

Andrzej CZAPLA  
Zenon KIDOŃ  
Instytut Elektroniki  
Politechnika Śląska

Kazimierz WITECKI  
Instytut Medycyny Pracy  
Sosnowiec

## KOMPUTEROWY STATOKINESTEZJOMETR W DIAGNOSTYCE PSYCHOLOGICZNEJ I MEDYCZNEJ

**Streszczenie.** Artykuł prezentuje metodykę badania narządu równowagi człowieka przy użyciu statokinestezjometru komputerowego - systemu pomiarowego służącego do rejestracji rzutu środka ciężkości ciała człowieka stojącego (w pozycji pionowej) na płaszczyznę podstawy z obróbką i wizualizacją wyników badania. Zwrócono uwagę na zalety zaproponowanego rozwiązania statokinestezjometru w porównaniu ze znanymi opracowaniami.

Przeprowadzono wstępną ocenę wyników badań z wykorzystaniem systemu.

### A computer static kinesthesiometer for psychological and medical diagnosis

**Summary.** The paper presents the methodology of diagnosing psychological applicability, including work above the ground (on scaffolds etc.). The method discussed here concerns the examination of the human balance organ with a computer static kinesthesiometer (a device for measuring microdeviations of the centre of gravity of a human body), which is a measurement system for the registration of the projection of a standing man's centre of gravity onto the basic horizontal plane and for further processing and visual presentation of the results of the examination. Special attention is given to features of the proposed solution as compared with other known developments.

### Ein Rechnergestützter Statokinesesiometer für Diagnostische Zwecke in der Psychologie und Medizin

**Zusammenfassung.** Im Vortrag wurde die Methodik zur Untersuchung des menschlichen Gleichgewichtsorgan vorgestellt, die ein Statokinesesiometer - das mikroprozessorgesteuerte Meßgerät unterstützt. Das Gerät ist zur Registrierung des Schwerpunktgrundrisses eines stehenden Menschen bestimmt und wurde mit Verarbeitungs- und Darstellungsmöglichkeiten für die Forschungsergebnisse ausgerüstet. Unter Berücksichtigung der bekannten Lösungen wurden die Vorteile der vorgeschlagenen Methode eingegangen. Es wurde ebenfalls eine einleitende Auswertung der Forschungsergebnisse durchgeführt.

## 1. Wstęp

Równowaga ciała człowieka kontrolowana jest przez narząd równowagi. Najważniejszymi jego elementami są: receptory błędnika, zakończenia nerwów dośrodkowych w mięśniach, stawach i kościach, centrum równowagi w korze mózgowej.

Podstawowa metoda badania narządu równowagi polega na wywołaniu oczopląsu i analizie sygnału ENG. Jest ona jednak bardzo uciążliwa dla badanego, przewiduje bowiem oddziaływania mechaniczne: próbę fotela obrotowego, wahadłowego, próbę przyspieszeniowo-opóźnieniową, próbę termiczną itd. [1,2].

Alternatywną metodą badania jest prezentowana tu nieinwazyjna metoda statokinestezjometru.

Utrzymywanie równowagi w pozycji stojącej przez człowieka w istocie składa się z wielu mikroruchów, wykonywanych w różnych kierunkach. Fakt ten uzmysławia badanie jej przy użyciu statokinestezjometru. Analiza charakterystyk amplitudowych i częstotliwościowych mikroruchów stanowić może ciekawe studium nad tego typu ruchami. W układzie fizycznym ruchy te są ważnym składnikiem obrazu klinicznego w schorzeniach somatycznych.

W układzie psychicznym zależą one od funkcji psychicznych i zaburzeń emocjonalnych. W tym ujęciu badanie statokinestezjometrem może okazać się użytecznym składnikiem w psychologicznych badaniach przydatności zawodowej, a w szczególności w badaniach przydatności do pracy na wysokości oraz w badaniach psychologii klinicznej.

W badaniach przydatności do pracy na wysokości ważnym elementem jest ocena równowagi i jej odporności na zakłócenia ze strony lęku i stresu. W tym względzie badanie statokinestezjometrem może okazać się cennym źródłem informacji o kandydacie do pracy. Należałoby w badaniach empirycznych szukać potwierdzenia hipotezy zakładającej znacznie większe wychylenia środka ciężkości ciała u osób łatwiej ulegającym zakłóceniom równowagi.

Z kolei w badaniach psychologii klinicznej zaburzenia orientacji przestrzennej, wyobraźni przestrzenno-ruchowej oraz rotacje przy odtworzeniach z pamięci oglądanych uprzednio figur geometrycznych, mogą świadczyć o uszkodzeniu podstawowych struktur neurodynamicznych. Wymienione zaburzenia wykazują związki z zakłóceniemi równowagi [3].

