

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE - SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA

VOL. XVIII, 14

SECTIO D

1963

Katedra i Zakład Fizjologii Człowieka. Wydział Lekarski.
Akademia Medyczna w Lublinie
Kierownik: prof. dr med. Wiesław Hołobut

Jerzy CYTAWA i Władysław STAŻKA

**Analiza chronaksymetryczna przypadków utrudnionego wykształcenia się
u ludzi ruchowych reakcji warunkowych**

**Хронаксиметрический анализ случаев затрудненного образования
двигательных условных рефлексов у людей**

**Chronaximetric Analysis of Cases Demonstrating Difficulties
in the Establishment of Conditioned Motor Reactions in Man**

Metoda Iwanowa - Smolenskiego (1935) badania u ludzi ruchowych reakcji warunkowych przy użyciu wzmocnienia słownego znalazła ze względu na swoją prostotę szerokie zastosowanie zarówno w badaniach fizjologicznych, jak i w praktyce klinicznej. Przy użyciu tej metody można w krótkim czasie wykształcić reakcje warunkowe, badać zachowanie się ich w różnych warunkach doświadczalnych, a nawet wyciągać wnioski o właściwościach typologicznych badanego osobnika (Bogaczenko i Faddiejewa 1956, Briks 1956), co jest rzeczą bardzo żmudną w przypadku stosowania innych metodyk odruchowo-warunkowych.

Często spotykanym jednakże powikłaniem, występującym przy badaniu osób dorosłych tą metodą jest w pewnych przypadkach całkowita niemożność wykształcania odruchów warunkowych, mimo wielokrotnych połączeń bodźca warunkowego ze wzmocnieniem słownym, co zmusza badacza do stosowania dodatkowej wskazówki, wyjaśniającej badanemu kiedy ma wykonywać reakcję warunkową. Tego rodzaju przypadki opisywali: Linskij (1954), Cazacu (1955), Dmitriew i Żidkowa (1956) oraz Cytawa i Stażka w poprzedniej swojej pracy (1961). Przyczyną tych trudności w wypracowaniu odruchów warunkowych metodą słowno-ruchową bynajmniej nie są jakieś nieprawidłowości czynności korowych, lecz, jak uważa się, źródłem ich jest hamowanie w drugim układzie sygnałów, rozwijające się szczególnie łatwo u osobników z przewagą tego układu (K. i A. Jusowie 1954, Linskij 1954, Rokotowa 1954, Dmitriew i Żidkowa 1956). Badania własne autorów (1961), w których określano typ układu nerwowego badanych na podstawie wywiadu, według metody podanej

przez Cytawę (1959), wydają się również potwierdzać to przypuszczenie, bowiem istniejące odruchy warunkowe wykształciły się bardziej opornie u osobników typu „myśliciela” aniżeli u pozostałych badanych.

W związku z przypuszczeniem istnienia hamowania w drugim układzie sygnałów, jako przyczyny utrudniającej w pewnych przypadkach wykształcania się odruchów warunkowych, autorzy postanowili sprawdzić słuszność tego zapatrywania przy użyciu metody chronaksymetrii mięśniowej, jako obiektywnego proberza rodzaju oraz intensywności korowych procesów pobudzenia i hamowania, rzutujących na pobudliwość obwodowego neuronu ruchowego. Jak wiadomo chronaksja mięśniowa podlega ustawicznym wpływom idącym od ośrodków ośrodkowego układu nerwowego (M. Lapique 1923, L. i M. Lapique 1928). Mechanizm tego wpływu starały się ujawnić dawne prace W. Hołobuta (1935 i 1936). Na szczególną uwagę zasługują tu badania, w których na drodze deafferentacji rdzenia kręgowego wykazano znaczenie podniet czuciowych w zjawisku subordynacji i w ten sposób stworzono odruchowe podłoże zmian subordynacyjnych. Pogląd ten znalazł potwierdzenie w późniejszych licznych pracach szeregu autorów, którzy wykazali wahania poziomu chronaksji subordynacyjnej pod wpływem bodźców zewnątrz lub wewnątrz-pochodnych (Czernigowski 1947, Farfel 1947, Kiselew 1947, Dmitriew 1948, Ufland 1948, 1950, Ufland i Kuniewicz 1950, Zamjatina 1950, Hołobut i Krwawicz 1955 oraz Achmerow 1956). Odnosnie czynności odruchowo-warunkowej wiadomo również, że wymierza ona odpowiednio wartość chronaksji mięśniowej, przy czym stany pobudzenia powodują skrócenie chronaksji subordynacyjnej, natomiast stany hamowania — wydłużenie (Chauchard A. i B. i Drabovitch 1935, 1937, Jakowlewa 1953, Cytawa i Stążka 1961). Charakterystyczne zachowanie się pobudliwości mięśniowo-nerwowej podnosi chronaksymetrię do stopnia wskaźnika obiektywnie określającego jaki proces nerwowy i o jakim nasileniu toczy się w korze mózgowej. Stworzyło to możliwość wykorzystania pomiarów chronaksymetrycznych do eksperymentalnej analizy przypadków utrudnionego wykształcania się odruchów warunkowych.

METODYKA

Doświadczenia wykonano na grupie studentów w wieku 18—32 lat. Badanym starano się wypracować ruchową reakcję warunkową według metody słowno-ruchowej Iwanowa-Smolenskigo. W badaniach posłużono się opisem metodyki podanej przez Poworinskigo (1954). W czasie doświadczenia badany siedział przed tablicą z sygnałami oddzielony zasłoną od eksperymentatorów, w prawej ręce trzymał gumową gruszkę, połączoną za pomocą przekładni pneumatycznej z odpowiednio wyskalowanym refleksometrem. W okresie wypracowywania ruchowej reakcji warunkowej badano równocześnie wahania pobudliwości subordynacyjnej mięśniowo-nerwowej.

Pomiary chronaksymetryczne wykonano według metody Bourguignona (1923, 1929). Elektrode bierną przytwierdzano za pomocą opaski muslinowej w okolicy łopatkowej lewej, elektrodą czynną drażniono mięsień ramienno-promieniowy lewy (*M. brachio-radialis*) w jego punkcie pobudzenia (według Altenburgera 1937) do którego elektroda była przymocowana za pomocą odpowiednio dopasowanej opaski gumowej, uniemożliwiającej oderwanie się lub przemieszczenie elektrody z punktu drażnienia. Autorzy ograniczyli się jedynie do oznaczania

chronaksji mięśniowej, nie badali natomiast zmian w zachowaniu się reobazy, uważając że wobec niejednorodnego poglądu na mechanizm jej zmian nie może być ona miarą pobudliwości. Wartość chronaksji oznaczano kilkunastokrotnie w ciągu każdej minuty badania, przy czym zawsze wobec tej samej reobazy określonej na początku doświadczenia. Postępowanie takie zapewniło możliwość pełnej porównywalności otrzymanych wyników: badano bowiem tylko zmiany pobudliwości czasowej, przy zachowaniu stałego parametru siły elektrycznego drażnienia.

