

Zbigniew MAKÓWKA, Marian GOLEMA, Michał KUCZYŃSKI
Katedra Rozwoju Motoryki Człowieka - AWF Wrocław

REAKCJA RUCHOWA CZŁOWIEKA UTRZYMUJĄCEGO POZYCJĘ STOJĄCĄ NA LINIOWO NARASTAJĄCE ZAKŁÓCENIA

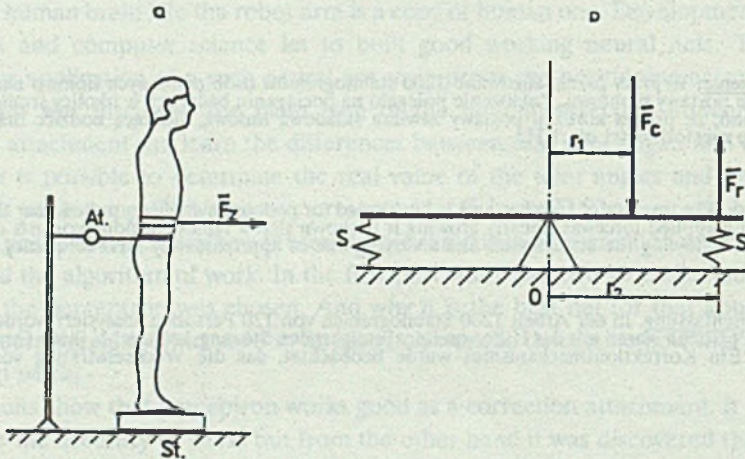
Streszczenie. W pracy przeanalizowano 1200 stabilogramów osób poddanych liniowo narastającemu zakłóceniu postawy pionowej. Zakłócenie polegało na pociąganiu badanych w okolicy środka ciężkości. Stwierdzono, że proces korekcji postawy zawiera składową liniową, śledzącą bodziec oraz składową zmienną o częstotliwości ok. 1 Hz.

Summary. The analysis of stabilograms is performed for people having been pulled near the centre of gravity. The applied force was linearly growing. It is shown that a typical response consists of 2 parts: a linear one, following the disturbance, and a varying one of approximately 1 Hz frequency.

Zusammenfassung. In der Arbeit 1200 Stabilogramen von 120 Personen analysiert worden sind. Die geprüfte Personen waren mit der Hilfe von linear steigenden Störkräften bei ihren Gewichtsmitte gezogen. Ein Korrektionsmechanismus wurde beobachtet, das die Wechselwirkung von ca. 1 Hz aufweist.

1. WPROWADZENIE

W wyniku procesu ewolucji człowiek przyjął postawę pionową. Przyjęcie postawy pionowej i uwolnienie rąk przyczyniło się do rozwoju cywilizacji. Z drugiej strony jednak człowiek musiał wytworzyć wiele mechanizmów odruchowych zabezpieczających utrzymanie tej postawy. Ciało ludzkie z punktu widzenia zachowywania równowagi stanowi układ wahadeł odwróconych poukładanych jedno na drugim (przykładem wahadła odwróconego jest pionowo ustawiony pręt - układ ten jest w równowadze chwiejnej). Dla utrzymania równowagi człowiek wykorzystuje tzw. mechanizmy stabilizacyjne (zapewnienie prostej sylwetki) oraz mechanizmy postawne (zabezpieczające postawę pionową) [1,2]. Postawa pionowa człowieka może być zakłócana poprzez zakłócenia zewnętrzne oraz wewnętrzne. Te pierwsze to siły pochodzące ze środowiska zewnętrznego, a drugie to realizacja świadomych zadań ruchowych przebadanego [3]. Celem niniejszej pracy jest zbadanie i opis mechanizmu związanego z procesem utrzymywania równowagi w obecności zakłóceń zewnętrznych w postaci liniowo narastającej siły przyłożonej w okolicy środka ciężkości ciała. Przyjmuje się hipotezę o proporcjonalności reakcji człowieka na taki bodziec. Oznaczałoby to, że wzrost w czasie amplitudy zakłócenia pociągałby za sobą proporcjonalny wzrost siły nacisku stóp na podłoże w tym samym kierunku. W dalszej części pracy przeprowadza się weryfikację tego stwierdzenia.



