ACTA PHYSIOLOGICA POLONICA
1961, XII, 1, 81

JERZY CYTAWA, WŁADYSŁAW STĄŻKA

BADANIA CHRONAKSYMETRYCZNE POBUDLIWOŚCI OBWODOWEGO NEURONU RUCHOWEGO W CZASIE WYKSZTAŁCANIA I WYGASZANIA ODRUCHÓW WARUNKOWYCH

Z Zakładu Fizjologii Człowieka A. M. w Lublinie
Kierownik: prof. dr *W. Hołobut*

Obwodowy system nerwowy, jak wiadomo, znajduje się pod wpływem układu centralnego. Wyrazem tego wpływu jest między innymi zachowanie się chronaksji ruchowej włókien nerwowych. Włókna te, badane po odcięciu od ośrodków, posiadają chronaksję dłuższą i nie ulegającą zmianom — tak zwaną chronaksję konstytucyjną nerwu, w odróżnieniu od chronaksji subordynacyjnej, krótszej i zmiennej, jaką posiadają włókna, będące w łączności z centralnym układem nerwowym (*Lapicque M.* 1923).

Liczne badania lat dawnych i obecnych starały się wykryć mechanizm zjawisk subordynacyjnych. *M.* i *L. Lapicque* (1934) podkreślali znaczenie ośrodków śródmózgowia, zaś *W. Hołobut* (1935 a i b), stosując stany elektrotoniczne na mózgowie żab, wykazał charakterystyczną zależność pobudliwości chronaksymetrycznej obwodowego neuronu ruchowego od stanu czynnościowego ośrodków. Ponadto badania *W. Hołobuta* (1935 c i d, 1936) jako jedne z pierwszych zwróciły uwagę na podłoże odruchowe zjawisk subordynacyjnych. Późniejsze liczne badania wykazały, że wszelkie bodźce, zarówno ekstero-, intero-, jak i proprioreceptywne, dochodzące do ośrodków mózgowych, powodują wahania poziomu chronaksji subordynacyjnej (*Lapicque L.* i *M.* 1928, *Czernigowski* 1947, *Farfel* 1947, *Kiselew* 1947, *Dmitrew* 1948, *Ufland* 1948, 1950, *Ufland* i *Kunewicz* 1950, *Zamatina* 1950, *Hołobut* i *Krwawicz* 1955, oraz *Achmerow* 1956 a i b).

Stan funkcjonalny kory mózgowej, związany z czynnością odruchowo-warunkową, również odpowiednio modeluje wartość chronaksji subordynacyjnej, jak to wykazały badania *Chauchard* A. i B. i *Drabovitch* (1935), *Dmitrewa* (1948), *Jakowlewej* (1953) i *Achmerowa* (1956). Ten wpływ stanów czynnościowych kory mózgowej został w pracy niniejszej poddany szczegółowej analizie. Autorzy postanowili zbadać zmiany pobudliwości chronaksymetrycznej obwodowego neuronu ruchowego w czasie wykształcania, a następnie wygaszania odruchu warunkowego.

METODYKA

Badania przeprowadzono na 40 studentach w wieku 18—32 lat. Pomiarów dokonywano chronaksymetrem według metody Bourguignona (1923, 1929) w izolowanym, specjalnie do tego celu przeznaczonym pokoju. Elektrodę bierną przymocowywano za pomocą opaski muślinowej w okolicy łopatkowej lewej; elektrodą czynną drażniono mięsień ramienno-promieniowy lewy *(m. brachio-radialis)* w jego punkcie pobudzenia (według *Altenburgera* 1937). Elektroda czynna w ciągu całego badania nie była odrywana z miejsca drażnienia — zapewniało to idealne warunki określania chronaksji dokładnie z jednego punktu. Chronaksję mierzono w następujących momentach:

1) na początku badania — określano normę wyjściową;

2) na tle działania słabych kolorowych bodźców świetlnych — określano zmiany reperkusyjne, przy czym jeden z tych bodźców był później warunkowym;

3) w czasie wykształcania ruchowej reakcji warunkowej — określano wpływ korowych procesów pobudzenia na chronaksję ruchową;

4) w czasie wygaszania reakcji warunkowej — określano wpływ procesów hamowania na chronaksję mięśniową.

Ruchową reakcję warunkową wykształcano według metodyki Iwanowa-Smoleńskiego (1935) według opisu *Poworinskiego* (1954). Bodźcem warunkowym było zapalenie czerwonej żarówki o mocy 40 Watt, umieszczonej za okrągłą matową szybką średnicy 12 cm. Badania przeprowadzano w przyciemnionym pokoju. Po badaniu lub w trakcie jego trwania przeprowadzano sprawozdanie słowne według ogólnie przyjętych zasad.

Autorzy pilnie przestrzegali, aby badany w ciągu całego doświadczenia pozostawał w całkowitym spokoju, odizolowany od bodźców zewnętrznych, by nie wykonywał żadnych ruchów, nie zmieniał ustawienia badanej kończyny, oraz aby elektroda czynna w ciągu całego badania pozostawała w jednym punkcie.

Większości badanym określano uprzednio typ wyższej czynności nerwowej oraz współdziałania układów sygnalizacyjnych. Badanie to przeprowadzono na drodze wywiadu, według metodyki podanej przez jednego z autorów (*Cytawa* 1959).