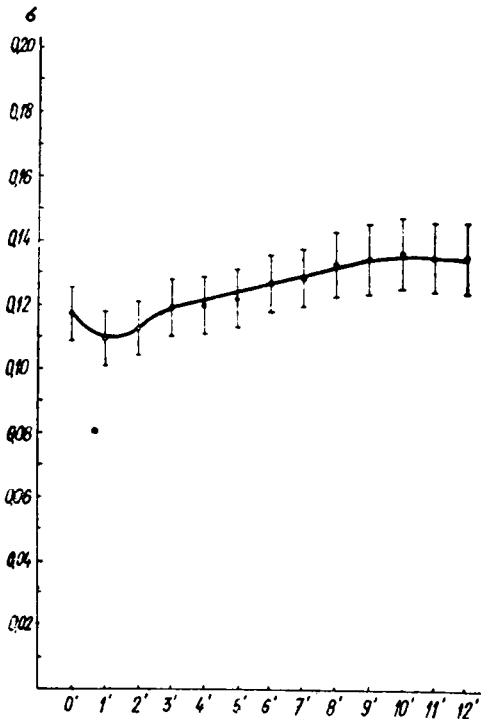
W pracy naszej poddano analizie doświadczalnej wyniki 30 badanych, u których mimo wielokrotnych połączeń bodźca warunkowego ze wzmocnieniem słownym nie udało się w ciągu 12 minut wykształcić odruchu warunkowego. Bezpośrednio po tej części badania przeprowadzono sprawozdanie słowne według ogólnie przyjętych zasad. Miało ono na celu ujawnienie danych odnośnie charakterystyki wykształcania się związku warunkowego w drugim układzie sygnałów. Z kolei po dokonaniu sprawozdania słownego dawano badanym instrukcję, która brzmiała: „proszę nie czekać na polecenie, „nacisnąć”, lecz naciskać samemu w odpowiednim momencie, gdy będzie pan uważał za stosowne”. W tej części doświadczenia określano w ciągu 8 min. zmiany chronaksymetryczne towarzyszące realizowaniu dodatknych odruchów warunkowych. Następnie dla porównania, zbadano również i zmiany, jakie zachodziły na tle hamowania, w związku z wygaszaniem reakcji ruchowej.

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej z uwzględnieniem testu „t”. W obliczeniach korzystano z opisu metodyki, wzorów i tablic podanych przez Rydygiera (1947) oraz Guilforda (1960).

BADANIA WŁASNE

Przeanalizowano wyniki 30 badanych, u których mimo 12-minutowych usiłowań autorów nie udało się wykształcić ruchowej reakcji warunkowej. Ryc. 1 przedstawia zmiany poziomu chronaksji subordynacyjnej mięśnia ramiennie-promieniowego ręki lewej w kolejnych minutach stosowania połączenia bodźca warunkowego z poleceniem słownym „nacisnąć”. Opracowanie statystyczne tych danych podaje tab. 1. Wartość chronaksji mięśniowo-nerwowej, która na początku badania wynosiła średnio, po zaokrągleniu drugiego miejsca po przecinku — $0,12 \pm 0,01 \sigma$, w pierwszej minucie usiłowania wytworzenia odruchu warunkowego obniżyła się nieco do wartości $0,11 \pm 0,01 \sigma$. Jeśli przyjąć prawdopodobieństwo $P = 0,05$ za granicę istotności różnic, to skrócenie chronaksji w pierwszej minucie badania można by było jeszcze uznać za statystycznie istotne. W dalszych minutach badania chronaksja stopniowo wydłużała się.

Z uwagi na to, że zależność wzrostu chronaksji od czasu badania nie miała charakteru trendu prostolinijnego, lecz raczej przedstawiała się w postaci krzywej początkowo opadającej w dół, a następnie wznoszącej i z kolei asymptotycznie zbliżającej do wartości $0,14 \sigma$, nie można było dla danych tych oznaczyć współczynnika korelacyjnego



Ryc. 1. Graficzne przedstawienie zmian chronaksymetrycznych w przypadku braku ruchowej reakcji warunkowej. Oznaczenia: na osi rzędnych — wartość chronaksji w σ ; na osi odciętych — kolejne minuty badania; odcinki pionowe — \pm błąd standardowy średniej arytmetycznej

Graphic illustration of chronaximetric changes in cases demonstrating a lack of motor conditioned reaction. Explanation: ordinate — chronaximetric values given in σ ; abscissa — successive minutes of investigation; vertical lines — standard error of the arithmetical mean

Pearsona. Ograniczono się jedynie do obliczenia wskaźnika różnicy istotnej „t” dla danych chronaksymetrycznych z każdej minuty badania w porównaniu ze stanem wyjściowym. Z tab. 1 wynika, że wydłużenie chronaksji, pojawiające się w przypadkach opornego wykształcania się odruchu warunkowego, poczynając od 8 minuty badania może być uważane za statystycznie znamienne ($P < 0,05$), przy czym znamienność ta osiąga swoje maksimum w 10 minucie badania ($P < 0,02$).

Otrzymane wyniki chronaksymetryczne zestawiono następnie z wynikami sprawozdań słownych. Sprawozdania te ujawniły, że pomimo braku dodatniego odruchu warunkowego niemal u wszystkich badanych wykształcił się związek warunkowy między bodźcem a reakcją ruchową (ryc. 2). Badani jednak, jak to podali w sprawozdaniach słownych, hamowali swoją reakcję ruchową, czekając na polecenie słowne „nacisnąć”. W ten sposób odpowiadała większość badanych, bo aż 20 z ogólnej liczby 30, co stanowi 67% badanych. Oto przykład typowego sprawozdania słownego: Doświadczenie nr 5, badany S. S. lat 20, 14 IV 59 r. Co robił? „Czekałem na zapalenie się światła. Pojawiało się światło i wówczas słyszałem «nacisnąć» i naciskałem”.