## 2. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU POMIAROWEGO

Na nasze potrzeby ciało człowieka zamodelowano ciałem sztywnym, tzn. przyjęto założenie, że mimo działających nań sił nie doznaje ono żadnych odkształceń. Współrzędne środka ciężkości takiego układu równoległego sił można wyliczyć ze wzorów [4]:

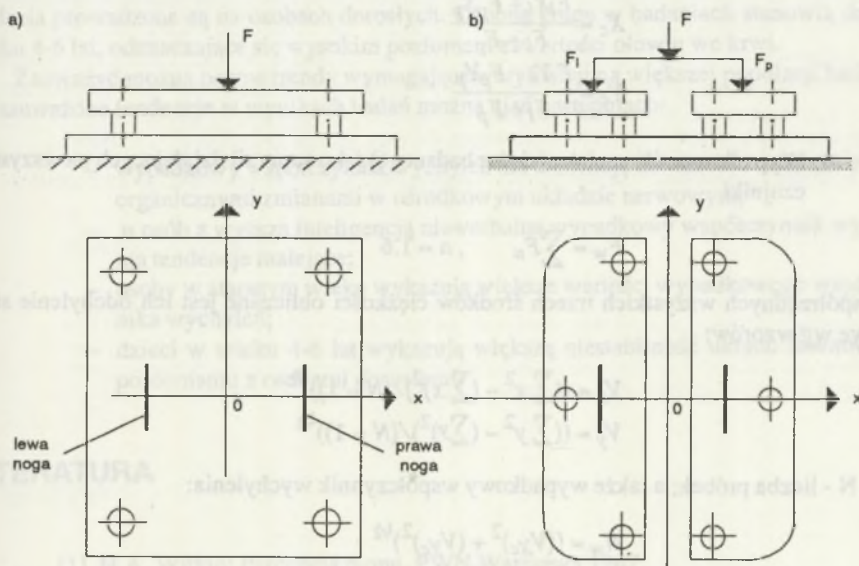
$$\begin{aligned} X_c &= (\sum P_i x_i) / R \\ Y_c &= (\sum P_i y_i) / R \\ Z_c &= (\sum P_i z_i) / R \end{aligned}$$

gdzie:  $P_i$  – siły działające na ciało równoległe do osi układu współrzędnych X, Y, Z

$x_i, y_i, z_i$  – współrzędne zaczepienia sił,  
 $R$  – suma wszystkich sił.

W naszym przypadku poszukujemy jedynie współrzędnych rzutu środka ciężkości ciała człowieka stojącego na płaszczyznę podstawy, tzn.  $X_c, Y_c$ .

Wykonany do pomiaru tych parametrów statokinezyjometr składa się z platformy pomiarowej, podłączonej do karty przetworników A/D komputera (karta przetworników zainstalowana jest wewnątrz komputera) i oprogramowania specjalistycznego. Platforma posiada dwie (pół)platformy pomiarowe osadzone za pośrednictwem podpór na wspólnej podstawie (rys. 1b). Każda płyta podparta jest w trzech miejscach. W miejscach podparcia zainstalowane są mostki tensometryczne. Badany staje na platformie ustawiając jedną nogę na jedną płytę, drugą zaś na drugą płytę. Inne znane rozwiązanie platformy pomiarowej wykorzystuje jedną płytę podpartą w czterech miejscach (rys. 1a) [5].



Rys. 1. Konstrukcje platform pomiarowych  
 Fig. 1. The design of the measurement platform

Zalety zrealizowanego w pracy rozwiązania platformy są następujące:

- możliwość niezależnej rejestracji obciążeń pochodzących od lewej i prawej nogi,
- łatwiejsze przeprowadzenie płaszczyzny przez trzy punkty podparcia niż przez cztery.

Sygnaly z mostków wzmacnione i przetworzone na postać cyfrową (wartości próbek) są wynikami pierwotnymi pomiaru. Są one przeliczane następnie na wyniki podstawowe oraz dodatkowe. Wyniki podstawowe są obliczane w trybie on-line i przechowywane na dysku twardym w bazie wyników. Należą do nich:

- Współrzędne środków ciężkości  $X_l, Y_l, X_p, Y_p$  dla lewej i prawej nogi

$$X_{(l,p)} = \frac{F_1x_1 + F_2x_2 + F_3x_3}{F_1 + F_2 + F_3}$$

$$Y_{(l,p)} = \frac{F_1y_1 + F_2y_2 + F_3y_3}{F_1 + F_2 + F_3}$$

gdzie:  $F_1, F_2, F_3$  - siły działające na poszczególne czujniki lewej [l] i prawej [p] płyty pomiarowej,

$x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3$  - współrzędne punktów podparcia płyt.