WYNIKI

Zestawienie otrzymanych zmian chronaksymetrycznych u wszystkich badanych podaje tab. 1.

Chronaksja subordynacyjna mięśnia ramienno-promieniowego u 40 przebadanych osobników wynosiła średnio 0,1194 σ. Zmiany reperkusyjne pod wpływem czerwonego światła zaznaczyły się zaledwie u 6 badanych, powodując nieznaczne wydłużenie chronaksji do wartości 0,1272 σ. W świetle analizy statystycznej, dotyczącej całości badanych, zmiany te okazały się nieistotne.

Stwierdzono, że w warunkach jednoczesnego wytwarzania odruchu warunkowego i badania chronaksymetrycznego odruchy warunkowe wykształcały się opornie. Spośród 40 przebadanych osobników zaledwie w 13 przypadkach reakcja warunkowa wytworzyła się samorzutnie, pojawiając się między 2 a 8 połączeniem bodźca warunkowego z poleceniem słownym „nacisnąć". Pozostałym badanym w liczbie 27, trzeba było dać dodat-

Tabela 1. Zestawienie zmian chronaksji ruchowej. (Wartości podane w σ. *) oznaczają liczbę zaokrągloną do dwóch miejsc).

Table 1. Comparison of changes in motor chronaxy. Values given in σ. *) indicates figures rounded to two decimals.

L.p. 1)	Badany 2)	Data 3)	Norma 4)	Zmiany reperkusyjne 5)	Brak odr. warunk. 6	Na tle dodatniego odr. war. 7)	Wygaszanie odr. war. 8)
1.	J.Z.	11. III. 59	0,05	0,05	0,2	0,25	0,2
2.	E.S.	25. III. 59	0,10	0,15	0,15	0,05	0,05
3.	A.S.	25. III. 59	0,15	0,15	0,45	0,1	0,1
4.	J.G.	25. III. 59	0,15	0,15	—	0,1	0,1
5.	A.T.	8. IV. 59	0,05	0,05	0,09*)	0,08*)	0,1
6.	S.S.	14. IV. 59	0,05	0,05	0,08*)	0,05	0,05
7.	T.D.	14. IV. 59	0,15	0,15	0,13*)	0,1	0,1
8.	M.R.	14. IV. 59	0,15	0,15	0,1	0,15	0,15
9.	Z.R.	22. IV. 59	0,1	0,1	—	0,05	0,1
10.	W.S.	25. IV. 59	0,05	0,05	—	0,04*)	0,05
11.	M.J.	25. IV. 59	0,15	0,15	—	0,2	0,15
12.	J.H.	25. IV. 59	0,05	0,05	0,1	0,04*)	0,04*)
13.	J.J.	26. IV. 59	0,1	0,1	0,08*)	0,1	0,1
14.	L.S.	29. IV. 59	0,05	0,15	0,08*)	0,05	0,05
15.	A.N.	1. IX. 59	0,15	0,15	0,15	0,08*)	0,11*)
16.	Z.M.	2. IX. 59	0,09*)	0,09*)	0,18*)	0,09*)	0,15
17.	W.P.	2. IX. 59	0,15	0,15	—	0,08*)	0,15
18.	J.T.	3. IX. 59	0,10	0,15	—	0,09*)	0,13*)
19.	M.K.	4. IX. 59	0,18*)	0,2	0,25	0,1	0,14*)
20.	J.A.	4. IX. 59	0,2	0,2	—	0,13*)	0,18*)
21.	A.Ł.	7. IX. 59	0,15	0,15	—	0,13*)	0,19*)
22.	A.L.	7. IX. 59	0,15	0,15	0,19*)	0,09*)	0,15
23.	J.S.	9. IX. 59	0,2	0,2	0,25	0,08*)	0,18*)
24.	E.M.	9. IX. 59	0,2	0,2	0,25	0,13*)	0,13*)
25.	J.K.	9. IX. 59	0,08*)	0,08*)	0,15	0,05	0,08*)
26.	M.C.	11. IX. 59	0,06*)	0,06*)	0,08*)	0,05	0,06*)
27.	S.M.	12. IX. 59	0,13*)	0,13*)	0,14*)	0,06*)	0,08*)
28.	D.P.	20. IX. 59	0,15	0,19*)	—	0,13*)	0,15
29.	M.S.	20. IX. 59	0,2	0,2	0,28*)	0,1	0,2

Tab. 1. Ciąg dalszy.

