

Kazimierz WAJDA

**O wpływie degeneracji włókien sympatycznych
na pobudliwość odruchową i na funkcje obwodowego
neuronu motorycznego.**

**The influence of degenerated sympathetic fibres on the reflex
excitability and on the function of the peripheral
motor neuron.**

Do niedawna jeszcze poglądy nasze na rolę nerwowego układu wegetatywnego w ustroju kształtowały się niemal wyłącznie na podstawie klasycznych prac Langley'a i Gaskell'a, którzy pierwsi wyodrębnili ten rodzaj unerwienia właściwy narządom wewnętrznym, naczyniom krwionośnym, mięśniom gładkim i gruczołom. Układ ten ze względu na kierującą jego rolę w funkcjach trawienia, oddychania i wydzielania wewnętrznego nazwano układem nerwowym wegetatywnym, w odróżnieniu od reszty układu nerwowego, zaopatrującego główną masę ciała we włókna ruchowe dla mięśni szkieletowych i włókna odbiorcze względnie czuciowe dla wszelkiego rodzaju tkanek i narządów zmysłowych. W miarę jednak coraz to lepszego poznawania unerwienia anatomicznego i czynnościowego różnego rodzaju tkanek i narządów ustroju okazało się, że klasyczne podstawy podziału unerwienia somatycznego i wegetatywnego tracą na swoim znaczeniu, jak również w dużym stopniu traci na znaczeniu cecha autonomii układu wegetatywnego z chwilą, gdy poznano jak przemożny wpływ może nań wywierać stan czynnościowy wyższych ośrodków nerwowych. Niemniej jednak pewne odrębne cechy zarówno anatomiczne i jak i fizjologiczne usprawiedliwiają swoisty charakter wegetatywnego układu nerwowego z podziałem jego na część sympatyczną i parasympatyczną lecz swoistość i linia podziału dla obu układów unerwienia są dzisiaj już nie tak decydującymi i zasadniczymi cechami jak za czasów Langley'a i Gaskell'a.

Odnośnie unerwienia mięśni szkieletowych włóknami nerwowymi pochodzenia wegetatywnego sprawa znalazła rozwiązanie pozytywne stosunkowo niedawno. Dzisiaj wiemy z badań histologicznych Boeke'go¹⁾, że zarówno somatyczne jak i sympatyczne włókna nerwowe posiadają swoje zakończenia w jednych i tych samych komórkach mięśni poprzecznie prążkowanych. Doświadczalne dane fizjologiczne Orbeliego i Ginecińskiego²⁾ uzyskane na preparatach nerwowo-mięśniowych u żab potwierdziły twierdzenie Boeke'go. Autorzy ci przez pobudzanie włókien pnia sympatycznego zdążających do mięśni kończyny dolnej uzyskali efekt wzmożenia skurczów mięśnia łydkowego żaby, jednocześnie pobudzanego do pracy przez jego włókna motoryczne. Również i Nakanishi³⁾ widział dodatni wpływ drażnienia włókien sympatycznych w zwiększeniu wysokości skurczów tęgowych mięśni drażnionych równocześnie z zaopatrujących je włókien somatycznych nerwów ruchowych. Wzrost pobudliwości mięśniowej (Strelcow) i skrócenie jego chronaksji (Orbeli i Lapicque 1929) pod wpływem pobudzania włókien sympatycznych stanowią dalsze dowody niewątpliwej roli unerwienia sympatycznego w mięśniach szkieletowych. Te i liczne jeszcze inne badania przedsiębrane w latach ostatnich (Cannon, Brücke, Orbeli) nad unerwieniem sympatycznym tkanek i narządów ustroju znacznie rozszerzyły stan wiadomości naszych i horyzont zapatrywań na wegetatywny układ nerwowy, którego część sympatyczna jak widzimy unerwia podobnie jak i włókna somatyczne mięśnie szkieletowe, a także według jeszcze niezupełnie ustalonych poglądów również i receptory obwodowe i ośrodkowy układ nerwowy.

W pracy niniejszej chodziło o dokładniejsze poznanie wpływu wyłączenia unerwienia sympatycznego na pobudliwość odruchową i czynność mięśni szkieletowych w następstwie wywołania wtórnej degeneracji pozazwojowych włókien układu sympatycznego.

Metodyka.

Do doświadczeń użyto żaby płowej (rana temporaria) i żaby zielonej (rana esculenta). W narkozie eterowej otwierano jamę brzuszną i po odsunięciu trzew odsłaniano przednią powierzchnię kości ogonowej, wraz z znajdującymi się na niej dużymi splotami nerwowymi krzyżowo-łędźwiowymi utworzonymi przez ósmą, dziewiątą i dziesiątą parę nerwów rdzeniowych, dającymi początek nerwom dla kończyn dolnych. Po lekkim rozsunięciu splotu prawego od lewego, nacięciem robiono mały otwór w otrzewnej, wyścielającej kość ogonową celem udostępnienia i następnego przecięcia gałązek łączących szarych lewych (rami communicantes grisei sinistri), zdążających od dolnej części pnia sympatycznego (truncus sympaticus) do dużych nerwów obwodowych. Stwierdzano

zawsze trzy włókienka szare pozazwojowe zdążające na wysokości połowy kości ogonowej po jednym (wyjątkowo do nerwu dziewiątego lub dziesiątego po dwa), do ósmego, dziewiątego i dziesiątego nerwu somatycznego, rdzeniowego. Włókienka te, tworzące unerwienie sympatyczne dolnej kończyny lewej przecinano, poczem jamę brzuszną zaszywano dwuwarstwowo. Żaby przechowywane w chłodzie znosiły zabieg dobrze.

Właściwe badania przeprowadzano po upływie 2—4 tygodni po wykonanej sympatykotomii t.j. w czasie, w którym można się było spodziewać, że nastąpiła już zupełna degeneracja pozbawionych łączności z komórkami macierzystymi włókien nerwowych. Jak wiadomo bowiem z badań Hołobuta i Jałowego⁴⁾ degeneracja w obwodowych nerwach motorycznych u zimnokrwistych zjawia się w 4—5 dni po neurotomii, występując równocześnie wzdłuż całego włókna, a powrót do normalnego stanu (regeneracja) zarówno pod względem czynnościowym jak i morfologicznym zjawia się dopiero w czasie od 60—90 dni. Co się zaś tyczy czasu wystąpienia zmian zwyrodnieniowych w nerwach i zakończeniach sympatycznych, to jak się okazało z dodatkowych badań histologicznych, przeprowadzonych w tym celu zjawiają się one w całej pełni zarówno w 14-ym, jak i w 28-ym dniu po sympatykotomii, tak, że w okresie przeprowadzania właściwych badań dolne kończyny lewe zwierząt doświadczalnych były faktycznie pozbawione unerwienia sympatycznego.