Bardzo charakterystyczne były odpowiedzi 7 badanych (23%), którzy początkowo łączyli swoją reakcję ruchową tylko z zapaleniem światła,

Tab. 1. Zestawienie zmian chronaksymetrycznych w przypadkach braku ruchowej reakcji warunkowej mimo wielokrotnych połączeń bodźca warunkowego ze wzmocnieniem słownym

Chronaximetric changes in case when the conditioned reflex failed in spite of many trials

T	M	m	t	P<
0'	0,119	0,009		
1'	0,112	0,008	2,121	0,05
2'	0,115	0,008	0,775	0,5
3'	0,121	0,009	0,324	0,8
4'	0,122	0,009	0,478	0,7
5'	0,124	0,009	0,795	0,5
6'	0,129	0,009	1,493	0,2
7'	0,131	0,010	1,606	0,2
8'	0,135	0,010	2,189	0,05
9'	0,136	0,011	2,174	0,05
10'	0,138	0,011	2,540	0,02
11'	0,136	0,011	2,425	0,05
12'	0,136	0,011	2,425	0,05

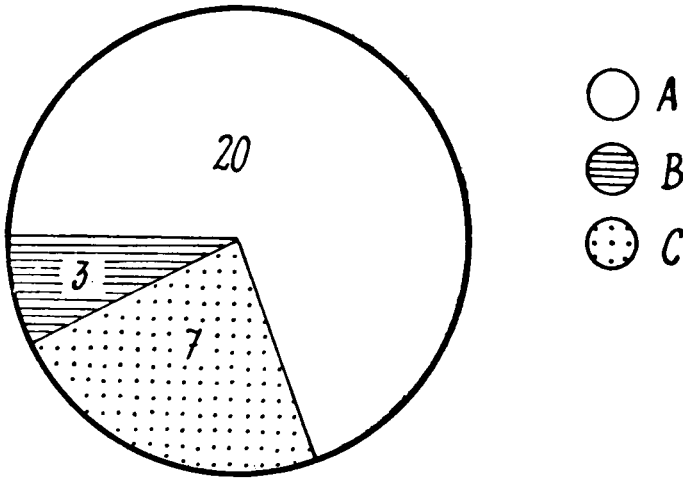
Oznaczenia: **T** — kolejne minuty badania; **M** — średnia arytmetyczna wartości chronaksji podawana w σ ; **m** — błąd standardowy średniej arytmetycznej; **t** — wartość wskaźnika różnicy istotnej (t-Studenta); **P** — prawdopodobieństwo przypadków niepomyślnych;

Explanation: **T** — successive minutes of investigation; **M** — arithmetical mean of chronaximetric values given in σ ; **m** — standard error of the arithmetical mean; **t** — index of statistically significant difference (Student's "t"); **P** — probability of chance.

dopiero naprowadzeni pytaniami dodatkowymi przyznawali, że reakcję swoją wykonywali na polecenie. Oto przykład: Doświadczenie nr 19, badany S. M. lat 28, 12 IX 59 r. Co robił? „Naciskałem gruszkę w tym momencie, jak czerwone światelko zapalało się”. Czy bezpośrednio po zapaleniu światła? „Tak jest”. Czekał pan na coś może? „Nie”. Naciskał pan na światło, czy na rozkaz? „Ach tak, raczej na rozkaz”.

Tylko 3 badanych (10% przypadków) łączyło początkowo swoją reakcję ruchową z poleceniem „nacisnąć”. Jednak pytania dodatkowe, we wszystkich tych przypadkach wykazały, że i ci badani uchwycili związek reakcji ruchowej z bodźcem świetlnym. Jeden z badanych dawał takie odpowiedzi: Doświadczenie nr 4, badany A. T., lat 21, 8 IV 59 r. Co robił? „Naciskałem gruszkę”. Kiedy? „Naciskałem wtedy, kiedy pan doktor powiedział, żeby nacisnąć”. Kiedy to zwykle było? „Tak się zbiegało... w jakiś czas po zapaleniu światła”.

W następnej fazie doświadczenia porównywano otrzymane dotychczas wartości chronaksymetryczne z ich zmianami, jakie obserwowano



Ryc. 2. Diagram przedstawiający wyniki sprawozdań słownych badanych. Oznaczenia: **A** — badani, którzy łączą swoją reakcję ruchową z bodźcem warunkowym i wzmocnieniem słownym, **B** — badani, którzy początkowo łączą swoją reakcję ruchową tylko z bodźcem warunkowym, **C** — badani, którzy początkowo łączą swoją reakcję ruchową tylko ze wzmocnieniem słownym

Diagram demonstrating the results of verbal reports. Explanation: **A** — subjects who associated their motor reaction with the conditioned stimulus and speech reinforcement **B** — subjects who at the beginning associated their motor reaction with the conditioned stimulus only; **C** — subjects who at the beginning associated their motor reaction with the speech reinforcement only

Tab. 2. Zestawienie zmian chronaksymetrycznych na tle realizowania ruchowych reakcji warunkowych u tych samych badanych, po podaniu instrukcji słownej
Chronaximetric changes against the background of motor conditioned reaction i. e. after verbal instruction

T	M	m	t	P<
0	0,136	0,011		
1'	0,124	0,009	3,528	0,01
2'	0,101	0,009	5,776	0,001
3'	0,093	0,008	5,834	0,001
4'	0,086	0,007	6,149	0,001
5'	0,079	0,006	6,208	0,001
6'	0,076	0,006	6,322	0,001
7'	0,073	0,005	6,319	0,001
8'	0,073	0,005	6,300	0,001

Oznaczenia jak na tab. 1 — Explanation as in Table 1.

Ryc. 3. Graficzne przedstawienie zmian chronaksymetrycznych w związku z realizowaniem dodatnich reakcji warunkowych, po podaniu badanym instrukcji wyjaśniającej. Oznaczenia jak na ryc. 1