L.p. 1)	Badany 2)	Data 3)	Norma 4)	Zmiany reperkusyjne 5)	Brak odr. warunk. 6)	Na tle dodatniego odr. war. 7)	Wygaszanie odr. war. 8)
30.	M.Z.	5. II. 60	0,15	0,15	—	0,08*)	0,09*)
31.	H.P.	5. II. 60	0,15	0,15	0,25	0,09*)	0,13*)
32.	L.K.	17. II. 60	0,1	0,15	0,2	0,05	0,1
33.	S.K.	17. II. 60	0,13*)	0,13*)	0,13*)	0,06*)	0,08*)
34.	J.I.	20. II. 60	0,1	0,1	0,13*)	0,06*)	0,08*)
35.	B.Ż.	21. II. 60	0,15	0,15	0,15	0,05	0,13*)
36.	J.O.	24. II. 60	0,08*)	0,08*)	—	0,05	0,05
37.	C.G.	24. II. 60	0,1	0,1	0,13*)	0,05	0,09*)
38.	Z.K.	24. II. 60	0,1	0,1	—	0,05	0,05
39.	W.S.	27. II. 60	0,08*)	0,08*)	—	0,05	0,08*)
40.	T.K.	28. II. 60	0,13*)	0,13*)	0,13*)	0,06*)	0,1
Średnia arytmetyczna 9) $\bar{x}$ =			0,1194	0,1272	0,1644	0,0838	0,1084
Wiariancja 10) $S_{\bar{x}}^2$ =			0,002085	0,002148	0,006733	0,001852	0,001971
$t_{dośw.}$ 11) =			—	0,750 a)	2,515 b)	3,548 a) 4,578 c)	2,504 d)

a) wobec normy wyjściowej;

b) wobec normy wyjściowej oznaczonej dla tych 27 badanych przy $\bar{x} = 0{,}1176$, $S_{\bar{x}}^2 = 0{,}002272$;

c) wobec stanu przy braku odruchu warunkowego dla tych 27 badanych;

d) wobec stanu na tle dodatniego odruchu warunkowego;

a) with reference to the starting norm;

b) with reference to the starting norm determined for these 27 subjects at $\bar{x} = 0{,}1176$, $S_{\bar{x}}^2 = 0.002272$;

c) with reference to the state during absence of conditioned reflex for these 27 subjects;

d) with reference to the state against the background of positive conditioned reflex.

No 1); Examined 2); Date 3); Norm 4); Repercussive changes 5); Conditioned reflex absent 6); Against the background of positive conditioned reflex 7): Extinction of conditioned reflex 8); Arithmetic mean 9); Variance 10); t_{exp} 11).

kową instrukcję słowną, która brzmiała: „proszę nie czekać na polecenie »nacisnąć«, lecz naciskać samemu w odpowiednim momencie, wtedy, gdy będzie pan uważał za stosowne".

W przeciwieństwie do zachowania się reakcji ruchowych, które w większości przypadków nie wykształcały się samorzutnie, w sprawozdaniach

słownych wszyscy badani prawidłowo określali związek między bodźcem a reakcją ruchową. Nawet badani, u których odruch warunkowy nie wytworzył się mimo wielokrotnych powtórzeń, w sprawozdaniach swoich podawali, iż naciskali na zapalenie czerwonego światła i na polecenie naciśnięcia. Wielu z nich łączyło swoją reakcję tylko ze światłem. Badanym tym trzeba było zadawać dodatkowe pytania wyjaśniające. Oto przykład takiego sprawozdania słownego:

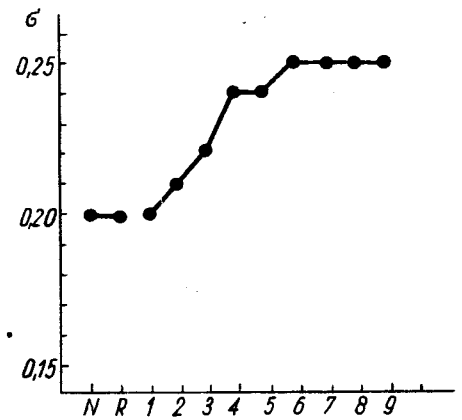
Doświadczenie nr 27, badany S. M. lat 28, 12. IX. 59 r. Odruch warunkowy nie wykształcił się mimo 36 połączeń.

Co robił? „Naciskałem gruszkę w tym momencie, jak czerwone światełko zapalało się".

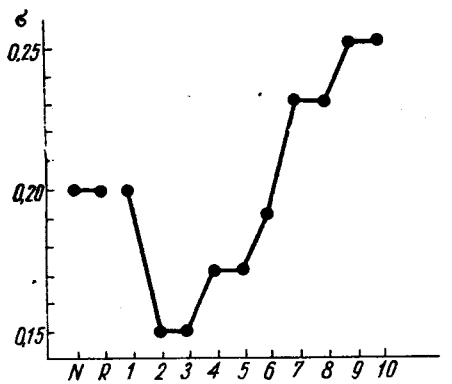
Czy bezpośrednio po zapaleniu światła? „Tak jest".

Czekał pan na coś może? „Nie".

Naciskał pan na światło, czy na rozkaz? „Ach, tak, raczej na rozkaz".



Ryc. 1.



Ryc. 2.

Ryc. 1. Badany J. S. Dośw. Nr 23. *Ryc. 2.* Badany E. M. Dośw. Nr 24. Oznaczenia: N — norma wyjściowa chronaksji; R — zmiany reperkusyjne pod wpływem bodźca świetlnego (czerwone światło); wartość chronaksji w przypadku reakcji warunkowej w pierwszej minucie stosowania bodźca warunkowego (czerwone światło); 2, 3 i następne — wartość chronaksji w kolejnych minutach stosowania bodźca warunkowego.

Fig. 1. Subject J. S. Experiment No. 23. *Fig. 2.* Subject E. M. Experiment No. 24. Symbols: N — starting norm of chronaxy; R — repercussive changes due to the effect of the visual stimulus (red. light); chronaxy in the case of conditioned reflex failure, in the first minute of the conditional stimulus (red light); 2, 3 and subsequent — chronaxy values during the conditional stimulus.