- Współrzędne wypadkowe środka ciężkości

$$X_c = \frac{F_l X_l + F_p X_p}{F_l + F_p}$$

$$Y_c = \frac{F_l Y_l + F_p Y_p}{F_l + F_p}$$

- Wypadkowa siła nacisku (ciężar badanego) jako suma sił działających na wszystkie czujniki

$$F_w = \sum F_n \quad , n = 1..6$$

Dla współrzędnych wszystkich trzech środków ciężkości obliczane jest ich odchylenie standardowe wg wzorów:

$$V_x = ((\sum x^2 - (\sum x)^2)/(N - 1))^{1/2}$$

$$V_y = ((\sum y^2 - (\sum y)^2)/(N - 1))^{1/2}$$

gdzie:  $N$  - liczba próbek; a także wypadkowy współczynnik wychylenia:

$$N_w = ((V_{Xc})^2 + (V_{Yc})^2)^{1/2}$$

Z wykorzystaniem wyników podstawowych wykreślana jest trajektoria ruchu środka ciężkości (aprosymowana odcinkami linii prostej), a także obliczane są wyniki dodatkowe:

- droga, jaką przebył rzut środka ciężkości w czasie badania,
- prędkość średnia i maksymalna rzutu środka ciężkości.

Określone są także zależności:

- kąta wychylenia środka ciężkości od numeru próbki (czasu)

$$\alpha_{\omega} = f(N_i) \quad , \quad \text{gdzie } \alpha_{\omega_i} = \arctan(y_i/x_i)$$

- amplitudy wychylenia środka ciężkości od numeru próbki (czasu)

$$A = f(N_i); \quad A_i = \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}$$

Ponadto obliczane są histogramy:

$A = f(\alpha)$  – suma amplitud wychyleń dla kątów w przedziale 0-360,

$N = f(\alpha)$  – ilość wychyleń dla kątów w przedziale 0-360.

### 3. UWAGI KOŃCOWE

Aktualnie wyniki badań wykonanych statokinestezjometrem porównywane są (u tych samych osób) z wynikami psychologicznych testów organicznych, a mianowicie: F.K. Graham i B.S. Kendall, L. Bender oraz A.L. Benton. Wyniki badań statokinestezjometrem porównywane są ponadto z rezultatami testów Ravena, Symboli Cyfr, Toulous-Pieron'a i Aparatu Krzyżowego. Badania prowadzone są na osobach dorosłych. Osobną grupę w badaniach stanowią dzieci w wieku 4-6 lat, odznaczające się wysokim poziomem zawartości łożowiu we krwi.

Zauważyć można pewne trendy wymagające weryfikacji na większej populacji badanych. Te zauważone tendencje w wynikach badań można ująć następująco:

- wypadkowy współczynnik wychyleń ma tendencję do wzrostu wartości u osób z organicznymi zmianami w ośrodkowym układzie nerwowym;
- u osób z wyższą inteligencją niewerbalną wypadkowy współczynnik wychyleń ma tendencję malejącą;
- osoby w starszym wieku wykazują większe wartości wypadkowego współczynnika wychyleń;
- dzieci w wieku 4-6 lat wykazują większą niestabilność układu równowagi w porównaniu z osobami dorosłymi.

### LITERATURA

- [1] H.A. Witkin: Percepcja pionu, PWN, Warszawa 1967.
- [2] G. Grzegorzczak: Analiza komputerowa sygnału ENG w czasie rzeczywistym, Otolaryngologia Polska, 2/1990.
- [3] M. Bratkowski: Testy psychologiczne w psychologii klinicznej, Wyd. Naukowe Uniwersytetu A. Mickiewicza, Poznań 1967.
- [4] A. Morecki: Bionika ruchu, PWN, Warszawa 1971.
- [5] F. Skibniewski: Posturograf, Medycyna Lotnicza, vol. 100/1988, ss. 37-38.

Wpłynęło do Redakcji w czerwcu 1994 r.

### Abstract

Keeping of balance in the standing position by a human being, as a matter of fact, consists of a number of micromoves performed in different directions. In a psychical system these moves depend on psychical functions and emotional disturbances. In this respect any examination by means of a static kinesthesiometer might appear to be a useful element in the overall psychological examinations of professional applicability, particularly in a case of examinations for overground work applicability and in examinations of clinic psychology. A static kinesthesiometer consists of a measuring platform connected to A/D converters, a computer (the A/D converter board has been installed inside the computer) and special software. The platform has two measuring half - boards placed, by means of supports, on the common base. Each board is supported in three (3) points. A tensometrical bridge is installed in each supporting point. An examinee stands on the platform placing one foot on the first board and the second one on the other. Primary results (values of samples) are processed into basic and additional results. Basic results include: coordinates of the centre of gravity for left and right legs, resulting coordinates of the centre of gravity, resulting pressing force (weight of the examinee), resulting coefficient of deviation. Additional results are: distance and velocity of movement of the centre of gravity. The following functions are also defined: (1) angle of deviations of the centre of gravity vs. index of the sample, (2) amplitude of deviations of the centre of gravity vs. index of the sample.