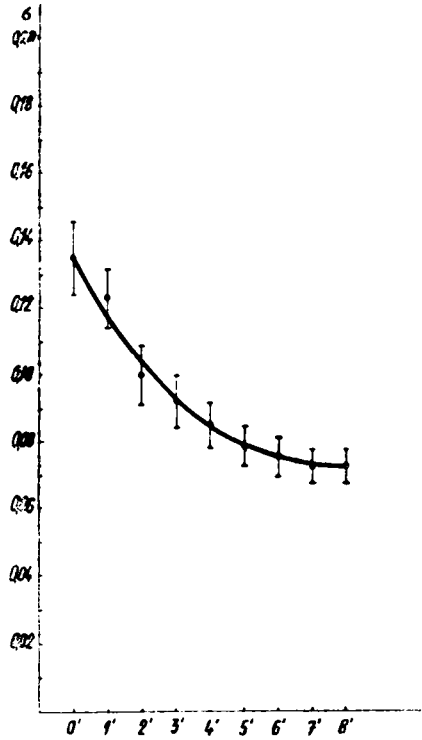


Fig. 1

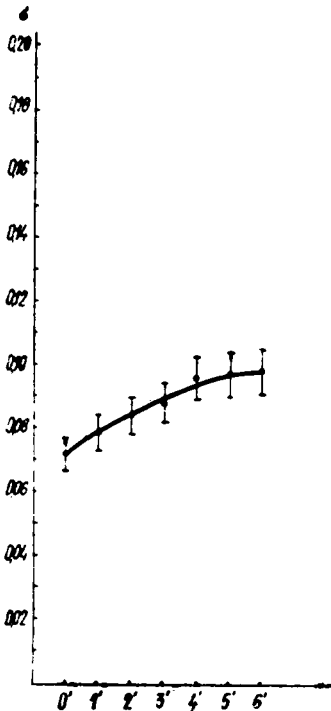
Tab. 3. Zestawienie zmian chronaksymetrycznych na tle wygaszania ruchowej reakcji warunkowej

Chronaximetric changes against the background of extinction of motor conditioned reaction

T	M	m	t	P<
0	0,072	0,005		
1'	0,079	0,006	2,333	0,05
2'	0,086	0,006	3,250	0,01
3'	0,089	0,006	3,400	0,01
4'	0,097	0,007	4,167	0,001
5'	0,098	0,007	4,333	0,001
6'	0,099	0,007	4,500	0,001

Oznaczenia jak na tab. 1 — Explanation as in Table 1.

po podaniu pouczenia słownego, gdy badani na każdy bodziec warunkowy odpowiadali dodatnią reakcją ruchową. Ryc. 3, przedstawiająca wyniki tej części doświadczenia, uwidacznia charakterystyczne zachowanie się chronaksji mięśniowej. Przy końcu poprzedniej części doświadczenia



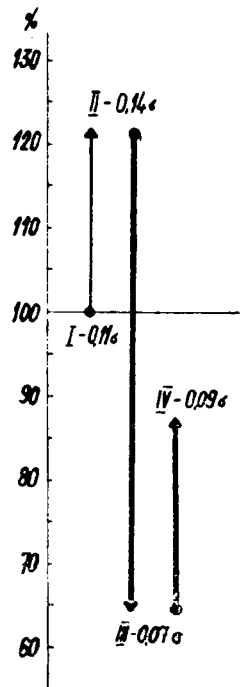
Ryc. 4. Graficzne przedstawienie zmian chronaksymetrycznych na tle wygaszania ruchowej reakcji warunkowej. Oznaczenia jak na ryc. 1

Graphic demonstration of chronaximetric changes against the background of the extinction of motor conditioned reactions.

Explanation as in Fig. 1

Ryc. 5. Graficzne zestawienie końcowych zmian chronaksymetrycznych, w kolejnych etapach doświadczenia. Wartości chronaksymetryczne wyrażono w procentach w stosunku do stanu otrzymanego na początku badania. Oznaczenia: I — wartość chronaksji na początku doświadczenia, II — wartość chronaksji na tle braku odruchu warunkowego, III — wartość chronaksji na tle dodatniego odruchu warunkowego (po podaniu instrukcji słownej); IV — wartość chronaksji na tle wygaszania ruchowej reakcji warunkowej. Linia cienka — zmiany o istotności różnic odpowiadających $P < 0,05$ i $0,02$. Linia gruba — zmiany o istotności różnic odpowiadających $P < 0,001$

Graphic comparison of final chronaximetric changes in the successive stages of the experiment. Chronaximetric values are given in percentage in relation to the results obtained at the beginning of the experiment. Explanation: I — chronaximetric value at the beginning of the experiment; II — chronaximetric value against the background of lack of conditioned reflex; III — chronaximetric value against the background of positive conditioned reflex i. e. after verbal instruction; IV — chronaximetric value against the background of the extinction of motor conditioned reactions; weak line — changes significant with $P < 0.05$ and 0.02 ; strong line — changes significant with $P < 0.001$



wynosiła ona po zaokrągleniu $014 \pm 0,01 \sigma$. Obecnie wartość ta uległa obniżeniu, w pierwszych minutach gwałtownemu, w następnych powolniejszemu, by ostatecznie osiągnąć poziom $0,07 \pm 0,005 \sigma$. Tego typu skrócenie chronaksji jest wysoce statystycznie znamienne — wartość współczynnika P, poczynając już od pierwszej minuty doświadczenia, jest mniejsza od 0,01, a w następnych minutach nawet mniejsza od 0,001 (tab. 2).

Wygaszanie ruchowej reakcji warunkowej wycisnęło również swoje piętno na zachowaniu się chronaksji subordynacyjnej, powodując jej ponowne wydłużanie (ryc. 4 i tab. 3). Należy jednak zauważyć, że wzrost ten nie przekroczył normy wyjściowej oznaczonej na początku badania ($0,11\sigma$) a ograniczył się tylko do wartości $0,09 \pm 0,01 \sigma$.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Człowiek jest istotą posiadającą pierwszeństwo w dziedzinie łatwości wykształcania się wszelkiego typu odruchów warunkowych. Rozporządzenie drugim układem sygnałów w jeszcze większym stopniu rozszerza zakres jego możliwości odruchowo-warunkowych, umożliwia tworzenie się związków czasowych nie tylko na podłożu odruchów bezwarunkowych, lecz także przy zastosowaniu słowa jako wzmocnienia odruchu warunkowego. Najprostszym modelem tego rodzaju związków jest odruch warunkowy w metodzie słowno-ruchowej Iwanowa-Smolenskigo. Jednakże, jak to wspomniano we wstępie tej pracy, spotyka się czasem w praktyce laboratoryjnej przypadki zadziwiające wprost trudnością w wykształcaniu reakcji warunkowych przy użyciu tej metody (C a z a c u 1955). W warunkach jednoczesnego wykształcania odruchów warunkowych oraz badania chronaksymetrycznego przypadki takie zdarzają się szczególnie często, stanowią bowiem $\frac{2}{3}$ badanych (C y t a w a, S t a ż k a 1961). Dodatkową przyczyną utrudniającą jest zastosowanie równoczesne, obok bodźców warunkowych reakcji ruchowej, dodatkowo jeszcze bodźca elektrycznego, w związku z dokonywaniem oznaczeń chronaksymetrycznych. W warunkach tych w korze mózgowej powstają dwa ogniska pobudzenia: jedno wywołane czynnością odruchowo-warunkową, drugie równoczesnym drażnieniem elektrycznym. Powstałe stosunki indukcyjne między tymi ogniskami pobudzenia niewątpliwie nie sprzyjają wykształcaniu się odruchu warunkowego. Należy podkreślić, że tym dodatkowym bodźcem, stosowanym na przedramię badanego, było uderzenie prądu elektrycznego, co jest słabym wprawdzie, lecz do pewnego stopnia bodźcem bólowym, który ze względu na swoje znaczenie biologiczne wywołuje silne ognisko pobudzenia w korze mózgowej, w obszarach nie związanych z czynnością