Badania chronaksymetryczne wykazały, że w przypadku, gdy reakcje warunkowe nie wytwarzały się mimo wielokrotnych połączeń, chronaksja stopniowo wydłużała się. Podczas gdy średnia arytmetyczna chronaksji mięśnia ramienno-promieniowego w normie, u badanych tych w liczbie 27,

wynosiła 0,1176 σ, to w przypadku braku odruchu warunkowego mimo wielokrotnych połączeń, średnia arytmetyczna wzrosła o 40% do wartości 0,1644 σ. Analiza statystyczna wykazała istotność tych różnic, bowiem współczynnik $t=2,515$ jest większy od granicznego $t=2,326$ dla współczynnika ufności $a=0,02$. Wzrost wartości chronaksji postępował bądź to stopniowo w miarę stosowania bodźców warunkowych, które same nie wywoływały reakcji ruchowej, lecz wymagały każdorazowego wzmocnienia słownego, jak to podaje przykładowo ryc. 1 u badanego J. S., bądź też zwiększenie chronaksji poprzedzane było przejściowym okresem skrócenia jej w początkowej fazie stosowania bodźców warunkowych, po czym następował trwały już okres wydłużenia się chronaksji ruchowej (ryc. 2 odnośnie badanego E. M.).

W tej grupie badanych, u których odruch warunkowy wykształcił się dopiero po podaniu instrukcji słownej, dodatnie odruchy warunkowe powodowały wyraźne skrócenie chronaksji. Średnia arytmetyczna, która w końcowym okresie braku odruchu warunkowego wynosiła 0,1644 σ zmniejszyła się o 50% do wartości 0,0815 σ. Po przeprowadzeniu analizy statystycznej różnice te okazały się istotne, ponieważ badane $t=4,578$ było większe od $t_{0,02}=2,326$.

W przypadku 13 badanych, u których odruch warunkowy wykształcił się samorzutnie, tzn. bez instrukcji słownej, chronaksja badanego mięśnia uległa skróceniu. Ponieważ spadek chronaksji poniżej normy wyjściowej zaznaczył się jednakowo w obu badanych grupach, więc też obliczenia wykonano tu wspólnie dla wszystkich badanych. Chronaksja mięśnia ramienno-promieniowego, która w normie wynosiła 0,1194 σ, na tle dodatniego odruchu warunkowego zmniejszyła się o 30% do wartości 0,0838 σ. Ponieważ badane $t=3,548$ jest większe od $t_{0,02}=2,326$ stwierdzić należy, że i w tym przypadku różnice są statystycznie istotne.

Wygaszanie odruchu warunkowego w większości przypadków powodowało ponowne wydłużenie wartości chronaksji, które jednak z reguły nie przekraczało normy wyjściowej. Średnia arytmetyczna, obliczona dla 40 badanych, która na tle dodatniego odruchu warunkowego wynosiła 0,0838 σ, obecnie wydłużyła się o 29% do wartości 0,1084 σ. Różnice te, opracowane statystycznie, okazały się również istotne, bowiem badane $t=2,504$ jest większe od $t_{0,02}=2,326$.

Z powodu trudności technicznych, typ układu nerwowego udało się określić jedynie u 24 osobników. Badania typologiczne sugerują, że w naszych warunkach doświadczalnych bardziej opornie wykształcają się odruchy warunkowe u osobników z przewagą drugiego układu sygnałów. Spośród 7 badanych typu „myśliciela" jedynie u jednego, a więc w 14%, odruchy warunkowe wykształciły się samorzutnie, bez dodatkowej in-

strukcji słownej. Spośród pozostałych 17 badanych o typie „pośrednim" lub „artysty", odruchy warunkowe wykształciły się u 8 badanych (47%), a więc w większym odsetku badanych.

Wpływu innych właściwości typologicznych: siły, równowagi i ruchliwości podstawowych procesów nerwowych, z powodu małej liczebności badanych, nie udało się ustalić.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Jest rzeczą charakterystyczną, że w warunkach jednoczesnego wytwarzania odruchów warunkowych metodą słowno-ruchową Iwanowa-Smoleńskiego oraz badania chronaksji mięśniowej, odruchy warunkowe wykształcały się opornie, w 68% badanych nie wykształciły się samorzutnie, lecz trzeba było zastosować instrukcję słowną. Tymczasem większość autorów, posługujących się metodą Iwanowa-Smoleńskiego, stwierdza, że tego rodzaju ruchowe odruchy warunkowe, wykształcają się zazwyczaj już w pierwszych kilku połączeniach (*Iwanow-Smoleński* 1949, *Strokina* 1951, *Aleksejenko* 1953, *Dobrżańska* 1954, *Linski* 1954, *Poworinski* 1954).

W nielicznych przypadkach zaistnienia trudności przy wypracowywaniu odruchów warunkowych, za przyczynę ich uważa się proces hamowania, powstający w drugim układzie sygnałów, szczególnie łatwo u osobników z przewagą tego układu (*Jusowie* 1954, *Linski* 1954, *Dmitrew* i *Żidkowa* 1956). Wyniki naszych doświadczeń wydają się potwierdzać takie przypuszczenie, bowiem istotnie, jak wykazały badania typologiczne, w naszych warunkach doświadczalnych, odruchy warunkowe wykształcały się bardziej opornie u osobników typu „myśliciela" aniżeli u pozostałych badanych.