Rys.1. a) Stanowisko badawcze; b) Zasada działania stabilografu
 Fig.1. a) Measurement system; b) Operation principle of stabiligraph

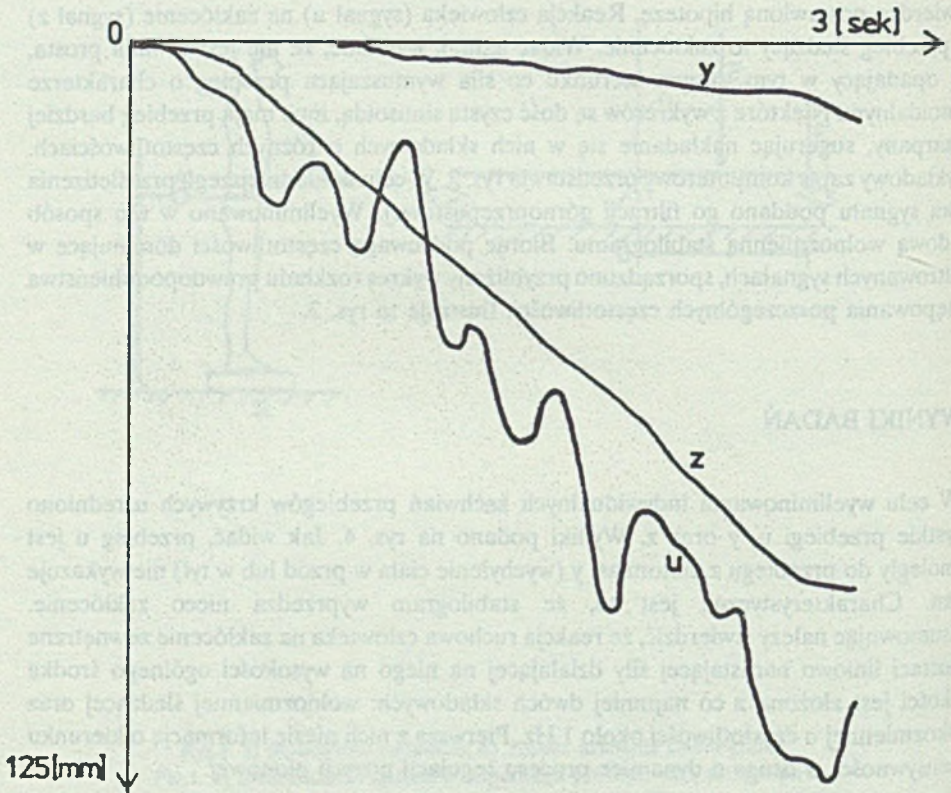
2. STANOWISKO BADAWCZE

Wszystkie badania przeprowadzono na stanowisku (rys. 1) wyposażonym w stabilograf (St) - przyrząd do pomiaru zmian położenia punktu przyłożenia r wypadkowej siły nacisku człowieka na podłoże F . Ponadto wykorzystano ataksjograf (At) mierzący zmiany

położenia ogólnego środka ciężkości badanego względem zewnętrznego układu odniesienia. Zasada działania stabilogramu polega na zrównoważeniu momentu $F r$ momentem $F r$ wywołanym siłą sprężystości F w odległości r od osi obrotu platformy stabilografu. W ten sposób wspomniany punkt przyłożenia wypadkowej jest jednoznacznie określony pomiarem F . Symbolem F oznaczono na rys. 1 siłę zakłócającą. Osobę badaną stojącą na stabilografie ciągnięto za pomocą sprężyny ekspandorowej z siłą liniowo narastającą (do wartości około 50 N) w czasie ok. 3 sekund. Badanego informowano o przebiegu doświadczenia. Badaniami objęto 120 studentów wrocławskiej AWF. Każda osoba uczestniczyła w dziesięciu próbach. Analiza wyników z 1200 eksperymentów potwierdza postawioną hipotezę. Reakcja człowieka (sygnał u) na zakłócenie (sygnał z) ma przebieg śledzący to zakłócenie. Widać jednak wyraźnie, że nie jest to linia prosta, lecz opadający w tym samym kierunku co siła wymuszająca przebieg o charakterze sinusoidalnym. Niektóre z wykresów są dość czystą sinusoidą, inne mają przebieg bardziej poszarpany, sugerując nakładanie się w nich składowych o różnych częstotliwościach. Przykładowy zapis komputerowy przedstawia rys. 2. W celu dokładniejszego prześledzenia zmian sygnału poddano go filtracji górnoprzepustowej. Wyeliminowano w ten sposób składową wolnozmienną stabilogramu. Biorąc pod uwagę częstotliwości dominujące w odfiltrowanych sygnałach, sporządzono przybliżony wykres rozkładu prawdopodobieństwa występowania poszczególnych częstotliwości. Ilustruje to rys. 3.

