

H. KIRSCHNER

## BADANIA NAD RYTMICZNOŚCIĄ FUNKCJI RUCHOWYCH

Z Oddziału Fizjologii Pracy Inst. Hig. Pracy i Chorób Zawod. A. N. M. ZSRR  
w Moskwie

Kierownik: prof. dr S. A. Kosiłow  
oraz

Z Zakładu Fizjologii A. W. F. w Warszawie  
Kierownik: prof. dr Wł. Missiuro

Praca rytmiczna jest zasadniczym typem czynności aparatu ruchowego człowieka. W warunkach produkcyjnych praca rytmiczna osiągnęła duży stopień doskonałości organizacyjnej przez wprowadzenie taśmowych form produkcji. Zrytmizowana czynność ruchowa prowadzi do powstania określonego stereotypu zmian koordynacyjnych zapewniających najbardziej dokładne i ekonomiczne wypełnienie zadania ruchowego.

*Simonson* (1934) dzieli koordynację ruchów na koordynację w czasie i przestrzeni. Rytmiczność jako uszeregowanie funkcji ruchowych w czasie tworzy jeden z podstawowych elementów koordynacji czasowej przy pracy rytmicznej. Koordynacja czasowa jest pojęciem, które nie uzyskało należytego opracowania eksperymentalnego. Problem rytmiczności funkcji ruchowych a w szczególności zmian jakim ona podlega w procesie pracy jest również mało opracowane. Z drugiej znów strony wiadomo, że utrzymanie rytmiczności w pracy jest niejednokrotnie warunkiem jej prawidłowego wykonania. Biorąc to pod uwagę podjęliśmy się odpowiednich badań dotyczących zmian charakterystyki czasowej ruchów podczas pracy rytmicznej, ze szczególnym uwzględnieniem zmian rytmiczności.

W związku z tym, że nasze badania dotyczyły zmian w ustalonych stosunkach czasowych rytmicznego stereotypu ruchowego musieliśmy przyjąć odpowiednie określenie dla koordynacji czasowej przy pracy rytmicznej. Uwzględniając dzisiejszy stan wiedzy w tym zakresie sformułowaliśmy je następująco: koordynacja czasowa przy pracy rytmicznej jest to przystosowanie stosunków czasowych w powtarzających się elementach ruchowych do ram wyznaczonych postawionym zadaniom; przy czym przystosowanie to odbywa się poprzez orientujące bodźce środowiskowe, wpływ II układu sygnałowego oraz odruch na czas. W miarę rozwoju wyżej wymienione przystosowanie nabiera cech stereotypu dynamicznego i wówczas podstawowym czynnikiem warunkującym utrzymanie prawidłowo powtarzających się stosunków czasowych staje się odruch na czas

(Frołow i Izergina 1936, Aleksiejew 1955, Zolina i współ. 1957). W tym okresie możemy mówić o utrwalonym stereotypie dynamicznym pracy rytmicznej względnie o automatyzacji ruchów. Należy zaznaczyć, że nawet w okresie automatyzacji czynność ruchowa człowieka podlega wpływom różnych bodźców działających poprzez I i II układ sygnałowy, co ma szczególne znaczenie w warunkach pracy produkcyjnej i w sporcie, gdzie niemożliwe jest izolowanie czynności ruchowych na dłuższy przeciąg czasu od wpływów wymienionych bodźców. Koordynacja czasu znajduje się pod kontrolującym wpływem II układu sygnałowego przynajmniej w określonych fragmentach pracy. Przy pomocy II układu sygnałowego zachodzi także świadome porządkowanie i ocena wrażeń kinestetycznych co wpływa na tzw. „czucie czasu“.

Biorąc pod uwagę mechanizm powstawania nawyku ruchowego wg pojęć szkoły Pawłowa (Krestownikow) można uważać, że wytworzenie koordynacji w czasie i przestrzeni uwarunkowane jest odpowiednim poziomem koncentracji podstawowych procesów nerwowych w określonych odcinkach czasu oraz określonych ośrodkach analizatora ruchowego. Rola koncentracji podstawowych procesów nerwowych przy tworzeniu nawyków ruchowych została poruszona w szeregu prac Kosiłowa (1938, 1946, 1954, 1955). Aleksiejew (1953, 1955) badając zjawisko ruchów inercyjnych dowiódł, że powstawanie dodatkowych ruchów po ustaniu rytmicznych sygnałów wiąże się z koncentracją pobudzenia w analizatorze ruchowym, zachodzącą w rytmie podawanych uprzednio sygnałów. W wypadku, gdy na skutek zbyt wolnego tempa podawanych sygnałów dodatkowe ruchy nie powstawały autor stwierdzał wzmoczenie pobudliwości występujące w rytmie odpowiadającym tym sygnałom.

Z pracy Kwasowa (1952) wynika, że istnieje zależność między stopniem rytmiczności ruchów a poziomem koncentracji podstawowych procesów nerwowych. Stwierdził on, że początkowej fazie generalizacji procesu pobudzenia w EMG towarzyszy arytmiczność ruchów. To samo obserwowała Kołodnaja (1957) przy wypracowywaniu rytmicznych reakcji śladowych u człowieka.

Ocena charakterystyki czasowej ruchów w dynamice pracy znalazła praktyczne zastosowanie w badaniach chronometrycznych z zakresu fizjologii pracy. Należy podkreślić, że w badaniach tego typu przeprowadzonych w warunkach produkcji taśmowej zwraca się przede wszystkim uwagę na zmiany długości średniego czasu operacji roboczych w ciągu dnia pracy. Natomiast badaniu zmian w zakresie rytmiczności pracy jako wskaźniku pozwalającym na ocenę aktualnego stanu ruchowego stereotypu dynamicznego nie udziela się większej uwagi.

Ryan (1919) po przebadaniu doświadczalnym kilku typów operacji roboczych, prostych i bardziej złożonych doszedł do wniosku, że zmęczenie nie

wpływa na zmniejszenie poziomu rytmiczności pracy. Sądzić jednak należy, że warunki doświadczeń *Ryan'a* nie pozwoliły mu uchwycić zmian rytmiczności odpowiadających wahaniom stanu funkcjonalnego ustroju.

*Winogradow* (1938) na podstawie obfitego materiału zebranego w warunkach produkcyjnych doszedł do wniosku, że „jednym z najbardziej istotnych, nie docenionym dotychczas wskaźnikiem zmęczenia jest zakłócenie rytmu ruchów roboczych“.

Rolę zakłócenia stosunków czasowych typu dyspersji w prostym akcie ruchowym jako kryterium zmęczenia podniósł *Bartlett* (1953) badając tzw. przez niego zjawisko „irregular internal timing“. W naszej pracy postawiliśmy sobie za zadanie zbadać doświadczalnie zachowanie się koordynacji czasowej w ukształtowanym rytmicznym stereotypie ruchowym ze szczególnym uwzględnieniem rytmiczności w warunkach regulowanego i nieregulowanego z zewnątrz tempa pracy. Poza tym chcieliśmy zbadać wpływ zmęczenia na rytmiczność, wpływ odpoczynku oraz bodźców działających poprzez I i II układ sygnałowy. Równocześnie chcieliśmy się przekonać w jakim stopniu zmiany rytmiczności znajdują odbicie w stanie podstawowych procesów nerwowych.

#### METODYKA

Doświadczenia przeprowadzono na ergografie ręcznym posiadającym urządzenie pozwalające na zachowanie stałej amplitudy ruchów. Badany pracował siedząc w ustalonej pozycji. Praca polegała na podnoszeniu umiarkowanego ciężaru przy pomocy zginania prawego przedramienia.

Aby zbliżyć warunki naszych doświadczeń z regulowanym zewnętrznym tempem pracy do warunków występujących przy zrytmizowanej pracy produkcyjnej z tempem przymusowym wybraliśmy taki model doświadczenia, w którym utrzymanie koordynacji czasowej było zależne od współdziałania wszystkich podstawowych, kształtujących ją czynników, tj. odruchu na czas, orientujących bodźców środowiskowych oraz wpływów II układu sygnałowego.