Drugą przyczyną trudności w wykształcaniu reakcji warunkowych wydaje się być fakt, iż stosowano równocześnie oprócz bodźców warunkowych reakcji ruchowej, dodatkowy bodziec elektryczny w związku z oznaczaniem chronaksji. W tych warunkach w korze mózgowej powstawać musiały dwa ogniska pobudzenia: jedno wywołane czynnością odruchowo-warunkową, drugie — równoczesnym drażnieniem bodźcem elektrycznym. Należy przypuszczać, że między tymi ogniskami panowały stosunki indukcyjne, które, jak wiadomo, nie sprzyjają wykształcaniu odruchu warunkowego. Również należy podkreślić fakt, że tym dodatkowym bodźcem, stosowanym na przedramię równocześnie z czynnością odruchowo-warunkową, było uderzenie prądu elektrycznego, co jest bodźcem chociaż słabym, jednakże do pewnego stopnia bólowym, wywołującym ze względu na swoje znaczenie biologiczne, silne ognisko pobudzenia w korze mózgowej w obszarach nie związanych z czynnością odruchowo-warunkową i utrud-

niającym tę czynność w wyniku silnej indukcji negatywnej. Wiele prac, poświęconych znaczeniu silnych bodźców wykazało, że istotnie zmieniają one i utrudniają czynność odruchowo-warunkową (*Rikman* 1928, *Norkina* 1950, *Gawriłowa* 1954).

Analizując zachowanie się chronaksji subordynacyjnej w przypadku braku odruchu warunkowego mimo wielokrotnych połączeń, stwierdzono statystycznie istotne wydłużenie wartości chronaksji. Wydłużenie to nie mogło być spowodowane działaniem reperkusyjnym bodźców świetlnych, bowiem w doświadczeniach tych celowo intensywność bodźca warunkowego ograniczono do minimum. Ponadto w każdym przypadku oznaczano wielkość zmian reperkusyjnych, które, jak się okazało, były minimalne i statystycznie nieistotne. Zwiększenie chronaksji w przypadkach tych przemawia, iż brak reakcji warunkowej był tylko pozorny, w rzeczywistości zaś w ośrodkach nerwowych musiał w tym czasie toczyć się jakiś proces, który spowodował znaczne wydłużenie chronaksji subordynacyjnej. Tym procesem mogło być tylko hamowanie ośrodkowe, o którym wiadomo z uprzednich badań różnych autorów, że wydłuża ono chronaksję obwodową. Wydłużenie takie obserwowano w czasie snu (*Bourguignon* i *Halden* 1931, *Achmerow* 1956 a), po podaniu narkotyków (*Chauchard P.* i *I.* 1939), po podaniu bromu oraz w stanach hamowania pozakresowego w długotrwałych badaniach (*Achmerow* 1956 a), a także w czasie opóźniania odruchów warunkowych (*Chauchard A.* i *B.* i *Drabovitch* 1935). Tłumaczenie braku reakcji w przypadkach tych procesem hamowania jest całkowicie zgodne z wynikami badań elektroencefalograficznych *K.* i *J. Jusów* (1954), prowadzonymi w czasie wykształcania odruchu warunkowego metodą Iwanowa-Smolenskiego. W przypadkach braku reakcji warunkowej mimo dużej liczby połączeń, stosowany bodziec warunkowy wywoływał obraz elektroencefalograficzny identyczny ze zmianami powstałymi pod wpływem bodźców hamulcowych. Jest to również dowodem, że brak reakcji warunkowej, mimo wielokrotnych połączeń, jest wyrazem procesu hamowania.

Ponadto analiza sprawozdań słownych w tego rodzaju przypadkach wykazała, że u badanych tych wytworzyło się prawidłowe połączenie między bodźcem warunkowym a reakcją ruchową, reakcja ta jednak była hamowana, badani bowiem czekali na polecenie słowne „nacisnąć".

Po podaniu instrukcji słownej, gdy badani na każdy bodziec warunkowy odpowiadali nie hamowaną już reakcją warunkową, wartości chronaksymetryczne uległy zmianie w diametralnie przeciwnym kierunku, zaczęły się wyraźnie i statystycznie istotnie skracać. To obniżenie się wartości chronaksji należy uważać za wyraz procesu pobudzenia, bowiem istotnie obserwowano skrócenie chronaksji w stanach pobudzenia w związku

z czynnością odruchowo-warunkową (*Chauchard A.* i *B.* i *Drabovitch* 1935, *Jakowlewa* 1953), oraz po podaniu kofeiny (*Achmerow* 1956 a).

U osobników, u których odruch warunkowy wykształcił się samorzutnie już po pierwszych kilku połączeniach, chronaksje uległy skróceniu, co także było wyrazem pobudzenia.