Pobudliwość odruchową badano w sposób typowy metodą Türck'a, przy pomocy rozcieńczonych roztworów kwasu siarkowego, mierząc czas odruchu zginania tej samej strony obu kończyn dolnych, przyczym oznaczano go oddzielnie dla jednej kończyny i oddzielnie dla drugiej.

Prócz tego badano czas utajonego pobudzenia i inne cechy charakterystyczne krzywej skurczu pojedynczego mięśnia łydkowego, przy użyciu kimografu szybkoobrotowego i myografu izotonicznego z obciążeniem stałym 13 gr. dla wszystkich doświadczeń. Doświadczenia te przeprowadzano na preparatach mięśniowo-nerwowych (gastrocnemius-ischiadicus) żab operowanych, zarówno strony lewej o unerwieniu sympatycznym zdegenerowanym, jak i strony prawej, kontrolnej z zachowanym układem współczulnym. Preparat badany połączony z myografem i z elektrodami prądu indukcyjnego chroniony był od wpływów zewnętrznych i wysychania szczelną komorą wilgotną. Jako bodźca używano podniety maksymalnej otwarcia prądu indukcyjnego, drażniąc preparat najpierw pośrednio przez nerw kulszowy, a potem bezpośrednio sam mięsień. W poszczególnym doświadczeniu zapisywano dla każdej kończyny oddzielnie w miarowych odstępach czasu (30 sek.) po kilkanaście do 20-tu skurczów pojedynczych, z których uzyskane dane odnośnie czasu utajonego pobudzenia i okresu skurczu pojedynczego były podstawą do obliczenia przeciętnych wartości uwidocznionych w tablicach II—III.

T A B L I C A N r I.

L. P.	Data i okres w dniach po sym-patykotomii	Temperatura otoczenia w stopniach Celsjusza	Roztwór kwasu siarkowego: I- 0,08% II- 0,34% III- 0,43% IV- 0,87%	Czas odruchu w sekundach		U w a g i
				Kończyna operowana, lewa	Kończyna nieoperowana, prawa	
1	23. XI. 9 dni	21	I	20	14	Kończyna lewa wolno zwisa, prawa w lekkim przykurczu.
			II	3	2	
			III	1	1	
			IV	natychmiast		
2	25. XI. 19 dni	18	I	7	7	Kończyna lewa wolno zwisa, prawa prawie stale w przykurczu.
			II	2,5	2	
			III	1,5	2	
			IV	1	1	
3	25. XI. 20 dni	19	I	14	7	W ciągu doświadczenia prawa kończyna przykurczona, lub wykonuje ruchy, lewa leniwie wyciągnięta.
			II	1	1	
			III	2	1	
			IV	1	natychm.	
4	20 XII. 20 dni	21	I	5	6	Kończyna prawa w lekkim przykurczu, lewa wyciągnięta.
			II	2	1,5	
			III	2,5	1,5	
			IV	2	1,5	
5	6. XII. 21 dni	18	I	17	10	Kończyna prawa lekko przykurczona, lewa zwisa wolno.
			II	4	2	
			III	5	4	
			IV	3	3	
6	4. I. 23 dni	22	I	9,5	6	W czasie doświadczenia kończyna prawa ma skłonność do chwilowych przykurczów, lewa zwisa luźno.
			II	2	2	
			III	1,75	1,5	
			IV	1	1,25	

T A B L I C A N r I. (Ciąg dalszy)

L. p.	Data i okres w dniach po sympatykotomii	Temperatura otoczenia w stopniach Celsjusza	Roztwór kwasu siarkowego : I- 0,08% II- 0,34% III- 0,43% IV- 0,87%	Czas odruchu w sekundach		U w a g i
				Kończyna operowana, lewa	Kończyna nieoperowana, prawa	
7	24 dni 30.XII.	17	I	10	4	Kończyna lewa zwisa luźno, prawa lekko przykurczona.
			II	3	1,5	
			III	2	1,5	
			IV	2	2,5	
8	10.XII. 25 dni	18,5	I	7	9	Kończyna lewa luźno zwisa, prawa w lekkim przykurczu.
			II	2	2	
			III	2	3	
			IV	1	2	
9	11.XII. 26 dni	16,5	I	4	3	Kończyna prawa wyraźnie ruchliwa i pobudliwa, lewa zwisa.
			II	1	2	
			III	2	1	
			IV	1	1	
10	17.XII. 26 dni	19	I	16	9	Kończyna prawa nieznacznie ruchliwa, w lekkim przykurczu, lewa leniwa, zwisa.
			II	2	3	
			III	2,5	2	
			IV	1,75	1	
11	29.XII. 27 dni	14	I	5	3	Kończyny obydwie zwi-sają luźno.
			II	1	1	
			III	2	1	
			IV	1,5	1	
12	3.I. 28 dni	21	I	8	5,5	Kończyna lewa zwisa wyraźnie luźno, prawa w lekkim przykurczu; obwód uda lewego robi wrażenie, że jest cieńsze.
			II	2	1,75	
			III	1,75	1,5	
			IV	1	1	

Na tablicy Nr. 1. przedstawione są wyniki badań nad pobudliwością odruchową odruchu zginania kończyny operowanej, desympatyzowanej, lewej, oraz kończyny normalnej, kontrolnej, prawej. Jak widać z tablicy, oznaczenia pobudliwości odruchowej dokonywano u żab, u których upłynął czas od 9—28 dni od momentu przecięcia włókien sympatycznych pozazwojowych dla dolnych lewych kończyn; jest to okres, w którym jak to wynika z prac Hołobuta i Jałowego (l. c.), oraz z uzyskanych własnych danych histologicznych, o czym jeszcze będzie mowa, występuje w całej pełni degeneracja obwodowego neuronu sympatycznego, odciętego od komórki macierzystej, odżywczej. Spoglądając na wyniki poszczególnych doświadczeń stwierdzić można, że w doświadczeniu nr 1, w 9 dni po sympatykotomii kończyny lewej czas odruchu dla niej wynosił 20 sekund, natomiast w kończynie kontrolnej wynosił mniej, bo tylko 14 sekund, przy zanurzaniu kończyn w najslabszym roztworze kwasu; podobne wyniki badania czasu odruchu znajdujemy i w dalszych doświadczeniach, jak w 3, 5, 6, 7, 10, 11 i 12, gdzie w późniejszych okresach po desympatyzacji czas odruchu stale był dłuższy w porównaniu z kończyną kontrolną, posiadającą zachowane unerwienie sympatyczne. Różnice te są istotne i wyraźne; świadczą one zgodnie i wyraźnie o mniejszej pobudliwości łuku odruchowego po stronie desympatyzowanej niż po stronie normalnej. W doświadczeniach tych czas odruchu po stronie lewej jest dłuższy niż po stronie prawej przeciętnie o 45%.