Na początku wypracowaliśmy odpowiedni stereotyp dynamiczny pracy rytmicznej podając sygnał dzwonka na każde poniesienie ciężaru. Po ustaleniu stereotypu (odruch na czas!) rozpoczynano doświadczenia w których sygnał podawano tylko w określonych odstępach czasu. W tak wyznaczonych odcinkach czasu, badani byli obowiązani rozmieszczać określoną, jednakową w każdym odcinku liczbę ruchów z zachowaniem rytmiczności i stałej amplitudy ruchu. Samokontrola wykonywanych ruchów odbywała się przez liczenie, co zapewniało czynny udział ze strony badanego w utrzymaniu tempa pracy (wpływ II układu sygnałowego!).

W zasadniczej serii doświadczeń odstęp między dzwonekami wynosiły 30 sek., w pozostałych seriach 15 i 5 sek.

Stosując odstęp:

1. 30 sek. zbadano tempo pracy: 15 ruchów na 30 sek.
- |    |    |   |   |   |    |       |   |    |   |
|----|----|---|---|---|----|-------|---|----|---|
| 30 | „  | „ | „ | „ | 10 | „     | „ | 30 | „ |
| 2. | 15 | „ | „ | „ | 7  | „     | „ | 15 | „ |
| 3. | 5  | „ | „ | „ | 2  | ruchy | „ | 5  | „ |
|    | 5  | „ | „ | „ | 3  | „     | „ | 5  | „ |

Wykonano również serię doświadczeń w oparciu o istniejący stereotyp ruchowy z tempem 15 ruchów na 30 sek. lecz bez stosowania sygnału dzwonka. Ta seria doświadczeń dotyczyła badania koordynacji w warunkach nieregulowanego z zewnątrz tempa pracy. Mechanogramy zapisywano przy pomocy pisaka atramentowego i papieru milimetrowego na kimografie. Zastosowana szybkość obrotu walca pozwalała na rejestrację czasu z dokładnością do 1/10 sek. Stosowany ciężar wahał się w granicach od 3—9 kg w zależności od siły i wytrzymałości badanego, stopnia zaawansowania treningu oraz tempa pracy. Ciężar był podnoszony na wysokość 30 cm. W ciągu doświadczenia, które trwało średnio 15—20 min. badani komunikowali o stopniu subiektywnego uczucia zmęczenia. Pracę przerywano w momencie gdy badany wskutek zmęczenia zaczynał obniżać amplitudę ruchu. Badania wykonano na 8 studentach w wieku 21—26 lat, u których otrzymano 90 zapisów nadających się do analizy. Oceniając mechanograficzne zapisy wzięto pod uwagę zmiany wartości czasu cykli złożonych z ruchu i następującej po nim przerwy. Zastosowano statystyczne opracowanie zjawiska dyspersji cykli, którą określano przy pomocy średniego odchylenia kwadratowego. Jedność średniego odchylenia kwadratowego odpowiada u nas 0,1 sek. W przypadku porównywania wielkości dyspersji w ciągach z różną średnią arytmetyczną dyspersję wyrażano przy pomocy współczynnika zmienności. Charakteryzując stan podstawowych procesów nerwowych wzięliśmy pod uwagę stopień koncentracji procesu pobudzenia podczas pracy. W tym celu w części doświadczeń łącznie z zapisem EMG na *m. biceps* prawego ramienia zapisywaliśmy także EMG *m. trapezius* po stronie prawej. Ukazujące się w miarę pracy potencjały elektryczne na tym mięśniu były dla nas swoistym wskaźnikiem zakłócenia równowagi podstawowych procesów nerwowych i promieniowania pobudzenia w analizatorze ruchowym.

Zapisu prądów czynnościowych dokonano przy pomocy oscylografu MPO-2.

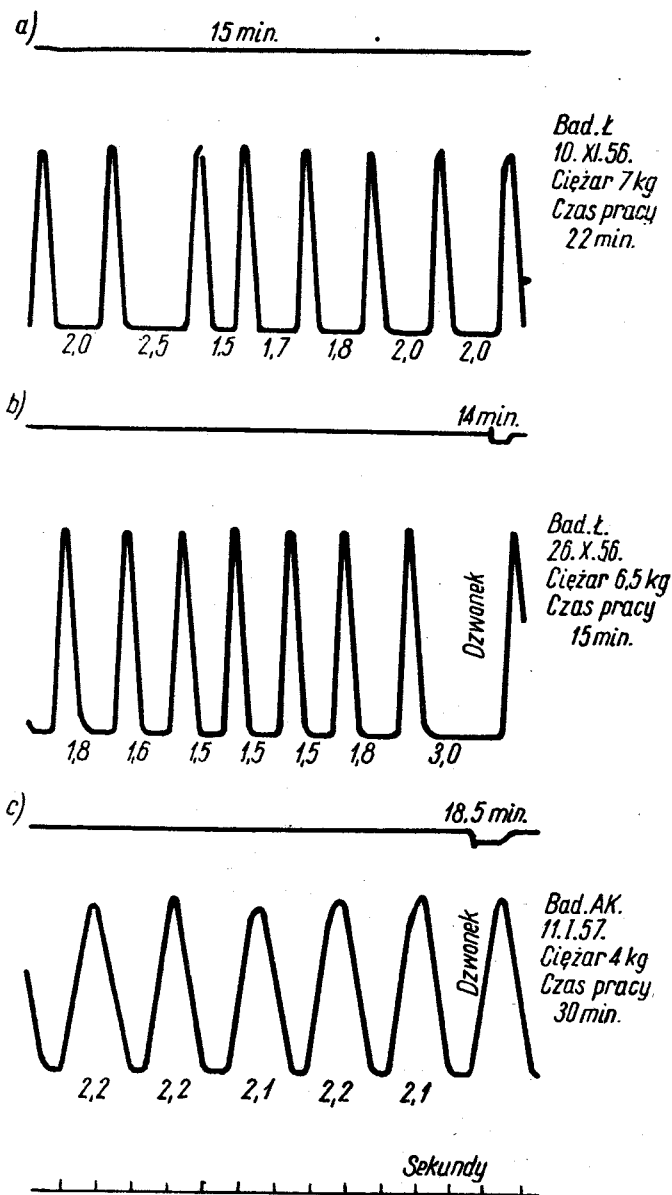
#### WYNIKI

Doświadczenia z tempem regulowanym. Doświadczenia, w których tempo regulowano przy pomocy periodycznego sygnału dzwonka wykazały, że w miarę przedłużającej się pracy, jeszcze przed wystąpieniem obiektywnych, widocznych oznak zmęczenia badanych (zacerwienie twarzy, pot) oraz często przed wyraźnymi subiektywnymi oznakami zmęczenia występują zmiany charakterystyki czasowej wykonywanych ruchów. Mogliśmy wydzielić następujące rodzaje zakłóceń ustalonej w stereotypie ruchowym koordynacji czasowej:

- 1) arytmiczność wyrażająca się w dyspersji czasów poszczególnych cykli, 2) przyspieszenie tempa pracy, co prowadziło do przedwczesnego wykonania zadanej ilości ruchów przed następnym sygnałem, 3) zwolnienie tempa pracy, co prowadziło do niewykonania zadanej między sygnałami dzwonka ilości ruchów.

Ryc. 1 przedstawia wymienione rodzaje zakłóceń dla tempa 15 ruchów na 30 sek. (sygnał dzwonka co 30 sek.), a więc wartość każdego cyklu powinna tu wynosić 2 sek.

Podkreślić należy, że najwyraźniejszym zmianom w obrębie cyklu



Ryc. 1. Rodzaje zakłóceń koordynacji czasu przy pracy rytmicznej z tempem regulowanym (15 ruchów na 30 sek.). U dołu pod każdym mechanogramem podano wartości cykli w sekundach.