Krótkotrwałe skrócenie się chronaksji mięśniowo-nerwowej obserwowano częstokroć w początkowym okresie stosowania bodźców warunkowych także i u osobników, u których odruch warunkowy nie wykształcił się. Wydaje się, że to skrócenie chronaksji jest wyrazem procesu pobudzenia, powstałego w korze mózgowej w pierwszym okresie „rodzenia się" odruchu warunkowego, co udało się uchwycić czułą metodą chronaksymetryczną, podczas gdy na obwodzie nie było żadnej reakcji ruchowej. Do wniosku takiego upoważniają 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 wzmocnieniem, w okresie gdy odruch warunkowy jeszcze się nie wykształcił (*K.* i *A. Jusowie* 1954, *Hernandez-Peon* 1955, *Jouvet* 1955, *Majkowski* 1955, *Yoschii* 1955, *Gastaud* i wsp., 1956).

W czasie wygaszania ruchowej reakcji warunkowej zmiany chronaksymetryczne były mniej znamienne. W większości przypadków wartość chronaksji wydłużyła się w stosunku do stanu na tle pobudzenia, w części przypadków nie uległa zmianie. Chociaż wydłużenie chronaksji, obliczone dla wszystkich badanych, nie osiągnęło wprawdzie normy wyjściowej, to jednak w porównaniu ze stanem na tle pobudzenia zmiany te były statystycznie istotne. Wydaje się, że proces hamowania, powstający w korze mózgowej w czasie wygaszania ruchowej reakcji warunkowej metodą Iwanowa-Smolenskiego, nie jest zbyt intensywny; nie zawsze i nie u wszystkich badanych wydłuża chronaksję mięśniowo-nerwową. Wniosek taki potwierdzałyby również wyniki uprzednich badań jednego z autorów (*Cytawa* 1956) nad zachowaniem się reakcji eksperymentu słownego w związku z wypracowywaniem oraz wygaszaniem odruchu warunkowego metodą Iwanowa-Smolenskiego. Wydłużenie okresów utajenia reakcji słownych w czasie wygaszania było tam również mniej wyraźne i występowało w mniejszej liczbie przypadków, aniżeli skrócenie w czasie wytwarzania odruchu warunkowego.

W pracy niniejszej stwierdzono prostą zależność między stanem czynnościowym kory mózgowej a zachowaniem się chronaksji subordynacyjnej: stanom pobudzenia odpowiadało zawsze skrócenie wartości chronaksymetrycznych, stanom hamowania — na ogół wydłużenie. Wyniki te są zgodne z badaniami *Chauchard A.* i *B.* i *Drabovitch* (1935). Istnieją jednakże pewne rozbieżności z wynikami *Jakowlewej* (1953), która przy do-

datnim odruchu warunkowym otrzymywała zmniejszenie chronaksji zginaczy palców ręki uczestniczącej w danej reakcji, podczas gdy w kończynie symetrycznej otrzymywała wydłużenie. Na tej podstawie *Jakowlewa* wnioskowała o istnieniu stosunków indukcyjnych między symetrycznymi punktami obu półkul mózgowych. Istnieją jednakże prace, wskazujące na prosty związek czynnościowy między symetrycznymi punktami kory mózgowej: *Lebedew* (1954), badając odruchy warunkowe na bodźce dotykowe, wykazał o wiele większą łatwość promieniowania procesów nerwowych na symetryczne partie, aniżeli na sąsiednie partie tej samej półkuli mózgowej; *Gellhorn* (1953) stwierdził pojawienie się prądów czynnościowych w mięśniu w czasie skurczu tego samego mięśnia symetrycznej kończyny. W związku z tymi rozbieżnościami prowadzone są dalsze badania nad tym zagadnieniem, w celu wyjaśnienia, jak przedstawiają się stosunki między symetrycznymi punktami kory mózgowej w świetle analizy chronaksymetrycznej.

WNIOSKI

1. Równoczesne wykształcanie odruchów warunkowych metodą Iwanowa-Smolenskiego oraz badanie chronaksymetryczne pobudliwości mięśniowo-nerwowej jest przyczyną trudności w wytwarzaniu się tych odruchów. Odruchy te wytworzyły się samorzutnie jedynie w 32% badanych, podczas gdy w 68% badanych trzeba było zastosować dodatkową instrukcję słowną.

2. Za przyczynę opornego wykształcania się odruchów warunkowych należy uważać utrudniające działanie stosunków indukcyjnych w korze mózgowej między ogniskami pobudzenia, wywołanymi czynnością odruchowo-warunkową oraz drażnieniem skóry prądem w czasie badania chronaksymetrycznego. Ponadto stwierdzono, że u osobników z przewagą drugiego układu sygnałów (typ myśliciela) reakcje warunkowe wykształcają się trudniej, aniżeli u pozostałych badanych.

3. Analiza zachowania się chronaksji subordynacyjnej oraz sprawozdań słownych wykazała, że w przypadku braku reakcji warunkowych, mimo wielokrotnych połączeń, połączenie warunkowe między bodźcem a reakcją ruchową w rzeczywistości wytworzyło się, jednakże było ono hamowane — w przypadkach tych obserwowano wydłużenie chronaksji.

4. W przypadku, gdy odruch warunkowy wykształcił się bądź to samorzutnie, bądź też po podaniu instrukcji słownej, obserwowano skrócenie chronaksji, charakterystyczne dla stanów pobudzenia.

5. Wygaszanie ruchowej reakcji warunkowej metodą Iwanowa-Smolenskiego wydaje się być stosunkowo słabym rodzajem hamowania, bowiem nie u wszystkich badanych powodowało wydłużenie chronaksji ruchowej.