W doświadczeniach 2, 4 i 8 powyższe różnice w czasie odruchu między kończyną operowaną a kontrolną są mniej wybitne, jakkolwiek wyraźnie zaznaczone. W jednym tylko doświadczeniu 9-tym, czasy odruchu są w przybliżeniu równe, odpowiadając danym stwierdzanym w warunkach fizjologicznych, gdzie dla obu kończyn wartości są te same; w żadnym jednak doświadczeniu jak to się z tablicy wydaje, nie stwierdzono by czas odruchu po stronie normalnej był wyraźnie dłuższy niż po stronie operowanej.

Podobne różnice w zachowaniu się pobudliwości odruchowej dla obu kończyn dolnych stwierdzono również przy użyciu roztworów kwasu siarkowego o większym stężeniu, a więc przy użyciu bodźca silniejszego celem wywołania odruchu. W tych razach różnice w długościach czasu odruchu po stronie desympatyzowanej w porównaniu z normalną nie były tak wielkie, jak przy postępowaniu początkowym, t. j. przy zastosowaniu najslabszego bodźca, lecz na tyle stałe, że zgodnie uzupełniają obraz jednolitości wyników całokształtu. Świadczą o tym cyfry przedstawiające wyniki doświadczeń nr 1 3, 4, 5, 7, 10, 11 i 12.

Ponadto doświadczenia powyższe ujawniły jeszcze jedną istotną i charakterystyczną cechę w zachowaniu się postawy zwierząt operowanych. Jak się bowiem okazało z wszystkich doświadczeń kończyny dolne lewe, a więc kończyny nie pozostające z powodu przecięcia włókien

sympatycznych pod wpływem tego układu, z reguły były dłuższe, luźno zwisające, jak gdyby o napięciu mięśniowym mniejszym w porównaniu z kończynami kontrolnymi. Odnosiło się wrażenie występowania zjawiska podobnego jak w klasycznym doświadczeniu *Brondeesta*, świadczącym o zmniejszonym tonus mięśniowym.

W konsekwencji osiągniętych danych powyższych możemy stwierdzić, że fizjologiczna wrażliwość łuku odruchowego w kończynie lewej, pozbawionej włókien sympatycznych, uległa zmianie, albowiem zmniejszyła się w porównaniu z kończyną prawą, normalną, a w następstwie tego czas odruchu po stronie lewej stał się dłuższym w przeważającej ilości doświadczeń. Co się zaś tyczy zagadnienia, w której części łuku odruchowego nastąpiło opóźnienie czasu odruchu, to ułatwią nam rozwiązanie tego problemu wyniki dalszych doświadczeń tej pracy.

Tablica Nr II. przedstawia wyniki porównawczego badania czasu utajonego pobudzenia i okresu skurczu pojedynczego w kończynie pozbawionej włókien sympatycznych oraz w normalnej. Co się tyczy samego czasu utajonego pobudzenia, to jak się okazuje z cyfr przedstawiających jego bezwzględną wartość w warunkach drażnienia preparatu drogą pośrednią przez nerw jest on po stronie desympatyzowanej z reguły krótszy niż po stronie normalnej. Skrócenie to niekiedy bywa nieduże, jak np. w doświadczeniu nr 23, gdzie mamy wartości 0,0116 sek. wobec 0,0120 sek., niekiedy zaś większe, jak w doświadczeniu nr 24, w którym czasy utajonego pobudzenia przedstawiają się w długościach czasu 0,0076 sek. dla strony desympatyzowanej i 0,0148 sek. dla strony normalnej. To samo widać i w innych doświadczeniach, jak n.p. w 27 ym, gdzie odkres ten wynosi 0,006 sek. dla strony operowanej, a 0,0092 dla strony nieoperowanej. Również cyfry doświadczeń nr 13, 14, 15, 17, 19, 21, 22, 25 i 26 wyraźnie świadczą, że czasy utajonego pobudzenia są po stronie operowanej krótsze niż po stronie normalnej; jedynie doświadczenia 16, 18 i 20 wykazują wartości mniej więcej równe, a nawet jak w doświadczeniu 16-ym czas utajonego pobudzenia dłuższy jest nieco po stronie operowanej niż kontrolnej. Ogólnie jednak bo w 80% doświadczeń okazuje się, że czas utajonego pobudzenia jest krótszy po stronie operowanej w porównaniu ze stroną normalną.

W drażnieniu bezpośrednim preparatu (mięśnia), różnice w czasie utajonego pobudzenia między kończyną operowaną a normalną stają się jeszcze większe i wybitniejsze. Stopień skrócenia po stronie operowanej w porównaniu do strony kontrolnej waha się od 20% — jak doświadczeniu nr 14, do 50% — jak w doświadczeniu nr 23, a nawet do 75% — jak w doświadczeniu nr 15. Ogólnie skrócenie to stwierdza się w 90% doświadczeń.

Oprócz stwierdzonego skrócenia czasu utajonego pobudzenia widzimy z tablicy Nr II, że i okres skurczu pojedynczego jest krótszy po

ZESTAWIENIE WYNIKÓW

TABLICA Nr II.

L. p.	Data i okres w dniach po sympatykotomii	Temperatura otoczenia stop. Cels.	Kończyna operowana				Kończyna nieoperowana			
			Drażnienie pośr.		Drażnienie bezpośr.		Drażnienie pośrednie		Drażnienie bezpośr.	
			Czas ut.	Okr. sk.	Czas ut.	Okr. sk.	Czas ut.	Okr. sk.	Czas ut.	Okr. sk.
w sekundach										
13	25. XI. 9 dni	21	0,0115	0,11	0,01	0,102	0,014	0,183 wydłuż. rozkurc.	0,007	0,126
14	28. XI. 16 dni	20	0,0128	0,196 wydłuż. rozk.	0,009	0,170	0,016	0,198 wydłuż. rozkurc.	0,0106	0,188 wydłuż. rozk.
15	3 XII. 19 dni	18	0,008	0,096	0,0012	0,104	0,011	0,108	0,005	0,118
16	20. XII. 20 dni	21	0,014	0,016	0,001	0,100	0,012	0,118	0,005	0,115
17	17. XII. 21 dni	19	0,01	0,012	0,004	0,110	0,013	0,120	0,007	0,126
18	21. XII. 21 dni	18	0,011	0,152	0,005	0,150	0,01	0,126	0,006	0,148 wydłuż. rozk.
19	4. I. 23 dni	22	0,005	0,106	0,0038	0,104	0,0054	0,126	0,0056	0,11
20	5. I. 24 dni	16,5	0,012	0,226 lekkie wydł. rozk.	0,009	0,008	0,01	0,276	0,0098	0,268 lekkie wydł. rozk.