odruchowo-warunkową. Jednakże w tym wypadku wydaje się mieć znaczenie raczej drugorzędne wobec cytowanej na wstępie tej pracy hipotezy, że przyczyną utrudniającą wykształcanie się odruchów warunkowych u człowieka jest proces hamowania, powstający w drugim układzie sygnałów. Potwierdziła to analiza sprawozdań słownych, która wykazała, że właściwie u wszystkich badanych wytworzyło się połączenie między bodźcem warunkowym a reakcją ruchową, reakcja ta jednak była hamowana — badani czekali na polecenie słowne „naciśnąć”.

Zastosowanie metody chronaksymetrycznej umożliwiło dokładne prześledzenie dynamiki procesów korowych, towarzyszących przypadkom opornego wykształcania się odruchów warunkowych. We wnioskowaniu swoim opierając się na danych piśmiennictwa, uważaliśmy że skrócenie wartości chronaksji jest wyrazem wszelkich form procesu pobudzenia, niezależnie od tego, czy wywołany jest on czynnością odruchowo-warunkową (Chauchar d A. i B. i Drabovitch 1935, 1937, Jakowlewa 1953, Cytawa i Stążka 1961), czy też podaniem kofeiny (Achmerow 1956), natomiast wydłużenie chronaksji subordynacyjnej znamienne jest dla stanów hamowania, wywołanych np.: snem (Bouguignon i Haldane 1931, Achmerow 1956), narkozą Hołobut 1936, Chauchar d A. i B. 1935), podaniem bromu oraz długotrwałym badaniem (hamowanie ochronne, Achmerow 1956), a także towarzyszy hamowaniu, wywołanemu na drodze odruchowo-warunkowej (Chauchar d A. i B. i Drabovitch 1935, 1937, Jakowlewa 1953, Cytawa i Stążka 1961).

W przypadkach braku dodatniej reakcji warunkowej, mimo wielokrotnych połączeń bodźca warunkowego ze wzmocnieniem słownym „naciśnąć” obserwowaliśmy stałe wydłużanie wartości chronaksji subordynacyjnej. Wydłużanie to zaczynało zjawiać się poczynając od trzeciej minuty badania, a maksimum swoje osiągnęło w dziesiątej minucie doświadczenia. Tak więc badania chronaksymetryczne potwierdzają, że w analizowanych przypadkach brak reakcji ruchowej miał swoją przyczynę nie w niewytworzeniu się związku warunkowego między bodźcem warunkowym a reakcją ruchową, lecz przeciwnie w czynnym hamowaniu tego związku, niewątpliwie ze strony drugiego układu sygnałów. Jest to całkowicie zgodne z wynikami badań elektroencefalograficznych K. i A. Jusów (1954), którzy stosując równocześnie metodę Iwanowa-Smolenskigo stwierdzili, że w przypadkach braku reakcji warunkowych mimo dużej ilości połączeń, stosowany bodziec warunkowy wywoływał obraz elektroencefalograficzny przypominający zmiany powstałe pod wpływem bodźców hamulcowych.

Badania chronaksymetryczne ujawniły dodatkowo jeszcze jeden ciekawy szczegół, którym było krótkotrwałe skrócenie wartości chronaksji

w pierwszej i drugiej minucie doświadczenia. Wydaje się, że to skrócenie chronaksji nie jest przypadkowe ($P < 0,05$), lecz jest wyrazem procesu pobudzenia powstałego w korze mózgowej w pierwszym okresie „rodzenia się” odruchu warunkowego, co dało się uchwycić czułą metodą chronaksymetryczną, podczas gdy na obwodzie nie było żadnej reakcji ruchowej. Do wniosku tego upoważniają również analogie zaczerpnięte z badań elektroencefalograficznych. Wielu autorów obserwowało zmiany w zapisie elektroencefalograficznym, typowe dla wytworzenia się odruchu warunkowego, już po pierwszych kilku połączeniach bodźca warunkowego ze wzmożeniem, w okresie, gdy na obwodzie odruch warunkowy jeszcze się nie ujawnił (K. i A. Jusowie 1954, Jouvet i Hernandez-Peon 1955, Majkowski 1955, Yoshii 1957, Gastaud i wsp. 1956). Jeszcze raz została potwierdzona hipoteza, że w obserwowanych przypadkach mimo braku reakcji ruchowej, związek warunkowy w rzeczywistości wykształcił się, lecz został on natychmiast czynnie zahamowany ze strony drugiego układu sygnałów.

Osiągnięciem praktycznym przedstawionych badań jest wykazanie możliwości scharakteryzowania na podstawie zmian rzutuujących na pobudliwość obwodowego neuronu ruchowego, procesów toczących się w korze mózgowej oraz prześledzenie kierunku i nasilenia tych zmian przy pozornie jednakowym obrazie, jakim jest brak reakcji ruchowej na obwodzie. Wykonywane oznaczenia chronaksymetryczne, równocześnie z badaniem odruchów warunkowych według metody Iwanowa-Smolenskigo spełniają tu rolę podobną jak kompleksowe badania elektroencefalograficzne, elektromiograficzne obok rejestrowania ruchowych reakcji warunkowych w pracach K. i A. Jusów (1954, 1956, 1957). Autorzy ci na podstawie stwierdzenia zjawiska dysocjacji elektromiograficzno-mechanograficznej ujawnili różne stopnie nasilenia procesów pobudzenia oraz hamowania przy pozornie jednakowym efekcie ruchowym na obwodzie. Niewątpliwie metoda opisana przez Jusów jest cenniejsza ze względu na możliwość graficznej rejestracji wyników, jednakże badania chronaksymetryczne mają tę stronę dodatnią, że są łatwiejsze w wykonaniu, nie wymagają kosztownej aparatury oraz specjalnego wykszolenia eksperymentatora. Z tych względów metoda ta mogłaby znaleźć zastosowanie w praktyce klinicznej, szczególnie w przypadkach patologicznych przy ustalaniu tła braku odruchu warunkowego.