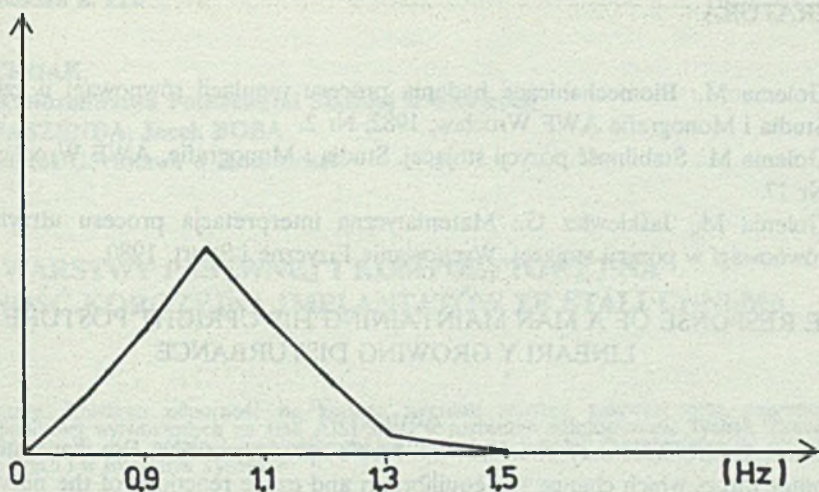
3. WYNIKI BADAŃ

W celu wyeliminowania indywidualnych zachwiań przebiegów krzywych uśredniono wszystkie przebiegi u , y oraz z . Wyniki podano na rys. 4. Jak widać, przebieg u jest równoległy do przebiegu z , natomiast y (wychylenie ciała w przód lub w tył) nie wykazuje zmian. Charakterystyczne jest to, że stabilogram wyprzedza nieco zakłócenie. Podsumowując należy stwierdzić, że reakcja ruchowa człowieka na zakłócenie zewnętrzne w postaci liniowo narastającej siły działającej na niego na wysokości ogólnego środka ciężkości jest złożona z co najmniej dwóch składowych: wolnozmienną śledzącej oraz szybkozmienną o częstotliwości około 1 Hz. Pierwsza z nich niesie informację o kierunku i intensywności, a druga o dynamice procesu regulacji pozycji pionowej.



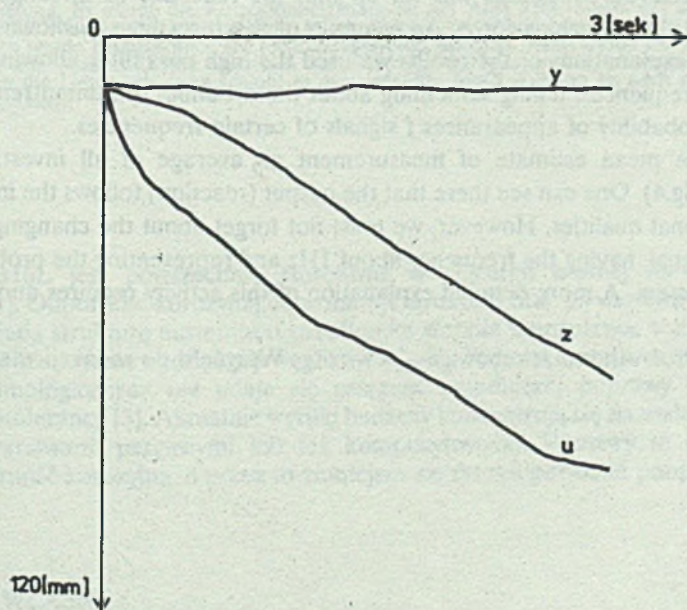
Rys.2. Przykładowy wydruk stabilogramu (u), ataksjogramu (y) i siły zakłócającej (z)

Fig.2. Sample characteristics



Rys.3. Rozkład prawdopodobieństwa częstotliwości stabilogramów odfiltrowanych dla 1200 stabilogramów

Fig.3. Probability diagram



Rys.4. Wykres uśrednionych przebiegów krzywych stabilogramów (u), ataksjogramów (y) i sił zakłócających (z)

Fig.4. Mean characteristics

LITERATURA

- [1] Golema M.: Biomechaniczne badania procesu regulacji równowagi u człowieka. Studia i Monografie AWF Wrocław, 1982, Nr 2.
- [2] Golema M.: Stabilność pozycji stojącej. Studia i Monografie, AWF Wrocław, 1987, Nr 17.
- [3] Golema M., Jaśkiewicz G.: Matematyczna interpretacja procesu utrzymywania równowagi w pozycji stojącej. Wychowanie Fizyczne i Sport, 1980.

THE RESPONSE OF A MAN MAINTAINING HIS UPRIGHT POSTURE TO A
LINEARLY GROWING DISTURBANCE

Abstract

Several disturbances may interfere with man's upright position. We distinguish inner and outer forces which change the equilibrium and cause reactions of the nervous and consequently muscular system.

In this study the investigation were made to check the reaction of subjects on linearly changing force putting from outside. Fig.1 shows the measurement idea applied for 120 subjects. Every one of them was checked 10 times under the influence of different changing forces. The hypothesis was set up that the reactions of investigated subjects should follow the disturbing force. An example of the recordings is shown in Fig.2. To facilitate the explanations of the results we used the high pass filter allowing to observe only higher frequencies telling something about the dynamics of human reactions. Fig.3 shows the probability of appearances of signals of certain frequencies.

To get the mean estimate of measurement an average of all investigations was computed (Fig.4). One can see there that the output (reaction) follows the input showing the proportional qualities. However, we must not forget about the changing element of the output signal, having the frequency about 1Hz and representing the probing function of nervous system. A more detailed explanation of this activity requires another studies.

Recenzent: Prof. Antoni Jakubowicz

Wpłynęło do redakcji w styczniu 1992