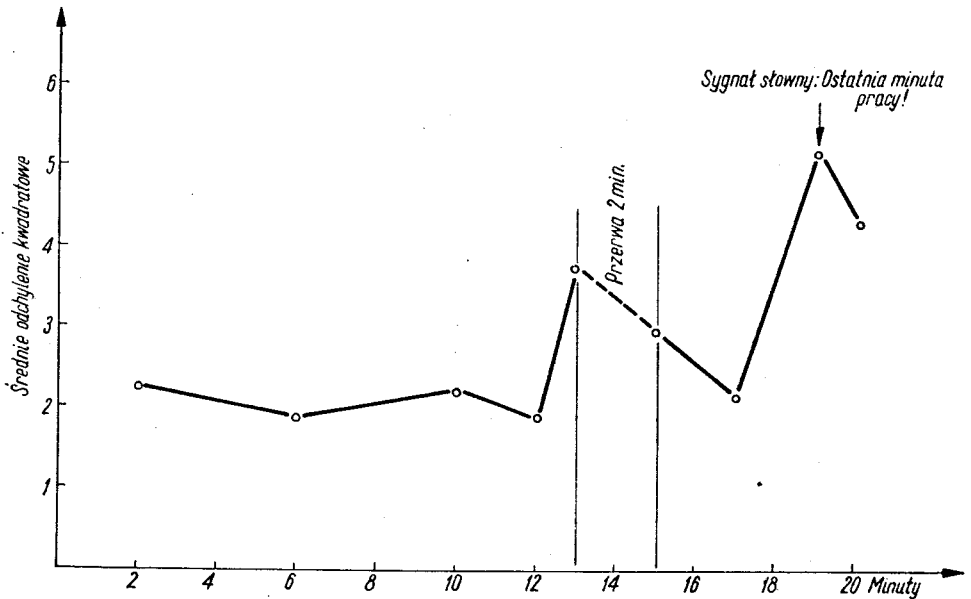
Fig. 1. Species of disturbance in the time-coordination by rhythmic work with regulated speed (15 motions in 30 seconds). Beneath every mechanogram values of cycles in seconds are given.

ulegały przerwy między ruchami. Mniejszym zmianom podlegał czas ruchu. Ten fakt potwierdza dane *Kosiłowa* (1938, 1955) o niejednakowej trwałości poszczególnych składników ruchowego stereotypu dynamicznego a mianowicie: składniki odgrywające decydującą rolę w uzyskaniu efektu pracy charakteryzują się znacznie większą trwałością niż pozostałe. Z drugiej strony ten fakt wskazuje, że ocena czasu związana z ruchem jest dokładniejsza.

Analiza materiału wykazała, że najbardziej typowym rodzajem zakłócenia koordynacji czasowej dla doświadczeń z tempem regulowanym była dyspersja cykli tj. arytmiczność ruchów. Ostatnie dwa rodzaje zakłóceń, polegające na zmianie tempa występowały rzadko w omawianej serii doświadczeń. Przyspieszenie tempa pracy obserwowaliśmy jedynie u wysoce zdyscyplinowanych badanych z dobrą sprawnością fizyczną (bad. Ł. i O.). Np. u bad. Ł., oprócz zakłócenia koordynacji czasowej o typie dyspersji stwierdzano niekiedy przyspieszenie tempa pracy, co było zależne od obawy, jak stwierdzał badany, że nie zdąży wykonać przepisowej ilości ruchów przed następnym dzwonkiem (ryc. 1a, b). Wymienione zjawisko rozpatrujemy jako tendencję ze strony badanego do wypełnienia instrukcji w warunkach wadliwej oceny czasu w kierunku przeceniania go. Takie przecenianie czasu było obserwowane przez *Frotowa* i współ. 1936; *Gorkina* i współ. 1957 w stanach zmęczenia. Jak wskazują ci autorzy wiąże się ono z przedwczesnym wygaszaniem śladów pobudzenia, co powoduje zakłócenie odruchu na czas i przyspieszenie reakcji ruchowej. Zwolnienie tempa pracy pojawiało się częściej przy dużym zmęczeniu, ale wówczas zmniejszała się również amplituda ruchu i pracę przerywano. Obserwowane w niektórych przypadkach zwolnienie tempa nie będące wynikiem bardzo dużego zmęczenia, można rozpatrywać jako wynik niezdyscyplinowania badanego, który nie przestrzega instrukcji. Badani na ogół przestrzegali ją i mimo zmęczenia zachowywali przepisową ilość ruchów. Jedynie u bad. Ak. (Ryc. 1c) pierwszą reakcją w miarę przedłużającej się pracy było zwolnienie tempa, nawet przy stosowaniu małych obciążeń. W tym wypadku dopatrujemy się istnienia niedostatecznej ingerencji II układu sygnałowego, co między innymi przejawiało się brakiem mobilizacji psychicznej do wykonania zadania. Zwolnienie tempa jako zjawisko ogólne spostrzegane u wielu badanych wystąpiło w doświadczeniach bez regulacji tempa z zewnątrz tj. wówczas gdy wyłączaliśmy periodycznie podawany sygnał dzwonka.

Jak wspomnieliśmy najbardziej typowym rodzajem zakłócenia koordynacji czasowej dla danej serii doświadczeń była arytmiczność rozwijająca się w różnym stopniu u poszczególnych badanych. Oznaczaliśmy ją przy pomocy wskaźnika dyspersji w kolejnych 2—3-minutowych odcinkach pracy.

Na ogół wahania dyspersji były odbiciem zmian stanu zdolności do pracy, przedstawiając okres wciągania się do pracy, stan równowagi czynnościowej oraz narastanie zmęczenia (ryc. 2). W związku z tym, że badani komunikowali w ciągu pracy o stopniu subiektywnego uczucia zmęczenia mogliśmy się przekonać, że wzrost dyspersji poprzedzał zwykle pierwsze subiektywne objawy zmęczenia. Tylko w wyjątkowych przypadkach uczuciu zmęczenia nie towarzyszył wzrost dyspersji. Takie przypadki związane



Ryc. 2. Zmiany dyspersji cykli podczas pracy. Bad. Lin. 31. X. 56. Ciężar 8 kg. Tempo 10 ruchów na 30 sek.

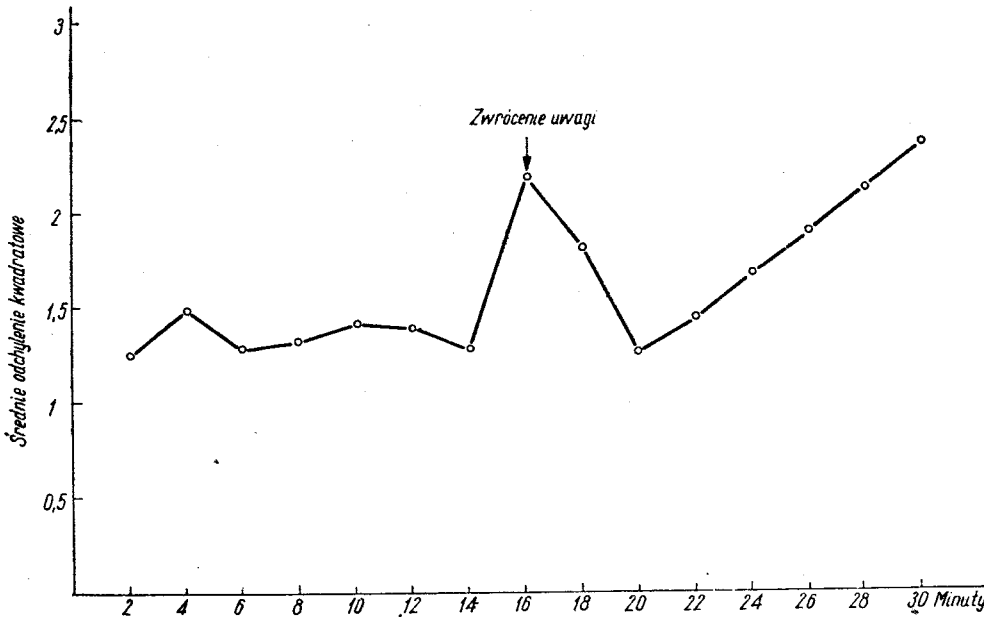
Fig. 2. Alterations in dispersion of cycles during work. Rate 10 motions in 30 seconds.

były zwykle z dużym wysiłkiem badanego w kierunku utrzymania rytmiczności ruchów.