(Ciąg dalszy) **ZESTAWIENIE WYNIKÓW** **TABLICA Nr II.**

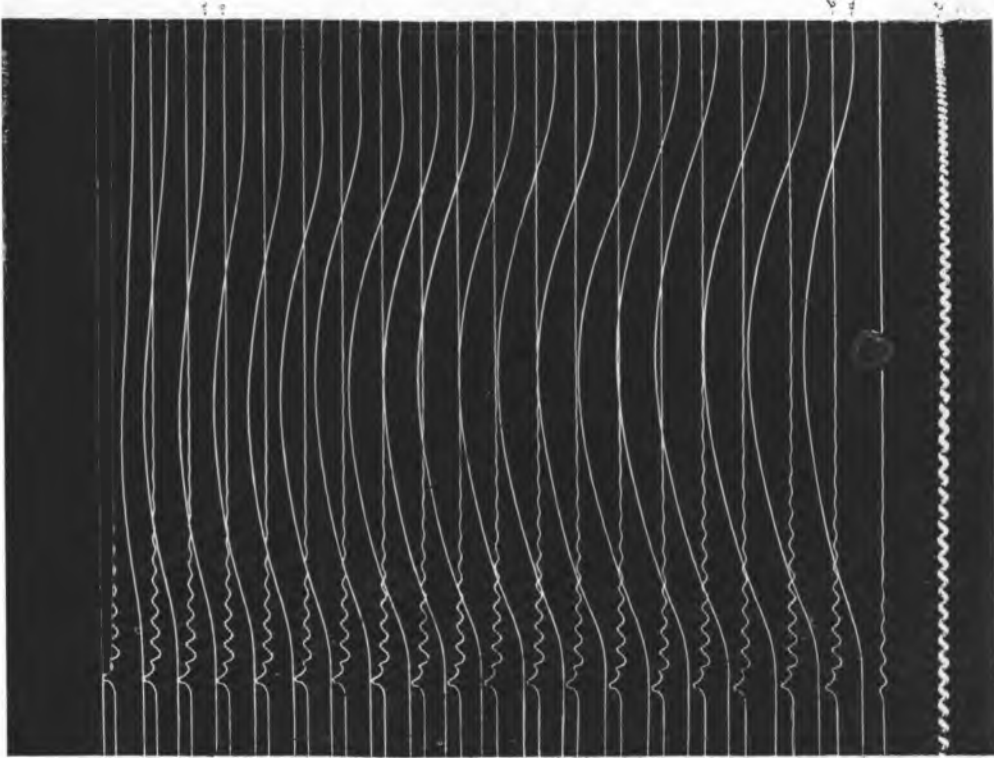
L. p.	Data i okres w dniach po sympatyktomii	Temperatura otoczenia stop. Cels.	Kończyna operowana						Kończyna nieoperowana								
			Drażnienie pośr.			Drażnienie bezpośr.			Drażnienie pośrednie			Drażnienie bezpośr.					
			Czas ut.	Okr. sk.	Okr. sk.	Czas ut.	Okr. sk.	Okr. sk.	Czas ut.	Okr. sk.	Okr. sk.	Czas ut.	Okr. sk.	Okr. sk.			
w sekundach												w sekundach					
21	10. XII. 25 dni	19	0,006	0,104	0,012	0,086	0,006	0,128	0,0127	0,10							
22	31. XII. 25 dni	18	0,009	0,098	0,0024	0,11	0,0115	0,106	0,005	0,122							
23	11. XII. 26 dni	16	0,0116	0,094	0,003	0,104	0,012	0,124 lek. wydł. rozk.	0,006	0,120 lek. wydł. rozk.							
24	14. XII. 26 dni	12,5	0,076	0,160 lekkie wydł. rozk.	0,0032	0,166 tend. do przyk.	0,0148	0,164 lek. wydł. rozk.	0,0042	0,172 tend. do przyk.							
25	7. I. 26 dni	18	0,01	0,098	0,004	0,106	0,012	0,118	0,0072	0,122 wydł. rozk.							
26	29. XII. 28 dni	14	0,013	0,194	0,018	0,148	0,015	0,188 wydł. rozk.	0,0092	0,219 tend. do przyk.							
27	3. I. 28 dni	21	0,006	0,115	0,0027	0,144 początk. wydł. rozk.	0,0092	0,14	0,0045	0,13 wydł. rozk.							
Przeciętna czasu utajonego pobudzenia i okresu skurczu pojedyn.			0,0098	0,1305	0,0052	0,1276	0,0114	0,1480	0,0067	0,1447							

stronie operowanej (desympatyzowanej), niż po stronie normalnej i to zarówno przy drażnieniu preparatu drogą pośrednią jak i bezpośrednią. Skrócenie tego okresu po stronie desympatyzowanej wynosi przeciętnie w większości doświadczeń około 13% — w porównaniu ze stroną kontrolną i jest mniej więcej jednakowe przy pobudzaniu pośrednim jak i bezpośrednim preparatu. I tak np. w doświadczeniu nr 16, po stronie operowanej okres ten wynosi 0,106 sek., a po stronie nieoperowanej 0,118 sek., zaś w doświadczeniu nr 25 — 0,098 wobec 0,118 sek. strony kontrolnej. Podobne wyniki świadczące o skróceniu okresu skurczu pojedynczego w kończyźnie operowanej w porównaniu z kontrolną stwierdzono w 13-tu doświadczeniach na ogółem wykonanych 15. W dwóch natomiast preparatach (dośw. 18 i 26), wyniki pod tym względem nie były zgodne, gdyż okresy skurczu pojedynczego były nieznacznie dłuższe po stronie desympatyzowanej niż po stronie normalnej. Niemniej jednak z całości uzyskanych wyników w olbrzymiej większości, bo w 90% tach następstwem sympatykotomii i następowej degeneracji jest skrócenie czasowego przebiegu skurczu pojedynczego.

