenlänge mit Bolus füllte und in den verschiedensten Tiefen und an den verschiedensten Stellen Bohnen verstreute. Ich bestrahlte dann den Kubus von vier Seiten derart, dass auf jede Oberfläche 55 Proz. der für die Bohnen ermittelten Volldosis gegeben wurde. Eine Abblendung fand nicht statt. Es zeigte sich, dass die Bohnen sehr gleichmässig geschädigt waren und alle Mitteldosis II bis Volldosis zeigten. Der Unterschied der einzelnen Dosen mag höchstens 15 bis 20 Proz. betragen. Sehr interessant und auffallend an dem Versuchsergebnis war nun, dass die höhere Dosis, also die Volldosis, nicht etwa an den nicht abgeblendeten Randpartien, sondern an den Bohnen im Zentrum zu beobachten war. Die natürliche Strahlenabschwächung nach der Peripherie des Kegels hin ist also so stark, dass die an den Rändern entstehende Ueberkreuzung sogar noch überkompensiert wird, wodurch eine Ueberdosierung an den Rändern vermieden wird.

Die Unterschiede zwischen der im Zentrum und an der Peripherie zur Geltung kommenden Dosis sind so gering, dass sie praktisch vernachlässigt werden können. Es ist daher durch diese Versuche die Möglichkeit der praktisch homogenen Durchstrahlung eines Kubus von vier Seiten her experimentell bewiesen.

Die praktische Durchführung der homogenen Durchstrahlung beim Patienten gestaltet sich bei den Gelenken, welche sich in Streckstellung oder annähernde Streckstellung bringen lassen, sehr einfach.

Aus Pappe werden nach beistehendem Schnittmuster (Abb. 3) Streifen geschnitten, die auf Leinwand aufgeklebt werden, derart, dass die Leinwand einige Zentimeter nach allen Seiten übersteht. Die Streifen 1—4 ergeben zusammengelegt einen Vierkant mit quadratischem Querschnitt. Der Streifen 5 legt sich als Deckel auf den mit einem Fenster versehenen Streifen 1. Zwischen 4 und 5 befindet sich ein Einschnitt in der Leinwand, so dass der aus dem Streifen 1—4 zu bildende Vierkant an das Glied fest anbandagiert werden kann, während der Streifen 5 noch beiseitegehalten wird. Es empfiehlt sich schon vor dem Anlegen zur Ausfüllung der unteren Lücken etwas Bolus in den Umbau hineinzuschütten. Die noch übrig bleibenden Lücken werden

[2]) Ergänzungsband III der Strahlentherapie.

dann durch das Fenster im Streifen 1 gefüllt (Abb. 4). Hierauf wird Streifen 5 als Deckel auf das Fenster in dem Streifen 1 geklappt und festgebunden. Der Umbau muss so fest sitzen, dass eine Verschiebung des Gliedes im Umbau nicht möglich ist.

Ist der Umbau angelegt, so ist die weitere Feldeinstellung denkbar einfach und kann dem Personal überlassen werden.

Man braucht nur auf die Mitte jeder Vierkantfläche zu zentrieren und die Dosis zu verabreichen, die für die jeweilige Seitenlänge aus der Wertigkeitskurve leicht zu berechnen ist. Die Berechnung hat sich, wie der Bohnen-

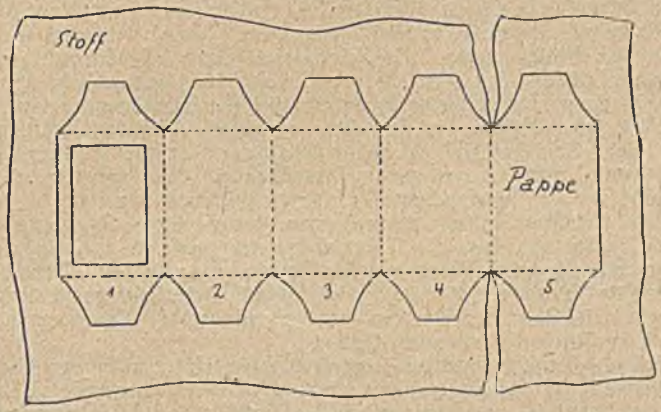

Abb. 3.