Obok przedstawionej, zasadniczej części doświadczeń, zbadano również zmiany chronaksymetryczne towarzyszące realizowaniu u tych samych badanych, dodatnich odruchów warunkowych po podaniu instrukcji słownej, oraz zmiany powstające na tle hamowania w przypadku wygaszania reakcji ruchowych. Ta część badań potraktowana była jako kontrolna w stosunku do głównej części doświadczeń. Miała ona

dać wyobrażenie o intensywności zmian chronaksymetrycznych towarzyszących opornemu wykształcaniu się odruchów warunkowych przez porównanie ich z typowymi zmianami, obserwowanymi na tle pobudzenia oraz hamowania odruchowo-warunkowego. W tym też celu obok przedstawienia wyników tych na odpowiednich rycinach i tabelkach, wykonywano ich końcowe zestawienie, które ilustruje ryc. 5. Jak widać po podaniu instrukcji słownej, gdy badani na każdy bodziec warunkowy odpowiadali nie hamowaną już reakcją warunkową, wartości chronaksymetryczne ulegały zmianie w diametralnie przeciwnym kierunku — zaczęły się wyraźnie i statystycznie wysoce istotnie ($P < 0,001$) skracać. Intensywność zmian na tle pobudzenia jest znacznie większa od obserwowanych w poprzednim etapie doświadczenia. Jest to zrozumiałe, bowiem w tym przypadku przyczyną tych zmian był wyłącznie proces pobudzenia, podczas gdy wydłużenie obserwowane poprzednio, aczkolwiek spowodowane było niewątpliwie czynnym hamowaniem reakcji ruchowej ze strony drugiego układu sygnałów, to jednak było osłabione przez domieszkę pobudzenia, wynikłą z faktu, że związek warunkowy w rzeczywistości wytworzył się, lecz był świadomie hamowany. Dlatego wykres przedstawiony na ryc. 1 jest wypadkową działania sił pobudzenia (wybitniej zaznaczonych w pierwszych minutach badania) oraz hamowania (manifestujących się szczególnie w końcowych minutach doświadczenia).

Wygaszanie ruchowej reakcji warunkowej powodowało ponowny wzrost wartości chronaksymetrycznych. Choć zmiany te okazały się statystycznie istotne, to jednak podkreślić należy, że wzrost ten był stosunkowo niewielki i nawet nie osiągnął normy wyjściowej. Dlatego nasuwa się podejrzenie, że obserwowany wzrost chronaksji był w dużej mierze spowodowany wyzwoleniem się spod wpływu procesów pobudzenia z poprzedniej fazy doświadczenia. Wydaje się, że proces hamowania powstający w korze mózgowej na tle wygaszania ruchowej reakcji warunkowej metodą Iwanowa-Smolenskigo nie jest zbyt intensywny. Wniosek ten potwierdzają wyniki uprzednich badań Cytawy (1956, 1961) nad zachowaniem się reakcji eksperymentu słownego w związku z wypracowywaniem oraz wygaszaniem odruchu warunkowego metodą słowno-ruchową. Wydłużenie okresów utajenia reakcji słownych w czasie wygaszania było tam mniej intensywne, aniżeli skrócenie w czasie wytworzenia odruchu warunkowego.

Wnioski

Na podstawie analizy wyników chronaksymetrycznych oraz danych sprawozdań słownych dochodzi się do przekonania, że:

1. Przypadki braku dodatniej reakcji ruchowej mimo wielokrotnych połączeń bodźca warunkowego ze wzmocnieniem słownym, nie są spowodowane niewytworzeniem się związku warunkowego, lecz czynnym hamowaniem tego związku ze strony drugiego układu sygnałów.

2. W przypadkach opornego wykształcania się odruchu warunkowego obserwowane zmiany chronaksymetryczne są wypadkową procesu pobudzenia korowego, towarzyszącego wytworzeniu się związku warunkowego (silniej zaznaczone w pierwszych minutach doświadczenia) oraz hamowania ruchowej reakcji warunkowej (przewaga manifestująca się wyraźniej w końcowych minutach badania).

3. Badania chronaksymetryczne są cennym uzupełnieniem metody odruchowo-warunkowej i mogłyby znaleźć zastosowanie w warunkach klinicznych, szczególnie przy ustalaniu tła opornego wykształcania się odruchów warunkowych przy użyciu metody wzmocnienia słownego.

PIŚMIENNICTWO

1. Achmerow U. Sz.: Korkowaja regulacja myszecznoy chronaksji. Żurn. wyssh. nerwn. dejat., 6, 226—233, 1956.
2. Achmerow U. Sz.: Opyt chronaksimetriczeskogo analiza dinamiki korkowych processow u ludiej. Żurn. wyssh. nerw. dejat., 6, 365—369, 1956.
3. Altenburger H.: Elektrodiagnostik. Handbuch der Neurologie. Bumke u. Foerster, t. 3, 1937.
4. Bogaczenko Ł. S., Faddiejewa W. K.: O tipologiczeskich osobiennostiach wysshiej nerwnoj diejatielnosti po materialom eksperimentalnych issledowanij zamykatielnoj funkcji i wzaimodiejstwija pierwoj i wtoroj signalnych sistiem u dietiej. Żurn. wyssh. nerwn. dejat., 3, 704—717, 1953.
5. Bourguignon G.: La chronaxie chez l'homme. Masson et Cie. Paris 1923.
6. Bourguignon G.: Traité de Physiol. norm. et pathol. Roger et Binnet. Masson et Cie. Paris 8, 157, 1929.
7. Bourguignon G., Haldane J. B. S.: Evolution de la chronaxie pendant le sommeil. C. R. Soc. Biol. 107, 1365—1366, 1931.
8. Briks Z. N.: Eksperymentalnyje issledowanija tipologiczeskich osobiennostiej wysshiej nerwnoj diejatielnosti dietiej szkolnogo wozrasta. Trudy In-ta wyssh. nierw. dejat. 2, 149—174, 1956.
9. Cazacu T.: Observatii cu privire la formarea reflexelor conditionate prin metoda intaririi verbale, la adulti normali. Revista de Psihologie, 1, 233—269, 1955.
10. Chauchard A., Chauchard B.: La voie percutanée dans les mesures d'excitabilité de l'écorce cérébrale. XV International Physiological Congress. Leningrad—Moscow 9—17 Aug. 1935. Summaries of communications. Biomedgiz. 1935, 58—59.
11. Chauchard A., Chauchard B., Drabovitch W.: Recherches quantitatives sur l'excitabilité des neurones périphériques au cours du réflexe conditionné. XV International Physiological Congress, Leningrad—Moscow