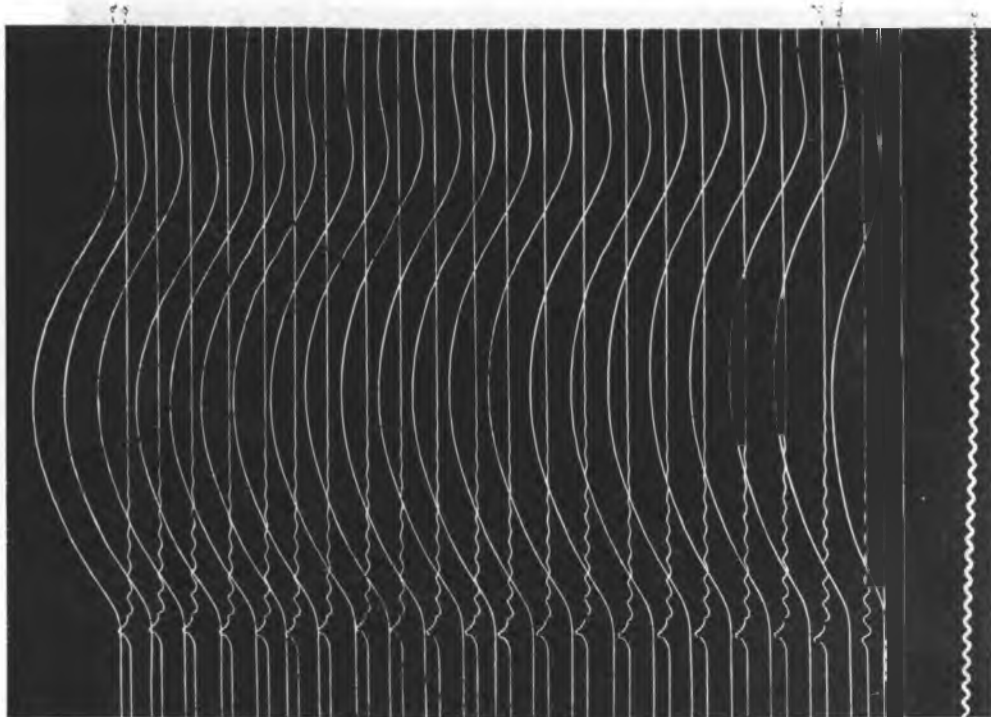
Analizując dokładnie myogramy skurczów pojedynczych, uzyskane w naszych doświadczeniach okazuje się, że skrócenia okresu skurczu pojedynczego po stronie desympatyzowanej pochodzą od zmniejszenia się czasu trwania fazy rozkurczowej. Wystarczy spojrzeć na załączone dla przykładu myogramy doświadczeń, przedstawione na rycinie 1-ej i 2-ej aby przekonać się, że po stronie normalnej, w preparacie zawierającym włókna sympatyczne (część rycin zaznaczona literą b), faza rozkurczu trwa nieco dłużej niż faza skurczu, a powrót do pierwotnej długości jest łagodny, przechodząc często w mniej lub więcej zaznaczony przykurcz, co zresztą zgadza się z ogólnie znanym fizjologicznym obrazem krzywej skurczu pojedynczego. Inaczej się ten obraz przedstawia po stronie desympatyzowanej (część rycin zaznaczona literą a). Fazy skurczu i rozkurczu są tu w swym ogólnym charakterze przebiegu podobne, jak i równe co do czasu trwania, przyczem faza rozkurczu przebiega bardziej stromo, jakby gwałtowniej i szybciej. W związku z tym przy końcu fazy rozkurczu występuje zjawisko chwilowego wydłużenia, tak jak gdyby mięsień na skutek gwałtowniejszego rozkurczu ulegał ułamek sekundy trwającemu rozciągnięciu ponad swój stan początkowy, wyjściowy.

Równocześnie z załączonych rycin widać, że krzywa skurczu pojedynczego jest po stronie desympatyzowanej nieznacznie wyższa niż po stronie normalnej. Zjawisko to stwierdza się w przeważającej ilości doświadczeń.

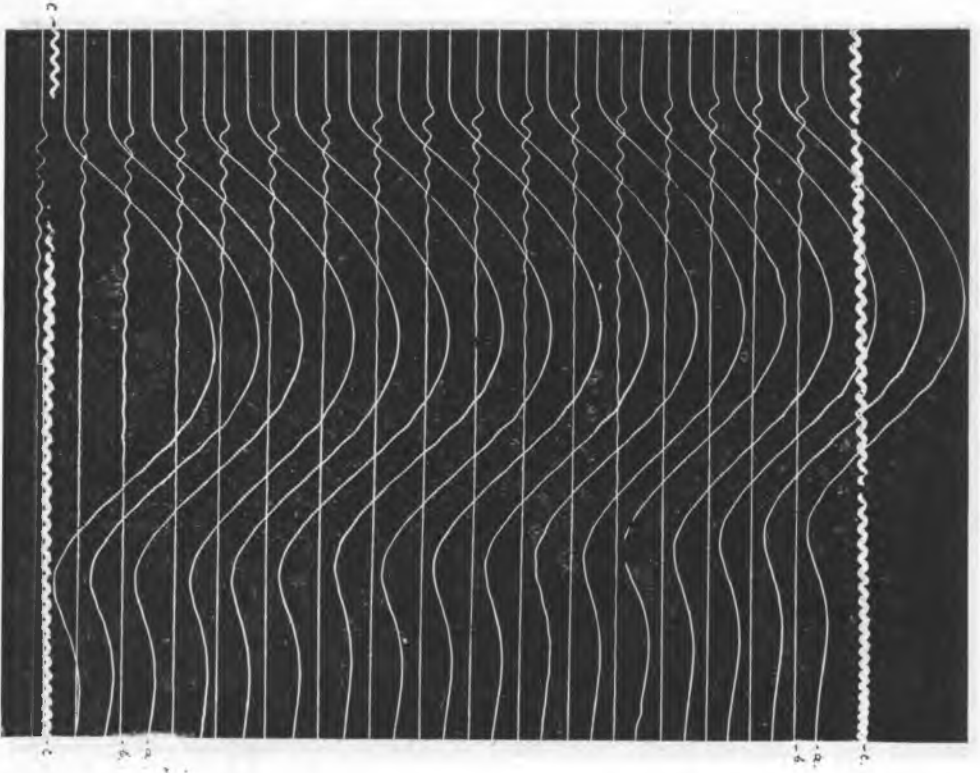
Jak widać z danych powyżej opisanych, wyłączenie unerwienia sympatycznego, spowodowane na drodze wtórordnej degeneracji sprawia w obwodowym neuronie ruchowym skrócenie czasu utajonego pobudze-



RYCINA 1. Doświadczenie nr 27. Drażnienie pośrednie.
 A — kończyzna desympatyzowana. 28 dni po sympatykotomii.
 B — kończyzna normalna.
 a — myogram — krzywa skurczu pojedynczego.
 b — sygnał.
 c — czas 1/250 sekundy.



DRAWING I. Experiment No 27. Indirect impulses.
 A — desympathetized limb, 28 days after sympathetictomy.
 B — normal limb.
 a — myograph—the curve of the simple contraction.
 b — signal.
 c — the time 1/250 of the second.



RYC'NA 2. Doświadczzenie nr 16. Działanie bezpośrednio.