W ciągu doświadczeń stwierdzono, że stan rytmiczności łatwo ulega zmianom pod wpływem szeregu czynników ubocznych jak: zastosowana zmiana obciążenia w czasie pracy, zwrócenie uwagi badanemu na konieczność utrzymania rytmiki, różne stany emocjonalne itp.

Na ryc. 3 podajemy przykład dodatniego wpływu wypowiedzianej przez eksperymentatora uwagi o konieczności zachowania rytmiczności w ruchach. Na ryc. 2 widzimy jak ogłoszenie końca pracy na minutę przed jej zakończeniem poprawia w widoczny sposób rytmiczność ruchów. Porównując poprawę rytmiczności w jednym i drugim przypadku musimy zda-

wać sobie sprawę z różnego mechanizmu tej poprawy. Zwrócenie uwagi badanemu zwiększa zaangażowanie w wykonywaną pracę II układu sygnałowego przy czym uruchomione zostają dodatkowe mechanizmy oceny czasu pod postacią np. świadomego oceniania bodźców kinestetycznych, co poprawia w rezultacie stan koordynacji czasowej. W drugim natomiast przypadku chodzi o powstanie stanu emocjonalnego odpowiadającego opisywanemu niejednokrotnie „zrywowi końcowemu“ stwarzającemu warunki dla wzrostu zdolności do pracy na drodze oddziaływania w pierw-



Ryc. 3. Wpływ wypowiedzianej przez eksperymentatora uwagi na rytmiczność ruchów. Bad. Bl. 17. XII. 56. Ciężar 5 kg. Tempo 2 ruchy na sek.

Fig. 3. Influence of experimenter's observation concerning correction of rhythmicity of movements. Rate 2 motions in 5 seconds.

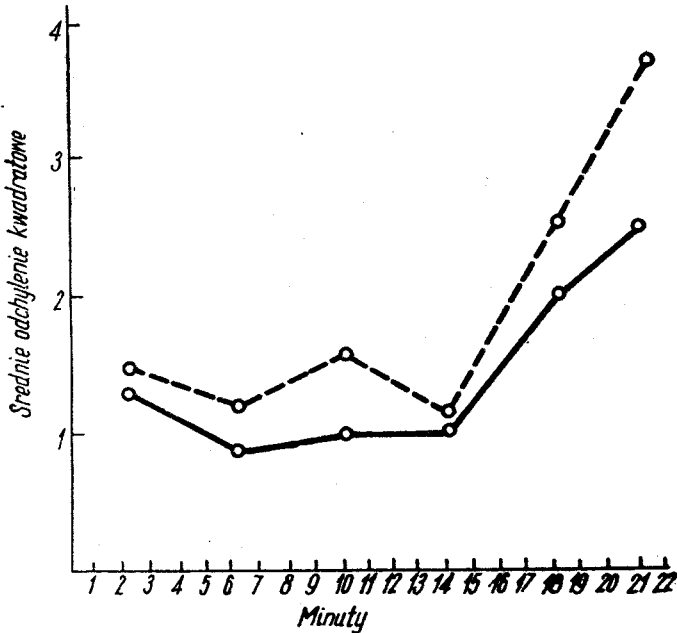
szym rzędzie układu sympatycznego. Na rolę emocjonalnego podłoża w zmianach zdolności do wysiłku fizycznego wskazuje uwagę *Missiuro* (1931, 1952, 1957).

We wszystkich obserwowanych przypadkach mogliśmy zanotować dodatni wpływ przerwy spoczynkowej na stan rytmiczności. Po przerwie następowało zmniejszenie dyspersji ruchów (ryc. 2). Powtórne wykonanie identycznej pracy po przerwie wystarczającej dla likwidacji subiektywnych przejawów zmęczenia powodowało wyższe układanie się krzywej dyspersji. Ryc. 4 przedstawia porównanie dyspersji przy pierwszym i następnym wykonaniu tej samej pracy po 30-minutowej przerwie. Wyraźnie



ujawnione różnice charakteryzują rytmiczność jako wskaźnik pozwalający wykrywać nieuchwytnie przy pomocy innych badań odchylenia w stanie funkcjonalnym ustroju.

W tych doświadczeniach, w których sygnały dzwonka stosowano w mniejszych odstępach czasu koordynacja czasowa ulegała mniejszym zakłóceniom. Tak więc porównanie u tego samego badanego dyspersji przy



Ryc. 4. Porównanie rytmiczności ruchów w dwu oddzielonych 30-minutową przerwą identycznych pracach. Bad. Ł. 10. X. 56. Ciężar 5,5 kg. Tempo 15 ruchów na 30 sek. Oznaczenia: Linia ciągła: praca wykonana po raz pierwszy, linia przerywana: praca wykonana po 30 minutach przerwy.

Fig. 4. Comparison of rhythmicity of motions in two particular identical works, separated by a 30 minutes interval. Rate: 15 motions in 30 seconds. Indications: continuous line: work done for the first time, broken line: work done after 30 minutes interval.

odstępach 5, 15 i 30 sek. wykazało wyższy jej poziom przy większych odstępach. Ten fakt podkreśla samo przez się zrozumiałe znaczenie orientujących bodźców ze środowiska zewnętrznego dla podtrzymywania wymaganych stosunków czasowych w ruchowym stereotypie dynamicznym.

Stosując wolne i szybkie tempo pracy: 15 i 10 ruchów na 30 sek. oraz 2 i 3 ruchy na 5 sek. chcieliśmy się przekonać w jakim stopniu utrzymanie ruchowego stereotypu dynamicznego zależy od tempa. Stwierdziliśmy, że dla wolniejszego tempa charakterystyczne są dłuższe okresy

przerw między poszczególnymi ruchami, ponieważ czas samego ruchu zmienia się w mniejszym stopniu. Biorąc pod uwagę, że przerwa według niektórych autorów jest bardziej nietrwałą częścią ruchowego stereotypu dynamicznego spodziewaliśmy się, że wolniejsze tempa będą usposabiać do głębszych zakłóceń rytmiczności ruchów. Jednakże porównanie wielkości dyspersji przy pomocy współczynnika zmienności nie wykazało wyraźniejszych różnic między stosowanymi przez nas rodzajami szybkiego i wolnego tempa.

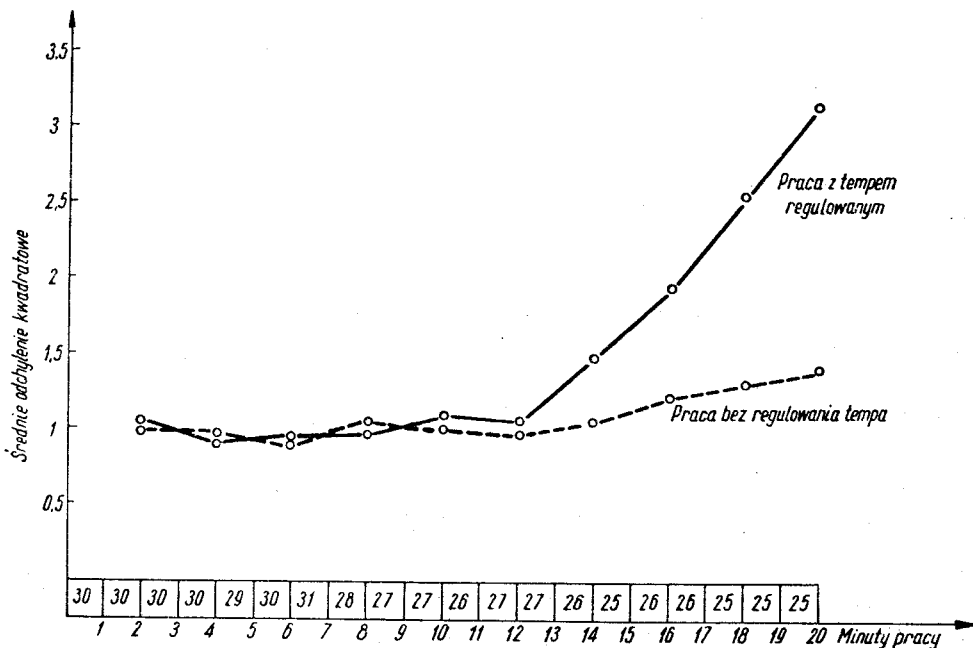
Brak tych różnic nie może nas upoważnić do wniosku, że tempo pracy nie ma żadnego wpływu na stan koordynacji czasowej. Badania przeprowadzone w warunkach produkcyjnych wskazują, że zbyt niskie tempo pracy wpływa ujemnie na stan ruchowego stereotypu dynamicznego (Krapiwencewa 1955). Sądzymy więc, że stosowane przez nas tempa znajdują się w granicach nie pozwalających na ujawnienie między nimi istotnych różnic.