- 9—17 Aug. 1935. Summaries of communications. *Biomedgiz* 1935, 60—61.
12. Chauchard A., Chauchard B., Drabovitch W.: Verification des modifications de l'excitabilité corticale au cours du réflexe conditionné. *C. R. Soc. Biol.* **124**, 530—532, 1937.
 13. Cytawa J.: O stosunkach między pierwszym i drugim układem sygnałów na tle badań metodą Iwanowa-Smoleńskiego i eksperymentu słownego. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, Sec. D*, **11**, 233—268, 1956.
 14. Cytawa J.: Analiza procesów pobudzenia i hamowania drugiego układu sygnałów na tle czynności odruchowo-warunkowej pierwszego układu sygnalizacyjnego. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, Sec. D*, **16**, 135—161, 1961.
 15. Cytawa J., Stążka W.: Badania chronaksymetryczne pobudliwości obwodowego neuronu ruchowego w czasie wykształcania i wygaszania odruchów warunkowych. *Acta Physiol. Pol.* **12**, 81—93, 1961.
 16. Cytawa J.: Badanie typu układu nerwowego człowieka na podstawie wywiadu. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, Sec. D*, **14**, 137—156, 1959.
 17. Czernigowski W. N.: Interoreceptory i szkieletna mięsni. *Soobszcz. I. Wlijanije razdrażenija interoreceptorow kiszecznika i moczowego puzyra na szkieletnyje myszcy. Fizjoł. Żurn. SSSR*, **33**, 657—672, 1947.
 18. Dmitriew W. D.: Wyrabotka usłownych refleksow na izmienenije motornoj chronaksji pod wlijanijem razdrażenija oboniatelnogo receptora. *Fizjoł. Żurn. SSSR*, **34**, 315—324, 1948.
 19. Dmitriew A. S., Żidkowa A. T.: Wlijanije uczebnogo dnia na wzaimo-otnoszenije pierwoj i wtoroj korkowych signalnych sistem. *Żurn. wyssz. nerwn. diejat.* **6**, 378—386, 1956.
 20. Farfel M. N.: Reperkusjonnyje sdwigi elektriczeskogo potencjała myszcy ciepłokrownego żywotnego. *Biull. eksper. bioł. i med.* **23**, 419—421, 1947.
 21. Gastaud H., Jus A., Jus C., Morell F., Dongier S., Regis M., Rogier A.: A Topographical Study of Conditioned Electroencephalographic Reactions which Occur Independently, Simultaneously or Successively in Different Cortical Regions in Man. *EEG and Clin. Neurophysiol.* **8**, 728—729, 1953.
 22. Guilford J. P.: Podstawowe metody statystyczne w psychologii i pedagogice. PWN, Warszawa 1960.
 23. Hołobut W. S.: Über den Einfluss des galvanischen Stromes auf die nervösen Subordinationseffekte. *Bull. de l'Acad. Polon. des Sciences et des Lettres, Classe de Médecine*, 1—30, 1935.
 24. Hołobut W. S.: L'influence du courant galvanique sur les phénomènes de la subordination nerveuse. *Acta Biol. Exp.* **9**, 111—130, 1935.
 25. Hołobut W. S.: Untersuchungen über den Mechanismus der nervösen Subordination. I. Versuche über die motorische Subordination. *Bull. de l'Acad. Polon. des Sciences et des Lettres, Classe de Médecine*, 379—397, 1935.
 26. Hołobut W. S.: Recherches sur le mécanisme de la subordination nerveuse motrice. XV International Physiological Congress, Leningrad—Moscow 9—17 Aug. 1935. Summaries of communications. *Biomedgiz*, 1935, 160.
 27. Hołobut W. S.: Badanie mechanizmu subordynacji nerwowej. II. Spolarzowanie układu nerwowego jako podstawa zjawisk subordynacyjnych. *Pol. Gaz. Lek.* nr 36, 1—17, 1936.
 28. Hołobut W., Krwawicz T.: Badania chronaksymetryczne obwodowego neuronu ruchowego w jaskrze. *Postępy Okulistyki*, **2**, 87—96, 1955.

29. Ivanov-Smoleński A. G.: An Experimental Study of the Child's Higher Nervous Activity. *Setchenov Journ. Physiol. USSR*. 19, 149—155, 1935.
30. Jakowlewa E. A.: O międzcentralnych odnoszenijach w korie bolszych połuszarij. *Medgiz. Moskwa* 1953.
31. Jouvét M., Hernández-Peón R.: Mécanismes neurophysiologiques concernant l'habitation, l'attention et le conditionnement. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. Suppl.* 6, 39—49, 1957.
32. Jus A., Jus K.: Badania bioelektryczne nad wykształcaniem i przekształcaniem warunkowych odruchów ruchowych w układzie stereotypowym. *Neurol., Neurochir. i Psych. Polska*, 6, 291—311, 1956.
33. Jus A., Jus K.: Metoda bioelektryczna w badaniu odruchów warunkowych. *Neurol., Neurochir. i Psych. Polska*, 6, 617—618, 1956.
34. Jus A., Jus C.: Les methodes bioélectriques dans l'expérience conditionnelle clinique. *Eeg. a. Clin. Neurophysiol. Suppl.* 6, 25—37, 1957.
35. Jus K.: Badania nad czynnością bioelektryczną kory i obwodowej części analizatora kinestetyczno-ruchowego przy wytwarzaniu hamowania wewnętrznego przez opóźnianie. *Donies. 2. Acta Physiol. Pol.* 5, 243—259, 1954.
36. Jus K., Jus A.: Elektroencefalo- i elektromiograficzna analiza kształtowania się odruchowo-warunkowej reakcji ruchowej przy stosowaniu metodyki Iwanowa-Smolenskigo. *Neurol. Neurochir. i Psych. Polska*, 4, 253—265, 1954.
37. Kiselew P. A.: O subordinacyjnych izmienienijach chronaksji i refraktiernej fazy pri tormożenii. *Biull. Eksper. Bioł. i Med.* 23, 175—177, 1947.
38. Lapicque L., Lapicque M.: Modification des chronaxies motrices périphériques par les centres nerveux supérieurs. *C. R. Soc. Biol.* 99, 1390—1392, 1928.
39. Lapicque M.: Action des centres encephaliques sur la chronaxie des nerfs moteurs. *C. R. Soc. Biol.* 88, 46—47, 1923.
40. Linskij W. P.: K woprosu o wyrabotkie usłownych refleksow u bolnych s korsakowskim sindromom. *Žurn. Wyssz. Nerwn. Diejat.* 4, 791—798, 1954.
41. Majkowski J.: Dynamika powstawania odruchów warunkowych w obrazie *Eeg. Neurol. Neurochir. i Psych. Polska*, 5, 229—241, 1955.
42. Poworinskij J. A.: Metodika issledowanija dwigatielnych usłownych refleksow na reczewom podkrepłenii. *Medgiz.*, 1954.
43. Rokotowa N. A.: O metodikie opriedielenija tipa nierwnoj sistiemy u czelowieka. *Fizjoł. Žurn. SSSR*, 40, 727—729, 1954.
44. Rydygier J.: W sprawie stosowania niektórych metod statystycznych „małej próby” do badań w medycynie. *Pol. Tyg. Lek.* 2, 739—743, 775—778, 1947.
45. Ufland J. M.: Razwitje reperkusji u žiwotnych w ranniem wozrastie. *Trudy Leningr. San. Gigien. Med. Inst.*, 7, 67—80, 1950.
46. Ufland J. M., Kuniewicz W. G.: O roli interoceptiwnych razdrażenij w reperkussjonnych jawlenijach. *Trudy Leningr. San. Gigien. Med. Inst.* 7, 81—90, 1950.
47. Yoshii N.: Principes méthodologiques de l'investigation électroencéphalographique du comportement conditionné. *Eeg. and Clin. Neurophysiol. Suppl.* 6, 75—88, 1957.
48. Zamjatina O. N.: Reperkussjonnyje wlijanija s myszc. *Trudy Leningr. San. Gigien. Med. Inst.* 7, 91—107, 1950.