6. Wnioski autorów odnośnie zmian chronaksymetrycznych poparte zostały analizą statystyczną.

Ю. Цитава, В. Стонжка

ХРОНАКСИМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗБУДИМОСТИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ДВИГАТЕЛЬНОГО НЕЙРОНА ВО ВРЕМЯ ОБРАЗОВАНИЯ И УГАСАНИЯ УСЛОВНЫХ РЕФЛЕКСОВ

Содержание

Авторы поставили перед собой задачу исследовать изменения хронаксиметрической возбудимости периферического двигательного нейрона во время образования, а потом угасания условного рефлекса. Исследования проводились на 40 студентах, у которых условный рефлекс вызывался по рече-двигательному методу Иванова Смоленского. Одновременно исследовались колебания субординационной хронаксии плече-лучевой мышцы (m. brachio-radialis). На основании полученных результатов авторы делают следующие выводы:

1. В случаях одновременного образования временных связей по методу Иванова-Смоленского и хронаксиметрического исследования нервно-мышечной возбудимости, условные рефлексы образуются с трудом. Только у 32 процентов всех исследуемых они образовались самостоятельно; у остальных 68 процентов нужно было применять дополнительное речевое подкрепление.

2. Причиной утрудненного образования условных рефлексов надо считать затрудняющее действие индуктивных отношений в коре головного мозга между очагами возбуждения, вызванными условнорефлекторным действием, и электрическим раздражением кожи во время хронаксимегрического исследования. Установлено, кроме того, что у лиц с преобладающей второй сигнальной системой (тип мыслителя) условные рефлексы образуются труднее, чем у других исследуемых.

3. Анализ поведения субординационной хронаксии, а также словесных отчетов показал, что при отсутствии условных реакций, несмотря на многократные соединения, временная связь между раздражителем и двигательной реакцией в действительности образовалась, но была торможена. В этих случаях наблюдалось удлинение хронаксии.

4. В случаях, когда условный рефлекс образовался самостоятельно или после речевого подкрепления, наблюдалось укорочение хронаксии, характерное для состояния возбуждения.

5. Угасание двигательной условной реакции по методу Иванова Смоленского вызывало новое удлинение субординационной хронаксии. Кажется, однако, что оно представляет собой слабый тип торможения, так как удлинение хронаксии не превышало исходной нормы, отмеченной в начале исследований.

J. Cytawa, W. Stążka

CHRONAXIMETRIC STUDIES ON THE EXCITABILITY OF PERIPHERAL MOTOR NEURON DURING ELABORATION AND EXTINCTION OF CONDITIONED REFLEXES

Summary

The investigations concerned changes in the chronaximetric excitability of peripheral motor neuron during elaboration and extinction of conditioned reflex. A conditioned reflex was elaborated in 40 students by means of Ivanov-Smolenski's verbomotor method, and at the same time were surveyed changes in the subordination chronaxy of the brachioradialis muscle. The authors have drawn the following conclusions:

1. When elaboration of temporary connections by means of Ivanov-Smolenski's method and chronaximetric investigation of myoneural excitability coincide in time, conditional reflexes are difficult to elaborate; they develop spontaneously in only 32% of the subjects, whereas 68% need additional verbal instruction.

2. This difficulty is attributable to the interference of induction states in the cerebral cortex between the excitation foci as evoked by conditioned reflex action and electrical stimulation of the skin during chronaximetry. Furthermore, conditioned reflexes were found to develop with more difficulty in subjects in whom the second signalising system predominates (thinker types).

3. When conditioned reflexes failed in spite of many trials, analysis of subordination chronaxy and verbal reports shoved that the temporary association between the stimulus and the motor reaction had indeed developed but was inhibited; chronaxy was in these cases prolonged.

4. When the conditioned reflex became established — either spontaneously or after the verbal instruction — chronaxy was shortened, which is characteristic for states of excitation.

5. Extinction of the conditional motor reflex by means of Ivanov-Smolenski method caused again prolongation of subordination chronaxy. It seems, however, to result from a weak kind of inhibition as it did not exceed the original norm as determined of the experiments.

PIŚMIENNICTWO

1. *Achmerow U. S.:* Żurn. Wyssz. Nerw. Dejat., 1956a, 6, 226.
2. *Achmerow U. S.:* Żurn. Wyssz. Nerw. Dejat., 1956b, 6, 365.
3. *Aleksejenko N. J.:* Żurn. Wyssz. Nerw. Dejat., 1953, 3, 898.
4. *Altenburger H.:* Elektrodiagnostik. Handbuch der Neurologie, Bumke u. Foerster, 1937, t. 3.
5. *Bourguignon G.:* La chromaxie chez l'homme. Paris, Masson et Ciel 1923.
6. *Bourguignon G.:* Roger et Binet, Traité de Physiol. norm. et Pathol. Paris, 1929, 8, 157.
7. *Bourguignon G.* et *Halden B. S.:* Comptes Rend. Soc. Biol., 1931, 107, 1365.
8. *Chauchard A.* i *Chauchard B.:* Proceedings of the XV-th International Physiol. Congress. Leningrad — Moscow 1935. Sechenov Journ. Physiol., 1938, 21, 46.
9. *Chauchard A., Chauchard B., Drabovitch W.:* Proceeding of the XV-th Intern. Physiol. Congress. Leningrad — Moscow 1935. Sechenov Journ. Physiol., 1938, 21, 167.
10. *Chauchard P., Chauchard J.:* Comptes Rend. Soc. Biol., 1939, 131, 174.