Doświadczenia bez regulacji tempa. Serię doświadczeń bez stosowania sygnału dzwonka wykonaliśmy w oparciu o istniejący stereotyp ruchowy z tempem 15 ruchów na 30 sek. Praktycznie wyglądało to w ten sposób, że po kilku doświadczeniach ze stosowaniem sygnału w jednym z kolejnych doświadczeń sygnał stosowaliśmy tylko w ciągu pierwszych 2 minut i następnie wyłączaliśmy go. Badany był o tym uprzedzony i poinformowany, aby po wyłączeniu sygnału starał się utrzymać wytworzony stereotyp stosunków czasowych. Ta seria doświadczeń wymagała w większym stopniu, niż doświadczenia z regulowanym tempem, współdziałania ze strony badanego.

Wyniki doświadczeń wykazały, że przy braku dźwiękowego bodźca, pozwalającego korygować tempo pracy, u wszystkich badanych zachodziły zakłócenia koordynacji czasowej o typie zmian tempa pracy. Zmiany te zmierzały przede wszystkim w kierunku zwolnienia tempa a niekiedy także w kierunku jego przyspieszenia. W ten sposób zmiany tempa stosunkowo rzadko występujące w doświadczeniach z tempem regulowanym w danych doświadczeniach stały się zjawiskiem decydującym. Trudno przypuścić, aby wszyscy badani nie byli zainteresowani w utrzymaniu tempa pracy. Powstające więc „omyłki“ w kształtowaniu tempa należy uzależnić od zmian w zdolności oceniania czasu przez badanych. Najciekawszym jednak okazał się fakt polegający na tym, że rytmiczność ruchów w danych doświadczeniach ulegała naruszeniom w znacznie mniejszych rozmiarach, niż przy pracy z tempem regulowanym. Porównanie dwu identycznych prac różniących się jedynie tym, że jedna była wykonywana jak zwykle z powtarzającym się co 30 sek. sygnałem dzwonka a druga w dniu następnym w oparciu o istniejący stereotyp ale z wyłączonym po 2 min. pracy sygna-

łem, wskazuje że w pierwszym wypadku zakłócenie koordynacji czasowej zmierza przede wszystkim w kierunku wzrostu arytmiczności, w drugim natomiast — w kierunku zwolnienia tempa pracy (ryc. 5).

U niektórych badanych obserwowaliśmy zjawisko polegające na tym, że pojawiająca się arytmiczność w pracy malała w miarę nieuświadomionego przyspieszenia tempa.



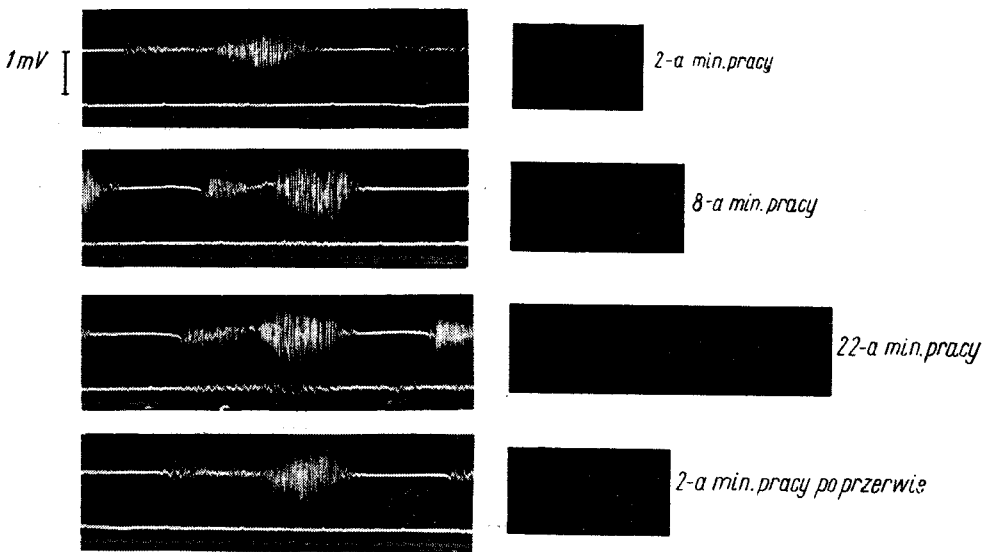
Ryc. 5. Porównanie stanu rytmiczności ruchów przy pracy z tempem z zewnątrz regulowanym i bez regulowania tempa. Rząd liczb wzdłuż osi odciętych oznacza ilość wykonanych ruchów w poszczególnych minutach przy pracy bez regulowania tempa. Przy pracy z tempem regulowanym ilość ruchów wykonywanych w ciągu 1 minuty była stała wynosząc 30. Bad. O. (wyniki średnie). Ciężar 5 kg. Tempo 15 ruchów na 30 sek.

Fig. 5. Comparison of rhythmicity of movements at work with speed externally regulated and with speed not regulated. The row of figures along the abscissa indicates the number of motions executed in single minutes at work with speed not regulated. At work with regulated speed the number of motions per minute was static and amounted to 30. Medium results. Rate: 15 motions in 30 seconds.

Fakt powiązania zmian rytmiczności od aktualnego tempa pracy wydaje się nam bardzo interesujący. Jak go wytłumaczymy? Wydaje się nam, że dane zjawisko potwierdza tezę o tendencji aparatu ruchowego do rytmizacji funkcji (Auramoff 1903, Miyake 1903, Schulze 1922). Gdy w warunkach określonego tempa taka rytmizacja przestaje być możliwa następuje niezauważalne przez badanego przesunięcie tempa w kierunku naj-

bardziej optymalnym dla jej zachowania. Można sądzić, że chodzi tu o swoiste przejawianie się zasady „rytmu optymalnego“.

Badania elektromiograficzne. Tworzenie nawyku ruchowego przebiega ze zwężeniem zakresu zaangażowania grup mięśniowych, co jest zależne od zjawiska przejścia generalizowanej reakcji ruchowej w reakcję bardziej umiejscowioną, ściśle odpowiadającą potrzebom danego zadania ruchowego. Odbywa się to przy udziale koncentracji procesu pobudzenia i hamowania (Krestownikow 1954, Kosilow i współ. 1955). Dawno już zauważono, że zmęczenie prowadzi do odwrotnego zjawiska: promie-



Ryc. 6. Współzależność zmian rytmiczności i promieniowania pobudzenia na m. trapezius. Oznaczenia: EMG: u góry — m. biceps d., u dołu — m. trapezius d. słupki: wartość dyspersji cykli wyrażona średnim odchyleniem kwadratowym.

Fig. 6. Interdependence of alterations of rhythmicity and irradiation of excitation to m. trapezius. Indications: EMG: above — m. biceps d., below — m. trapezius d. Columns: value of cycle dispersions determined by standard deviation.

niowania pobudzenia i pojawiania się w związku z tym szeregu dodatkowych i zbędnych ruchów.