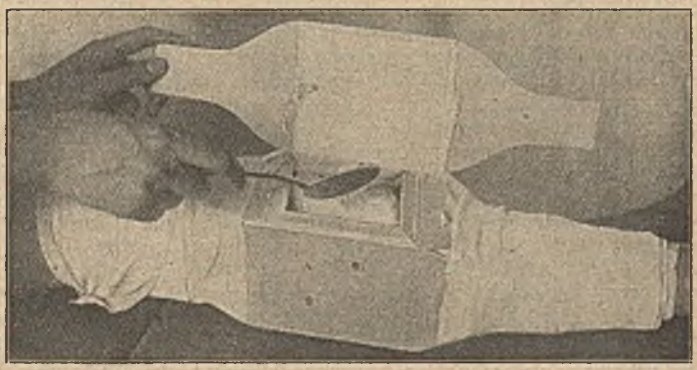

Abb. 4.

versuch bewiesen hat, nur auf den Zentralstrahl zu erstrecken: für die im Querschnitt wirksame Dosis ist also die Wertigkeit massgebend, welche durch das Zusammentreffen der 4 Zentralstrahlen im Zentrum des Vierkants entsteht. Wir wissen dann, dass die Randpartien von einer um weniges geringeren Dosis getroffen werden, was bei der relativ höheren Empfindlichkeit der Haut nur angenehm sein kann. Wir haben verschiedene Umbauten von 8, 10, 12, 14 cm Seitenlänge im Querschnitt. Für jede Grösse ist die Dosis ein für allemal berechnet und auf einer Tabelle aufgeschrieben. Die Methode kommt hauptsächlich für Hand- und Kniegelenk in Frage, in geeigneten Fällen auch für das Ellbogengelenk. Besteht eine massige Kontraktur, so muss

eben ein grösserer Umbau genommen werden. Man kann auf diese Weise gut ein Ellbogengelenk, das sich nur bis 150° strecken lässt, in einem sonst für das Knie gedachten Umbau von 12 cm Seitenlänge bestrahlen.

Für fistulöse Fälle mag es von Wert sein, dass Bolus sterilisiert werden kann.

Diese Veröffentlichung sollte eigentlich nur auf eine technische Möglichkeit hinweisen. Auf einen Punkt der Dosierung soll aber doch gleich hier aufmerksam gemacht werden: Nach unseren Erfahrungen darf ein Gelenk niemals mit der vollen Hauteinheitsdosis durchstrahlt werden. Wir haben dies in einer Reihe von Fällen getan. Es zeigte sich, dass in mehreren so behandelten Fällen 8 bis 10 Monate nach der Bestrahlung Spätschädigungen in Gestalt von chronischem Hautödem, Teleangiektasien, in zwei Fällen von Spätulcus auftraten. Vielleicht werden wir noch mehr Schädigungen zu sehen bekommen, da die letztbestrahlten Fälle noch nicht lange genug zurückliegen. Wir möchten deshalb dringend vor der Anwendung der Hauteinheitsdosis warnen.

Die Erfahrungen mit Lymphomen, tuberkulöser Peritonitis usw. deuten darauf hin, dass die Tuberkulose von verhältnismässig kleinen Dosen günstig beeinflusst werden kann. Wir haben deshalb als oberste Grenze für die homogene Gelenkdurchstrahlung die Dosis von 70 Proz. der Hauteinheitsdosis angesetzt. Wir machen aber auch Versuche mit geringeren Dosen.

Ich bin damit beschäftigt, experimentelle Untersuchungen über die Möglichkeiten einer Bestrahlung von 3 Seiten bei geeignetem Umbau für das Schulter- und Fussgelenk, sowie für das Ellbogengelenk in rechtwinkliger Stellung zu machen, vielleicht lässt sich die Methode auch für die Hüfte verwerten. Eine völlig homogene Durchstrahlung kann sich von drei Seiten natürlich niemals erzielen lassen, immerhin deuten die noch nicht abgeschlossenen Versuche darauf hin, dass eine wesentlich gleichmässigere Durchstrahlung zu erreichen sein wird als ohne Verwendung des Umbaus. Die diesbezüglichen Versuche sollen später veröffentlicht werden.

Beiläufig möchte ich erwähnen, dass die Methode der Bestrahlung mit Umbau und Bolusfüllug auch für manche Fälle von malignem Tumor Anwendung finden kann, wenn es darauf ankommt, einen wegen seiner oberflächlichen Lage schlecht zu fassenden Tumor etwas tiefer zu verlagern und dadurch einer Kreuzfeuerwirkung zugänglich zu machen. Entsprechende Versuche haben wir schon gemacht, sie haben zu weiterem Vorgehen in dieser Richtung ermutigt.

Bei den gestreckten Gelenken wenden wir den Umbau mit Bolusfüllung seit über 1 Jahr an. Die Methode hat vor allen Dingen wegen der Einfachheit der Einstellung der einzelnen Felder durchaus befriedigt. Es steht zu hoffen, dass wir auf diesem Wege nicht nur in der Dosierung, sondern damit auch in der Beurteilung der Röntgenwirkung bei Gelenktuberkulose weiterkommen werden. Die verschiedensten Typen der Gelenktuberkulose werden mit den verschiedensten Dosen zu durchstrahlen sein. Dies bedeutet eine Arbeit von Jahren, eher wird ein abschliessendes Urteil nicht möglich sein.

E. Mühlthaler's Buch- und Kunstdruckerei A.G. in München.