РЕЗЮМЕ

В настоящей работе авторы решили использовать хронасимметрический метод для экспериментального анализа случаев затрудненного образования условных рефлексов у людей при использовании словесно-двигательного метода Иванова-Смоленского. Эти исследования были проведены на 30-ти студентах в возрасте 18—32 лет. На основании анализа хронасимметрических результатов, а также словесных отчетов сделаны следующие заключения:

1. Случай отсутствия положительного двигательного рефлекса помимо многократных сочетаний условного раздражителя со словесным подкреплением, не обусловлен отсутствием образования условной связи, но активным торможением этой связи со стороны второй системы.

2. В условиях затрудненной выработки условного рефлекса наблюдаемые хронасимметрические изменения являются равнодействующей процесса корового возбуждения, сопутствующего образованию условной связи (более сильное возбуждение отмечено в первые минуты опыта), а также торможения двигательного условного рефлекса (особенно четко проявляющееся в последние минуты опыта).

3. Хронасимметрические исследования являются ценным дополнением условно-рефлекторного метода и могут найти применение в клинических условиях, особенно при определении фона затрудненного образования условных рефлексов при использовании методов словесного подкрепления.

Табл. 1. Сопоставление хронасимметрических изменений в случае отсутствия двигательной условной реакции помимо многократных сочетаний условного раздражителя со словесным подкреплением. Обозначения: Т — очередные минуты опыта; М — средние арифметические величины хронаксии приведены в σ ; m — стандартная ошибка средней арифметической; t — величина показателя существенной разницы (t — Стюдента); Р — вероятность неблагоприятных случаев.

Табл. 2. Сопоставление хронасимметрических изменений на фоне осуществления двигательных условных реакций у тех же исследуемых лиц, после вручения им словесной инструкции. Обозначения такие же как и в табл. 1.

Табл. 3. Сопоставление хронасимметрических изменений на фоне угасания двигательной условной реакции. Обозначения аналогичны табл. 1.

Рис. 1. Графическое изображение хронасимметрических изменений в случаях отсутствия двигательной условной реакции. Обозначения: на оси ординат — величина хронаксии в σ ; на оси абсцисс — очередные минуты опыта; вертикальные отрезки — \pm стандартная ошибка средней арифметической.

Рис. 2. Диаграмма, представляющая результаты словесных отчетов подопытных. Обозначения: А — исследуемые, которые связывают свой двигательный рефлекс с условным раздражителем и словесным подкреплением; В — исследуемые, которые вначале связывают свою двигательную реакцию только с условным раздражителем;

С — исследуемые, которые вначале связывают свою двигательную реакцию только со словесным подкреплением.

Рис. 3. Графическое изображение хронаксиметрических изменений в связи с осуществлением положительных условных реакций после вручения подопытным объясняющей инструкции. Обозначения те же, что и на рис. 1.

Рис. 4. Графическое изображение хронаксиметрических изменений на фоне угасания двигательной условной реакции. Обозначения те же, что и на рис. 1.

Рис. 5. Графическое изображение конечных хронаксиметрических изменений в очередных периодах опыта. Хронаксиметрические величины представлены в процентах по первоначальному уровню. Обозначения: I — величина хронаксии в начале опыта, II — величина хронаксии на фоне отсутствия условного рефлекса, III — величина хронаксии на фоне положительного условного рефлекса (после вручения словесной инструкции), IV — величина хронаксии на фоне угасания двигательной условной реакции; тонкая линия — изменения с вероятностью различий, соответствующей $P < 0,05$ и $0,02$; толстая линия — вероятность изменений различий — $P < 0,001$.

SUMMARY

For the experimental analysis of cases demonstrating difficulties in the establishment of conditioned reflexes in man the chronaximetric method was applied. The investigations were carried out on 30 students 18 to 30 years old. The conditioned reflex was elaborated by means of the Ivanov-Smolensky's motor method with speech reinforcement. On the basis of verbal reports and the analysis of chronaximetric results the following conclusions have been drawn:

1. When conditioned reflexes failed in spite of many trials, they were not caused by the lack of conditioned connection but by an active inhibition of this connection on the part of the second system of signals.

2. The chronaximetric changes which have been observed in the cases demonstrating difficulties in the establishment of conditioned reflexes are, in fact, the results of the cortical excitatory process co-occurring with the establishment of the conditioned reflex (more intensified during the first few minutes of the experiment) and the inhibition of the conditioned motor reaction (dominating during the last minutes of the experiment).

3. The chronaximetric investigation proved to be a valuable addition to the conditioned reflex method and could be used in clinical work, especially in cases of difficult establishment of conditioned reflexes when the method of motor reactions with speech reinforcement was used.