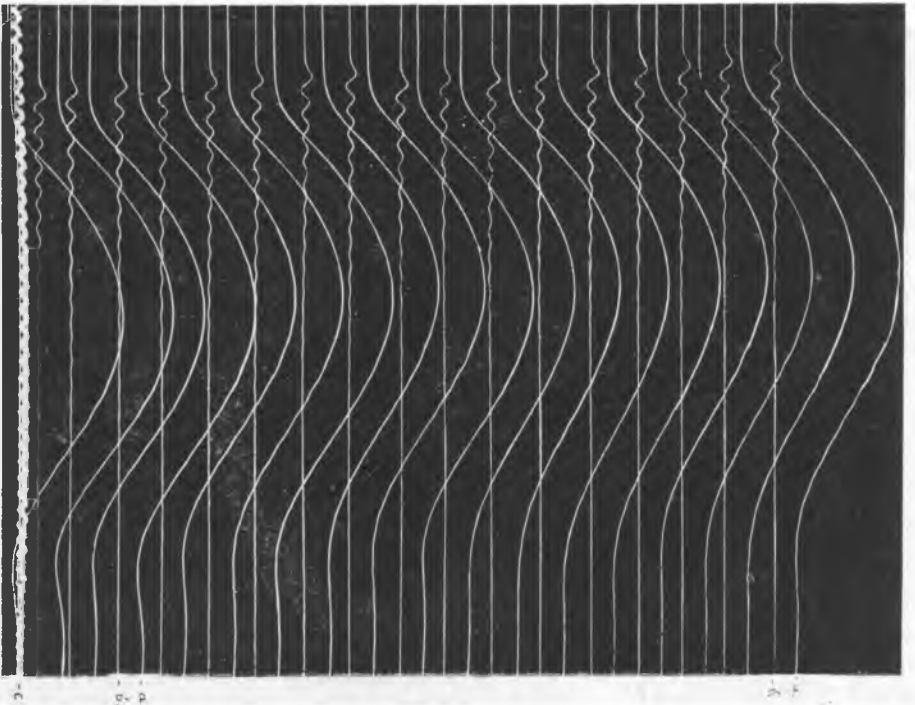
A — kończyzna desympatyzowana, 20 dni po sympatykomii.

B — kończyzna normalna.

a — myogram — krzywa skurczu pojedynczego.

b — sygnał.

c — czas 1/250 sekundy.



DRAWING 2. Experiment No. 16. Direct impulses.

A — desympathesized limb. 20 days after sympathetictomy.

B — normal limb.

a — myograph — the curve of the simple contraction.

b — signal.

c — the time 1/250 of the second.

nia, skrócenie trwania okresu skurczu pojedynczego, zwłaszcza w jego fazie rozkurczowej, oraz nieznaczne podwyższenie krzywej skurczu. Sprowadzając te wyniki do mianownika pozytywnego, można wnioskować, że mięsień prądkowany pozostający fizjologicznie pod wpływem bodźców pochodzących z układu sympatycznego jest przez nie hamowany w swej czynności, gdyż bodźce te przedłużają zarówno czas utajonego pobudzenia jak i czasowy przebieg zjawiska skurczu pojedynczego.

Wyniki powyższej serii doświadczeń świadczące o hamującym działaniu układu współczulnego na przebieg życiowych przejawów obwodowego neuronu ruchowego w efekcie skrócenia czasu utajonego pobudzenia i okresu skurczu pojedynczego mięśnia, stawiają kwestję wpływu bodźców sympatycznych na pracę mięśni prądkowanych w nowym ujęciu i naświetleniu. W pierwszym rzędzie nasuwa się pytanie czy mięsień pozbawiony unerwienia sympatycznego rzeczywiście pracuje lepiej i sprawniej przez to, że kurczy się szybciej i wydawniej niż mięsień w warunkach fizjologicznych, pozostający pod wpływem hamujących impulsów pochodzenia sympatycznego. Aby choć w części wyświecić to zagadnienie wykonano dodatkowe doświadczenia, w których wywołano w preparatach mięśniowo-nerwowych obu stron, t. j. po stronie desympatyzowanej jak i po stronie normalnej efekt znużenia, i następnie dopiero badano w identyczny sposób, jak poprzednio czas utajonego pobudzenia i przebieg skurczu pojedynczego. Przed każdym oznaczeniem, względnie zapisem myogramu mięśni wykonał od kilkunastu do kilkudziesięciu skurczów pojedynczych w określonym czasie nie zanotowanych na tablicy Nr III., która przedstawia zebrane wyniki tej serii doświadczeń.

Z doświadczeń tych przedstawionych na tablicy III-iej widzimy wyraźne dowody wpływu układu sympatycznego na czynność mięśni szkieletowych. Okazało się, że o ile w poprzednich doświadczeniach na mięśniach świeżych, nieznużonych czas utajonego pobudzenia po stronie desympatyzowanej był krótszy niż po stronie normalnej, to po wykonaniu pracy przez mięsień i wystąpieniu znużenia, czas utajonego pobudzenia po stronie desympatyzowanej wybitnie się wydłużył, osiągając wartości od 30-100% większe, aniżeli po stronie kontrolnej, normalnej; natomiast w preparatach kończyn z zachowanym układem sympatycznym czas ten był zawsze krótszy, jakkolwiek musiał się także wydłużyć pod wpływem efektu znużenia poprzednio wywołanego. Widać na przykładzie doświadczenia 30-go, że czas utajonego pobudzenia po stronie normalnej wynosi 0,011 sek., a po stronie desympatyzowanej 0,022 sek., a także i reszty doświadczeń tej serii, gdzie wyraźnie występują dłuższe wartości czasu utajonego pobudzenia po stronie sympatycznie odnerwionej. Różnice te wyraźniejsze są przy pobudzaniu preparatu drogą pośrednią (przez nerw), niż sposobem bezpośrednim.

ZESTAWIENIE WYNIKÓW

TABLICA Nr III.