Zjawisko promieniowania pobudzenia wykorzystał Bałachowski i współ. (1955) dla dodatkowej charakterystyki zmęczenia badanych — pracujących na ergografie Mosso. W tym celu zapisywał on prądy czynnościowe mięśni bezpośrednio zaangażowanych oraz funkcjonalnie mniej lub bardziej związanych z daną pracą. Autor stwierdził, że w miarę zmęczenia pojawia się aktywność elektryczna na grupach mięśniowych posiadających ścisłą więź

funkcjonalną z mięśniami pracującymi i w dalszej kolejności na grupach posiadających mniejszą więź z tymi mięśniami.

W naszych doświadczeniach wykorzystaliśmy wymienione zjawisko „przestrzennego” promieniowania pobudzenia dla scharakteryzowania stanu podstawowych procesów nerwowych przy zmianach rytmiczności pracy.

W wyniku doświadczeń przekonaliśmy się, że istnieje określona zależność między pojawieniem się dodatkowej aktywności elektrycznej na *m. trapezius* nie posiadającym bezpośredniego związku funkcjonalnego z wykonywanym ruchem a wzrostem arytmiczności ruchów (ryc. 6). Działanie odpoczynku likwidowało dodatkowy potencjał elektryczny poprawiając również rytmiczność pracy.

Otrzymane dane wskazują, że rytmiczność ruchów jest zjawiskiem ściśle uzależnionym od całości stereotypu dynamicznego tj. od trwałości „mozaiki” pobudzonych i zahamowanych ośrodków analizatora ruchowego.

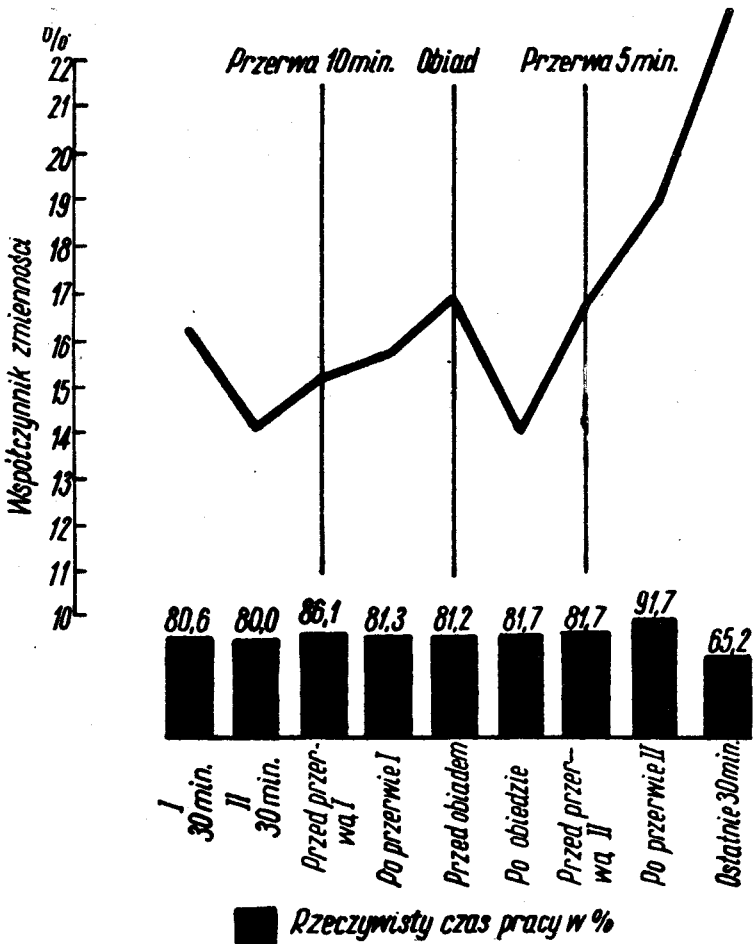
#### OMÓWIENIE WYNIKÓW

Zmiany koordynacji czasowej w naszych doświadczeniach przyjmowały różnorodną postać w zależności od warunków doświadczenia (stosowano sygnał dzwonka czy nie, jak często stosowano ten sygnał itd.) oraz indywidualnych właściwości badanych. W związku z tym mogliśmy stwierdzić, że zmiana tempa pracy, która w warunkach tempa regulowanego była zjawiskiem nie tak częstym stała się podstawowym typem zakłócenia koordynacji czasowej przy pracy bez regulowania tempa. Zwraca uwagę, że arytmiczność jako rodzaj zakłócenia koordynacji czasowej charakteryzuje przede wszystkim pracę w warunkach tempa regulowanego. Szukając analogii dla tego typu pracy możemy wziąć pod uwagę taśmowy system produkcji, w którym tempo pracy jest narzucone przez ruch taśmy.

Jak wspomnieliśmy badania z zakresu fizjologii pracy dokonywane w warunkach produkcji taśmowej uwzględniają przede wszystkim zmiany długości średniego czasu operacji roboczych. Jest to o tyle wytłumaczalne, że pomimo istnienia zadanego tempa pracy przy taśmach mają miejsce także określone rezerwy czasowe pozwalające na wydłużenie czasu średniego. Nasze badania (*Kirschner 1957*) wykazały, że w ciągu dnia pracy u robotników przy taśmie zachodzą również zmiany w zakresie rytmiczności pracy odzwierciedlające stan funkcjonalny ruchowego stereotypu dynamicznego.

Ryc. 7 przedstawia zmiany średniej dla 7 robotnic dyspersji czasów operacji roboczych oznaczonej w kilku „węzłowych” punktach dnia pracy. Jak widać z wykresu na wielkość dyspersji wpływa wyraźnie „wciąganie się” do pracy, zmęczenie narastające przed obiadem, jednogodzinna prze-

rwa obiadowa, oraz zmęczenie rozwijające się w końcowych godzinach pracy. Należy przypuszczać, że arytmiczność w warunkach produkcji taśmowej może się rozwijać po wyczerpaniu rezerw czasowych, gdy mimo



Ryc. 7. Średnia dyspersja czasu trwania operacji roboczych w ciągu dnia pracy u 7 robotnic fabryki obuwia im. Paryskiej Komuny w Moskwie.

Fig. 7. Medium dispersion of time necessary for working operations, tested during one workday on 7 workwomen of conveyor the Paris Commune shoe factory in Moscow.

wydłużenia średniego czasu dalej istnieją warunki dla funkcjonalnych zakłóceń rytmiczności pracy.

Rytmiczność zapewnia najlepsze wyniki pracy przy najmniejszym wydatkowaniu sił organizmu na co wskazuje szereg autorów (Pawłłow, Bücher, Sachsenberg). W naszych badaniach udowodniliśmy, że zmęczenie może prowadzić do znacznych zakłóceń rytmiczności i tym samym naraża

ustrój na mniej ekonomiczną pracę. Przypominamy, że szereg innych zjawisk także wskazuje na bardziej marnotrawne rozchodowanie sił ustrojowych przy zmęczeniu np. ruchy zbędne, zmniejszenie współczynnika pracy użytecznej itp. Wydaje się nam jednak, że charakter i znaczenie arytmiczności związanej ze zmęczeniem jest inne, aniżeli przy pełnocennym stanie funkcjonalnym ustroju. Pomimo na pozór niekorzystnych warunków związanych z pracą arytmiczną utrzymanie rytmiczności przy zmęczeniu wymagało dodatkowego wysiłku ze strony badanych, co bardziej męczyło ich, aniżeli bezładna praca. Tylko zmiana tempa pracy pozwalała utrzymać w określonych granicach stan rytmiczności, na co wskazuje przede wszystkim seria doświadczeń, w których tempo nie było z zewnątrz regulowane.