11. *Cytawa J.*: Annales U. M. C. S. Sec. D., 1956, 11, 233.
12. *Cytawa J.*: Annales U. M. C. S. Sec. D., 1959, 14, 137.
13. *Czernigowski W. N.*: Fizjoł. Żurn. SSSR, 1947, 33, 657.
14. *Dmitrew W. D.*: Fizjoł. Żurn. SSSR, 1948, 34, 315.
15. *Dmitrew A. S., Żidkowa A. T.*: Żurn. Wyssz. Nerw. Dejat., 1956, 6, 378.
16. *Dobrżanska A. K.*: Żurn. Wyssz. Nerw. Dejat., 1954, 4, 502.
17. *Farfel M. N.*: Bułł. Eksp. Bioł. i Med., 1947, 23, 6.
18. *Gastaud H., Jus A., Jus C., Morrell F., Dongier S., Regis M., Roger A.*: Eeg a. Clin. Neurophysiol., 1956, 8, 728.
19. *Gawriłowa L. N.*: Żurn. Wyssz. Nerw. Dejat., 1954, 4, 699.
20. *Gellhorn E.*: Physiol. foundations of neurology and psychiatry, Minnesota 1956.
21. *Hernandez-Peon*, 1955: cyt. wg *Gastaud H.*: Neur., Neurochir. i Psych. Polska, 1956, 6, 400.
22. *Hołobut W. S.*: Bull. de l'Acad. Polon. des Sciences et des Lettres, Classe de Medecine, 1935a, str. 1.
23. *Hołobut W. S.*: Acta Biologiae Exper., 1935b, 9, 111.
24. *Hołobut W. S.*: Bull. de l'Acad. Polon. des Sciences et des Lettres, Classe de Medecine, 1935c, str. 379.
25. *Hołobut W. S.*: Proceedings of the XV-th International Congress Leningrad — Moscow, 1935d. Sechenov Journ. Physiol., 1938, 21, 352.
26. *Hołobut W. S.*: Polska Gazeta Lekarska, 1936, nr 36.
27. *Hołobut W., Krwawicz T.*: Postępy Okulistyki, 1955, 2, 87.
28. *Iwanow-Smolenski A. G.*: Fizjoł. Żurn. SSSR, 1935, 19, 149—155.
29. *Iwanow-Smolenski A. G.*: Fizjoł. Żurn. SSSR, 1949, 35, 571.
30. *Jakowlewa E. A.*: O meżcentralnych otnoszeniach w kore bolsz. połusz. Medgiz, 1953.
31. *Jouvet* 1955: cyt. wg *Gastaud H.*: Neur., Neurochir. i Psych. Polska, 1956, 6, 400.
32. *Jus K., Jus A.*: Neurol., Neurochir. i Psych. Polska, 1954, 4, 253.
33. *Kiselew P. A.*: Bułł. Eksper. Bioł. i Medic., 1947, 23, 2.
34. *Lapicque M.*: Comptes Rend. Soc. Biol., 1923, 88, 46.
35. *Lapicque L., Lapicque M.*: Comptes Rend. Soc. Biol., 1928, 99, 1390.
36. *Lapicque L., Lapicque M.*: Comptes Rend. Soc. Biol., 1934, 116, 744.
37. *Lebedew B. A.*: Żurn. Wyssz. Nerw. Dejat., 1954, 4, 474.
38. *Linski W. P.*: Żurn. Wyssz. Nerw. Dejat., 1954, 4, 791.
39. *Majkowski J.*: Neurol., Neurochir. i Psych. Polska, 1955 5, 229.
40. *Norkina L. N.*: Fizjoł. Żurn. SSSR, 1950, 36, 524.
41. *Poworinski J. A.*: Metod. issled. dwigat. usł. refl. na recz. podkreplenii, Medgiz, 1954.
42. *Rikman W. W.*: Trudy Fizjoł. Łabor. I. P. Pawłowa, 1928, t. 3. wg wyd. II. Medgiz, 1954, 18.
43. *Rudeanu A.* et *Bouvallet M.*: Comptes Rend. Soc. Biol., 1932, 111, 960.
44. *Strokina T. W.*: Żurn. Wyssz. Nerw. Dejat., 1951, 1, 5.
45. *Ufland J. M.*: Bułł. Eksp. Bioł. i Medic., 1948, 26, 4.
46. *Ufland J. M.*: Trudy leningr., san-gigien. med. inst., 1950, 7, 67.
47. *Ufland J. M., Kunewicz W. G.*: Trudy leningr. san.-gigien. med. inst., 1950, 7, 81.
48. *Yoshii* 1955: cyt. wg *Gaustaud H.*: Neur., Neurochir. i Psych. Polska, 1956, 6, 400.
49. *Zamatina O. N.*: Trudy leningr. san.-gigien. med. inst., 1950, 7, 91.

Otrzymano: 12. 4. 1960.
Adres autorów: Lublin, Zakład Fizjologii Człowieka A. M., ul. Lubartowska 85.