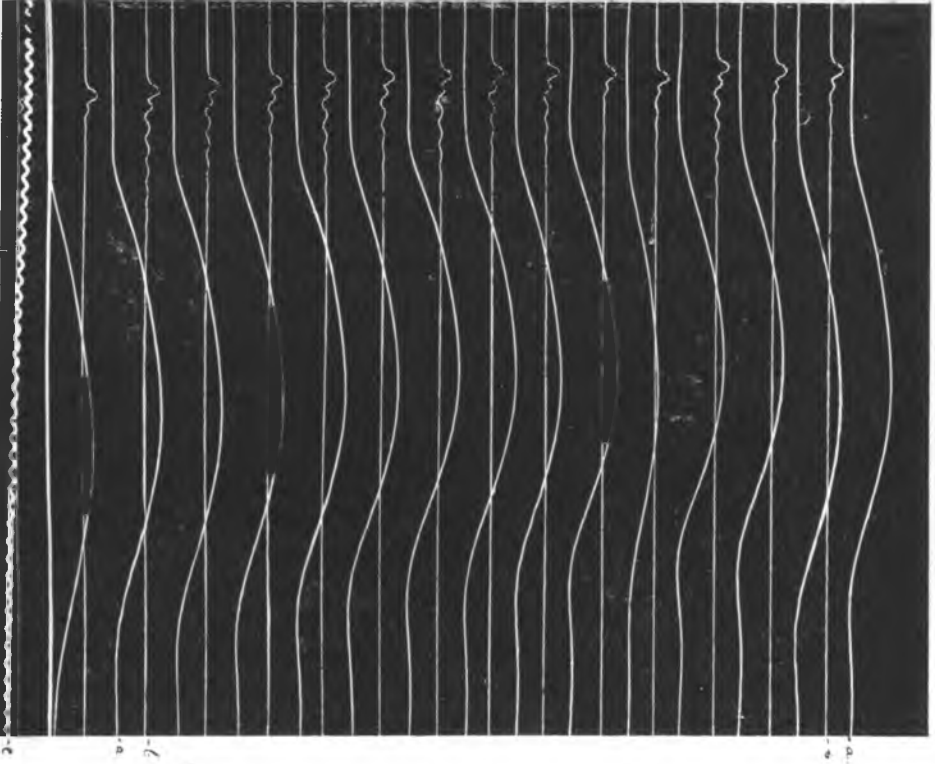
L. p.	Data i okres w dniach po sympatykotomii	Temperatura otoczenia w stop. Celsj.	Kończyna operowana				Kończyna nieoperowana				U W A G I
			Drażnienie pośr.		Drażn. bezpośr.		Drażnienie pośr.		Drażn. bezpośr.		
			Czas ut.	Okr. sk.	Czas ut.	Okr. sk.	Czas ut.	Okr. sk.	Czas ut.	Okr. sk.	
w sekundach											
28	6.XII 21-dni	19	0,011	0,148	0,006	0,196 rozł. wydł.	0,0088	0,218 wydł. rozł.	0,006	0,256 tent. do prz. rozł. dwufaz.	Preparat wykonął po 12 skurczów przed każdym doświadczem. w 3 sek.
29	9.XII 23 dni	18,5	0,012	0,136	0,007	0,144 1 wydł. rozł.	0,0106	0,180 wydł. rozł.	0,006	0,192 wydł. rozł.	Preparat wykonął po 12 skurczów przed każdym doświadczem. w 4 sek.
30	13.XII 25 dni	16,5	0,022	0,122	0,006	0,116	0,011	0,184 rozł. dwufaz.	0,005	0,190 rozł. dwufaz.	Preparat wykonął po 30 skurczów przed każdym doświadczem. w 7 sek.
31	18.XII 27 dni	21	0,014	0,108	0,008	0,128	0,0126	0,126	0,0067	0,132 wydł. rozł.	Preparat wykonął po 15 skurczów przed każdym doświadczem. w 5 sek.
32	23.XII 28 dni	22	0,018	0,120	0,009	0,126	0,014	0,176 rozł. dwufaz.	0,007	0,178 rozł. dwufaz.	Preparat wykonął po 20 skurczów przed każdym doświadczem. w 6 sek.
Przebieg czasu utajonego pobudzenia i okresu skurczu pojedynczego			0,0154	0,1348	0,0076	0,1420	0,0114	0,1768	0,0061	0,1896	

Co się tyczy długości okresu skurczu pojedynczego, kształtu myogramu i jego wysokości po stronie dysympatyzowanej to okazało się, że długości okresu wyraźniejszych różnic nie przedstawiają, natomiast wysokości krzywych skurczu w porównaniu z kończyną normalną były zawsze mniejsze. Dochodziły one nieraz zaledwie do połowy wysokości strony normalnej, jak to wykazuje dla przykładu rycina 3 a, przyczym fazy skurczowe i rozkurczowe były w przybliżeniu równe.

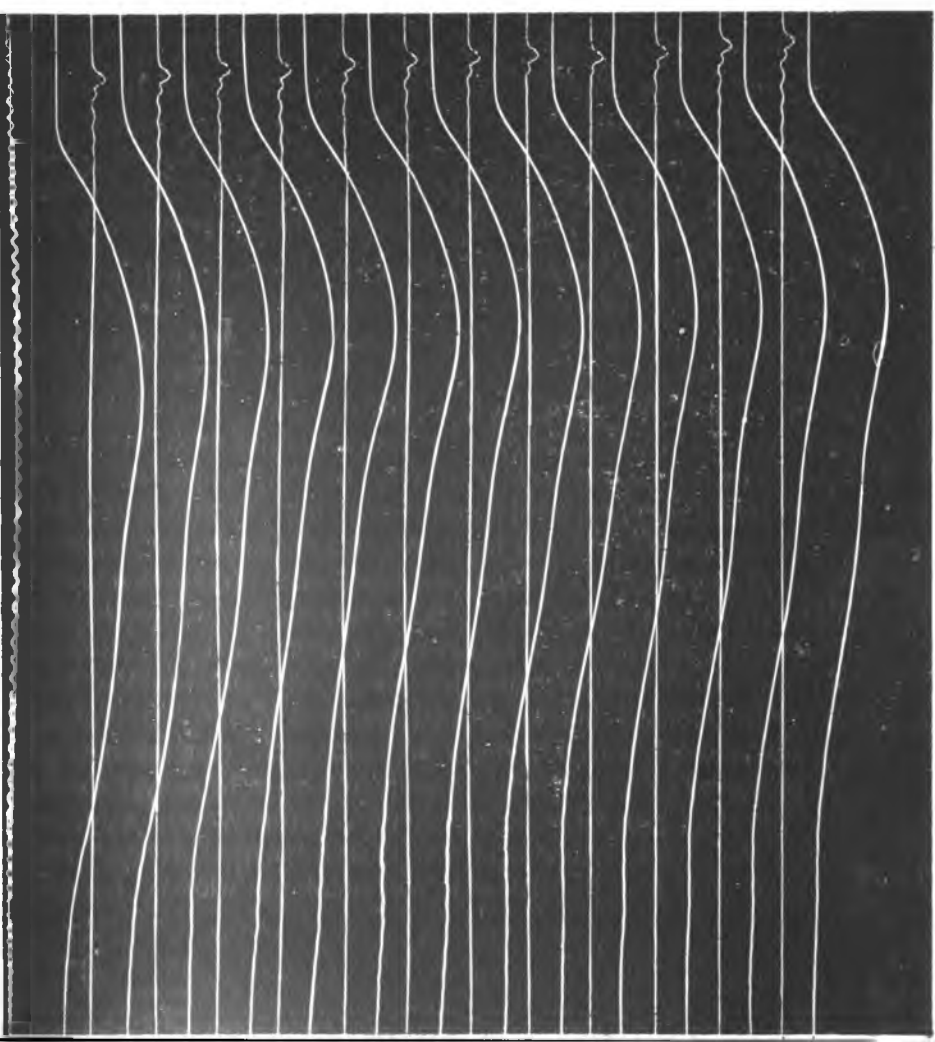
Odmienne miały wygląd myogramy strony normalnej tej serii doświadczeń. Faza skurczowa niewiele różniła się od tejże po stronie desympatyzowanej, natomiast faza rozkurczowa była wybitnie wydłużona przyjmując charakter krzywej dwuwierzchołkowej, świadczącej o nowym wtórzędym skróceniu mięśnia. Efekt znużenia zatem uzewnętrznił się w warunkach fizjologicznych przedłużeniem zjawiska przebiegu skurczu pojedynczego z wybitną tendencją do przykurczu, o charakterze jakgdyby tonicznym. Mięsień natomiast pozbawiony unerwienia sympatycznego reagował na zjawisko znużenia bez wybitniejszej zmiany okresu samego skurczu, lecz wyraźnie zato zmniejszeniem się jego wysokości.