Badani w naszych doświadczeniach mieli za zadanie utrzymać podczas pracy określone stosunki czasowe w ruchowym stereotypie dynamicznym. Wszelka więc zmiana „chronostereotypu“ była świadectwem zakłócenia ustalonej koordynacji czasowej. Jednak musimy wziąć pod uwagę, że te przesunięcia w „chronostereotypie“, które prowadziły do zmian tempa poprawiały rytmiczność pracy. Można więc uważać, że zmiana tempa, naruszając wytworzony stereotyp stosunków czasowych była równocześnie reakcją przystosowawczą pozwalającą zachować wszystkie dodatnie strony pracy rytmicznej. Badania chronometryczne wykonane w warunkach produkcji taśmowej (Kirschner 1957) wykazały bardziej złożony charakter wzajemnych związków między zmianami średniego czasu operacji roboczych i towarzyszącymi zmianami dyspersji tych czasów. Warunki produkcyjne stwarzają o wiele bardziej różnorodny kompleks bodźców, aniżeli praca na ergografie w laboratorium, co nie może nie mieć wpływu na urozmaicony obraz zmian koordynacji czasowej. Poza tym należy wziąć pod uwagę różne odcinki czasu w których rozwijają się zmiany funkcjonalne w ustroju przy 8-godzinnej pracy produkcyjnej i przy 15—20-minutowej pracy na ergografie. Istnieje wiele danych wskazujących na nierównoznaczność szybkiego i wolnego narastania zmęczenia. Być może to jest powodem tego, że przyspieszenie wykonania operacji roboczych w końcu dnia pracy w rezultacie „zrywu końcowego“ przebiega często ze wzrostem arytmiczności tj. odwrotnie, niż by tego należało się spodziewać na podstawie naszych doświadczeń.

Jednak i w badaniach produkcyjnych potwierdza się nasza teza o dodatnim wpływie zmian tempa pracy, w szczególności jego zwolnienia, na stan rytmiczności. W związku z tym, wydają się nam słuszne próby dostosowania tempa pracy przy taśmie do zmian w stanie funkcjonalnym ustroju w ciągu dnia pracy (Zolina i współ. 1957). Stopień rytmiczności pracy byłby w tym wypadku dodatkowym wskaźnikiem pozwalającym aktualnie oceniać stan ruchowego stereotypu dynamicznego.

Zwrócić musimy jeszcze uwagę na fakt, że nasz typ doświadczeń anga-

zując II układ sygnałowy wymagał od badanych aktywnego przeprowadzania oceny czasu. Jak wskazuje szereg autorów (Frołow i współ. 1936, Gorkin i współ. 1957 i in.) przy zmęczeniu odruch na czas ulega naruszeniu. W tych warunkach, w celu prawidłowego wykonania zadania, szczególnego znaczenia nabiera aktywna, kontrolowana ocena czasu. Oczywiście takiego typu ocena jest bardziej trudna i męcząca dla badanego. W związku z tym jest ona mniej dokładna, niż ocena czasu opierająca się o mechanizmy odruchowe. Stąd znaczna arytmiczność ruchów, „niedocenianie“ wzgl. „przecenianie“ czasu prowadzące do zwolnienia wzgl. przyspieszenia tempa pracy przy naruszeniu stanu funkcjonalnego ustroju, gdy odruch na czas jest zakłócony.

Nie można pominąć faktu, że na ocenę czasu rzutuje się także wspomniana już tendencja ustroju do rytmizacji funkcji ruchowych. To prawdopodobnie powoduje, że przy pracy bez regulowania tempa badani, mimo zainteresowania w utrzymaniu tempa, tak łatwo je zmieniają, przyswajając sobie nowy rytm pracy.

W związku z wykonanymi badaniami elektromiograficznymi chcemy podkreślić, że ustalenie istnienia związku między „przestrzenną“ koncentracją pobudzenia a stanem rytmiczności wskazuje na daleko idące podporządkowanie rytmicznych aktów ruchowych określonym stosunkom między podstawowymi procesami nerwowymi.

Cytowani autorzy *Kwasow* i *Kołodnaja* stwierdzili zależność rytmiczności od stopnia koncentracji impulsacji nerwowej przypadającej na poszczególne skurcze mięśnia pracującego w okresie tworzenia rytmicznego stereotypu ruchowego. Nasze badania rozszerzają dane dotyczące powiązań rytmiczności z przebiegiem podstawowych procesów nerwowych, uwzględniając nie tylko tworzenie się stereotypu, ale i okres jego naruszenia. Poza tym wymienione powiązanie stwierdziliśmy w zjawiskach promieniowania pobudzenia na nieczynne grupy mięśniowe. Tym samym badania EMG potwierdzają pogląd, że zmiany „chronostereotypu“ są odbiciem zmian w stanie podstawowych procesów nerwowych i dlatego mogą służyć do pośredniej oceny tych procesów.

#### WNIOSKI

1. Zakłócenia koordynacji czasu w wytworzonym rytmicznym stereotypie ruchowym mogą mieć różny charakter zależny od szeregu okoliczności zewnętrznych i właściwości osobniczych wykonującego pracę.

2. W warunkach nieregulowanego z zewnątrz tempa wyrazem zakłócenia koordynacji czasu są zmiany tego tempa, stan rytmiczności pracy jest przy tym względnie dobrze zachowany, co świadczy o tendencji aparatu ruchowego do rytmizacji swej funkcji kosztem tempa.



3. В условиях работы ритmicной с темпом с зeнaтpuz регулированным выражением заклóчения координации времени ставeт пpедe всем ритmicность движений.

4. Степень ритmicности движений выражена статистически с помощью дисперсии является важным показателем колебаний состояния функционального организма в течение работы. Увидеть можно также влияние раздражителей действующих через I и II систему сигналов на состояние ритmicного стереотипа движений с темпом с зeнaтpuz регулируемым.

5. Изменения в области ритmicности движений сопровождаются изменениями в равновесии основных процессов нервных, а также состояние ритmicности косвенно выражает состояние этих процессов.

Г. Киршнер

## ИССЛЕДОВАНИЕ РИТМИЧНОСТИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

### Содержание

Ритmicность рассматривается как один из основных элементов временной координации при ритmicной работе. Под временной координацией подразумевается приспособление временных соотношений в повторяющихся двигательных актах к рамкам определенным поставленным заданием. Это приспособление осуществляется благодаря рефлексу на время, ориентировочным сигналом из внешней среды, и влияниям II сигнальной системы. Взаимодействие перечисленных факторов обеспечивает беспрепятственную координацию времени в условиях производственной и спортивной ритmicной деятельности.

Целью работы является представление изменений в области временной координации в созданном уже двигательном ритmicном стереотипе с особым учетом изменений ритmicности. Интерес автора вызвали изменения временной координации в результате утомления и раздражителей действующих на I и II сигнальную систему. Производились сравнения изменений ритmicности и состояния основных нервных процессов на основании картины ЭМГ.

Примененный в I серии опытов (опыты с регулируемым темпом) вид ритmicной работы позволил производить исследование временной координации при участии всех основных формирующих её факторов: рефлекса на время, внешних раздражителей и II сигнальной системы. Испытуемые поднимали умеренной величины груз на ручном эргографе соблюдая определенные временные соотношения между движениями. Применяемый через определенные отрезки времени (в отдельных вариантах опытов через 30,15,5 сек.) сигнал звонка позволял испытуемым производить контроль темпа работы.

Во II серии опытов использовался выработанный в I серии двигательный ритmicный стереотип с темпом 15 движений на 30 сек., но без применения периодического контрольного сигнала звонка. Исследования производились на 8 студентах.

Результаты показали, что основным видом нарушения временной координации в I серии опытов является вариативность циклов (цикл = время собственно движения + перерыв). Нарушения временной координации в виде изменений темпа работы происходили реже в данной серии и были индивидуальны у отдельных испытуемых.

Колебания вариативности в I серии опытов являлись отражением изменений работоспособности представляя период вработываемости, устойчивого состояния, нарастания утомления, а также влияние отдыха.

При сравнении вариативности в двух поочередно выполненных испытуемым идентичных работах разделенных отдыхом достаточным для ликвидации субъективных проявлений утомления оказалось, что уровень вариативности во время повторного выполнения работы был значительно выше.

Отмечено, что уровень вариативности легко подвергается изменениям в результате влияния ряда факторов; обращение внимания на необходимость соблюдения ритмики, разные эмоциональные состояния. Сравнение вариативности в применяемых медленных и быстрых темпах работы (15 и 10 движений на 30 сек. а также 2 и 3 движения на 5 сек.) не обнаружило существенных разниц.

Результаты II серии опытов показали, что при отсутствии звукового сигнала позволяющего исправлять темп работы, у всех испытуемых происходило нарушение временной координации в виде нарушения темпа работы. Нарушения темпа работы развивались прежде всего в направлении его замедления. При этом ритмичность движений подвергалась нарушениям значительно меньше чем при работе с регулируемым темпом. Это явление оценивается как тенденцию двигательного аппарата к ритмизации своей функции за счёт темпа работы.

Исследования биотоков мышц обнаружили наличие определённых зависимостей между появлением добавочной электрической активности на трапециевидной мышце и ростом артмичности. Делается вывод, что ритмичность движений это явление тесно связано с устойчивостью мозаично возбужденных и заторможенных участков двигательного анализатора.

Проводились сравнения между результатами хронометражных исследований в условиях конвейерного производства и выполненных опытов. Делается вывод, что исследование вариативности рабочих операций в условиях конвейерного производства даёт возможность более полной оценки состояния временной координации и вместе с тем функционального состояния организма при работе.

H. Kirschner

## TESTS OF RHYTHMICALNESS OF MOTION FUNCTIONS

### Summary

Rhythmicalness is considered one of the basal factors of time-coordination by rhythmic work. Time-coordination is understood to be an adaptation of temporary relationships in repeated elements of motion to the framework of a given task. Adaptation is effected by environment orientating stimuli, the action of the second signal system and the reflex for time. The collaboration of all mentioned factors assures a rightful time-coordination in conditions of professional or sport rhythmical action.

The aim of this work is to present alterations of timecooordination in a well shaped rhythmical motor stereotype with particular consideration of shifts of rhythmicalness. Alterations of time-coordination resulting from fatigue, or elicited by stimuli acting through the first or second signal system, were specially studied. A comparison of rhythmical variations with the state of basal nervous processes by means of EMG figures was completed.

The model of rhythmic work applied in the I series of experiments (with regulated speed) allowed an examination of variations of time-coordination, with simultaneous engagement of all basal factors forming it, i. e. reflex for time, environment stimuli and second signal system.

The individuals tested were obliged to lift a moderate weight on a hand ergograph, keeping definite temporary relationships between motions. A bell signal sounding at regular intervals (in particular experiments of 30, 15 and 5 seconds) allowed a selfcontrol of working speed in persons examined.

In the II series experiments were based on the motor stereotype established by the I series with a rate of 15 motions in 30 seconds but without applying the controlling bell signal. Tests were carried out on 8 students. The results proved that a basal sort of disturbance of time-coordination in the I series of experiments is the dispersion of cycles (one cycle is the time of each motion + interval). Disturbances of time-coordination of the type of alterations in working speed, appeared less frequently in this series and were treated individually in relation to particular persons tested.

The oscillation of cycle dispersions in the I series of tests generally reflected alterations of work efficiency representing the warming up period, steady state, increase of fatigue and advantage of rest. When comparing dispersion in two successively executed tasks, separated by an interval sufficient to clear away subjective fatigue symptoms, it appeared that the level of cycle dispersions during work done for the second time was higher.

It has been evident that rhythmicalness is easily subject to changes springing from incidental factors, as: observations concerning the necessity of keeping rhythm and various emotional states. Comparison of dispersions in fast and slow rates of work (15 and 10 motions in 30 seconds, 2 and 3 motions in 5 seconds) did not reveal any essential differences.

The II series of experiments proved that a want of signal stimulus designed to correct the working rate, occasioned disturbances of time-coordination of the type of speed alterations consisting mostly in a slacking of speed. The rhythmicalness of motions was subject to much smaller infractions than by work with regulated speed. This would be a proof that the motion instrument is inclined to sacrifice speed to rhythm.

Examinations of muscle action potentials have revealed a determined correlation between the appearance of an additional electrical activity on the trapezius and the increase of irregularity of motions. This would suggest that the rhythmicalness of motions is closely dependent of durability of „mosaic“ of excited and restrained centres of the motor analyser.

The analogy between results of chronometric investigations in conveyer conditions and examinations carried out, has been established to the conclusion that tests of dispersion of rates in working operations and conveyer conditions are able to guide to a fuller evaluation concerning the state of time-coordination and thus to discern the functional state of the organism at work.

## PIŚMIENNICTWO

1. *Aleksiejew M. A.*: Żur. wyssh. nierw. diejat. 1953, 3, 883. — 2. *Aleksiejew M. A.*: Trudy Inst. wyssh. nierw. diejat. seria fizjołog. 1955. — 3. *Awramoff D.*: Philosoph. St. 1903, 18, 515. — 4. *Balachowskij I. S., Małkin W. B., Komiendantow G. Ł.*: IV naucz. sec. Centr. naucz. — issled. inst. protezirow, Doklady, Moskwa, 1955. —

5. *Bartlett F.*: Symposium on Fatigue, London, 1953, 1. — 6. *Bücher K.*: Rabota i ritm. Now. Mos. 1923, (przekł. z niem.). — 7. *Prołowa J. P., Izergina A. J.*: Archiw bioł. nauk, 1936, 1—2, 103. — 8. *Gorkin J. F., Albickaja J. F.*: Gig. i san. 1957, 1, 43. — 9. *Kirschner H.*: Konf. młod. naucz. robot. Tezisy dokł. Moskwa, 1957, 6. — 10. *Kotodnaja A. J.*: Wopr. izucz. wyssh. niejrodyn. Moskwa, 1957, 186.

11. *Kosiłow S. A.*: Ucznionyje zapiski LGU, 1938, 23. — 12. *Kosiłow S. A.*: Naucz. ses. LGU, Tezisy dokł. 1946. — 13. *Kosiłow S. A.*: Fizjolog. żur. 1954, 40, 3. — 14. *Kosiłow S. A., Łomow I. A., Mojkin J. W.*: Żur. wyssh. nierw. diejet. 1955, 5, 653. — 15. *Krapiwencewa S. I.*: II Naucz. konf. po wopr. fizj. truda, Tezisy dokł. Kijew, 1955, 77. — 16. *Krestownikow A. W.*: Fizjologia czelowieka, Moskwa, 1954. — 17. *Kwasow D. G.*: Fizjolog. żur. 1952, 38, 423. — 18. *Missiuro W.*: Przegląd Sport. Lek. 1931, 1. — 19. *Missiuro W.*: Acta Physiol. Pol. 1952, 3, 141. — 20. *Missiuro W., Kozłowski S.*: Wych. Fizycz. i Sport, Studia i mat. Warszawa, 1957, 1.

21. *Miyake I.*: Researches on rythmic action, New York, 1903. — 22. *Pawłow I. P.*: Liekcji o rabotie bolszich połuszarij, Moskwa, 1949. — 23. *Ryan A. H., Florence P. S.*: Rythm in industry, Washington, 1919. — 24. *Sachsenberg E.*: Ausgew. Arb. d. Lehrst. f. Betriebswiss. Berlin, 1926, 3, 1. — 25. *Schulze R.*: Aus. d. Werkstatt d. experimen. Psych. u. Pädag. Begabungsforsch. u. Berufber. Leipzig, 1922. — 26. *Simonson E.*: Arbeitsphysiol. 1934, 7, 598. — 27. *Szulc S.*: Metody statystycz. Warszawa, 1952/54. — 28. *Winogradow M. I.*: Uczionyje zapiski LGU. 1938, 23. — 29. *Zolina Z. M., Babajewa J. A., Aleksandrow P. D. i inni*: Wopr. fizjol. truda, Moskwa, 1957, 98.

Otrzymano dnia: 24. XII. 1958.