Wydaje się więc, jakoby włókna sympatyczne działały hamująco na efekty ruchowe mięśnia i to w sensie korzystnym, zapobiegając niejako zbyt niemu wyczerpywaniu się przez typ pracy bardziej ekspansywnej, szybszej lecz mniej wydatnej (zmniejszenie wysokości skurczu), jaka występuje w mięśniu o zdegenerowanym układzie sympatycznym.

Wszystkie wyżej przedstawione zmiany stanu fizjologicznego zarówno całego łuku odruchowego w odruchu zginania kończyny dolnej, jak i obwodowego neuronu ruchowego zachodziły istotnie w następstwie degeneracji włókien sympatycznych zdążających na obwód, do mięśni szkieletowych. Świadczą o tym dodatkowe badania histologiczne, jakie przedsiębrano w tym celu na niektórych mięśniach strony operowanej, celem stwierdzenia charakterystycznych zmian zwyrodnieniowych. W tym celu użyto do sporządzania preparatów metody srebrowej M. Peréza dla uwidocznienia włókien i zakończeń nerwowych w mięśniu badanym. Preparaty wykazywały zmiany wsteczne zachodzące w zakresie bezrdzennych włókien nerwowych, wyrażone zatarciem struktur neurofibrylarnych i segmentacją włókienek zwłaszcza w obrębie t. zw. sieci periterminalnej. Zmiany te obserwowano jedynie w zakresie włókien bezrdzennych, wolno kończących się w utkaniu mięśnia poprzecznie prążkowanego; nie występowały zaś one nigdy we włóknach rdzennych zdążających do płytek motorycznych. Widać to wyraźnie na załączonych rycinach 4 i 5-iej przedstawiających włókna bezrdzenne, sympatyczne z typową dezintegracją sieci około - końcowej. W przeciwieństwie do tych obrazów załączona rycina 6-a przedstawia niezmiennione włókna nerwowe rdzenne



RYCINA 3. Doświadczanie nr 30. Drażnienie pośrednie.
 A — kończyzna desympatyzowana. 25 dni po sympatykotomii.
 B — kończyzna normalna.
 a — myogram — krzywa skurczu pojedynczego.
 b — sygnał.
 a — czas 1/250 sekundy.



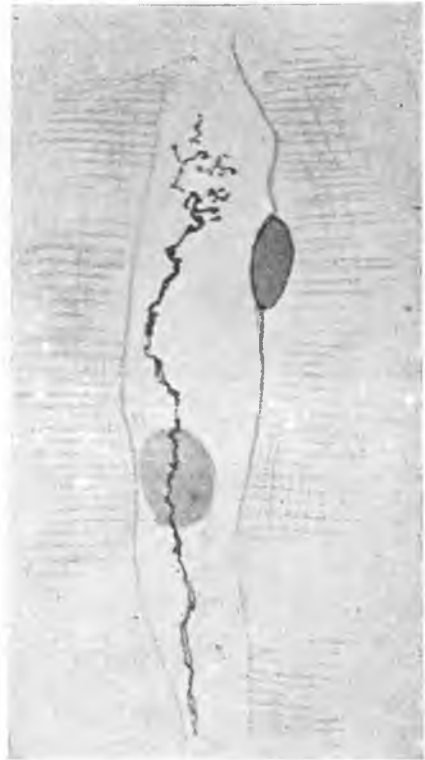
DRAWING 3. Experiment No 30. Indirect impulses.
 A — desympathetized limb. 25 days after sympathetotomy.
 B — normal limb.
 a — myograph — the curve of the simple contraction
 b — signal
 c — the time 1/250 of the second

wraz z charakterystyczną płytką ruchową z tego samego preparatu doświadczalnego.¹⁾

Osiągnięte wyniki całokształtu doświadczeń niniejszej pracy odzwierciedlają wpływ następstwa degeneracji, a co za tym idzie wyłączenia układu sympatycznego w obwodowym neuronie ruchowym u żab w następujących danych: 1) Obniżenie pobudliwości odruchowej; 2) skrócenie czasu utajonego pobudzenia mięśnia; 3) skrócenie okresu trwania skurczu pojedynczego w efekcie skrócenia fazy rozkurczu, oraz 4) wydłużenie czasu utajonego pobudzenia i wybitne zmniejszenie wysokości krzywej skurczu w mięśniu znużonym. Obniżenie pobudliwości odruchowej może zachodzić w różnych członach łuku odruchowego. Nie wydaje się prawdopodobnym by zmiana ta zależała od efektora, jak też od obu neuronów przewodzących podniety. Świadczą za tym skrócenia czasu utajonego pobudzenia oraz trwania skurczu pojedynczego w preparatach mięśniowo-nerwowych pozbawionych włókien sympatycznych. Najprawdopodobniej opóźnienie czasu reakcji następuje już to w ośrodku odruchowym, a także być może, że w receptorze. Wyraźne zmniejszenie się napięcia mięśniowego po stronie desympatyzowanej przemawiałoby za tą ostatnią hipotezą; jak wiadomo bowiem zarówno podniety uczuciowe otoczenia zewnętrznego jak i impulsy układu nerwowego centralnego odgrywają dużą rolę w zjawiskach tonicznych. Tłumaczenie tego rodzaju znajduje również poparcie w znanych od niedawna faktach dowodzących unerwienia receptorów przez włókna sympatyczne (T o n k i c h 1925).

Co się zaś tyczy wpływu układu sympatycznego na czynność obwodowego neuronu motorycznego, to otrzymane wyniki świadczą o jego hamująco-regulującej roli na czynność mięśni szkieletowych. Jak wiadomo podrażnienie samych nerwów sympatycznych żadnego efektu

Ryc. 4.



¹⁾ Za łaskawe wykonanie preparatów histologicznych P. Prof. Dr. Grzyckiemu St. składam gorące podziękowanie.

Ryc. 5.



Ryc. 6



w rodzaju skurczów mięśni nie daje, natomiast równoczesne pobudzenie włókien sympatycznych i ruchowych objawia się wybitniejszym skurczem mięśni, aniżeli występującym przy drażnieniu samych tylko włókien motorycznych (fenomen Orbelego i Ginecińskiego). W moich zaś doświadczeniach okazało się, że przy braku włókien sympatycznych skurcz wywołany podrażnieniem włókna motorycznego lub samego mięśnia jest szybszy i wybitniejszy, jednak wydolność jego nie trwa długo, albowiem w znużeniu spada szybko wysokość skurczu oraz przedłuża się wyraźnie czas

utajonego pobudzenia. Można więc przyjąć, że układ sympatyczny oddziałuje na obwodowy aparat nerwowo-mięśniowy, regulując niejako jego sprawność i czynność, już to hamując, już to bodźczo zależnie od wymagań chwilowych, przygotowuje i przyspasaabia, działając jakgdyby adaptacyjnie.

Streszczenie.

Autor spowodował degenerację wtórną (typu Wallera) włókien sympatycznych w obwodowym neuronie ruchowym u żab. Następnym

tej desympatyizacji było zmniejszenie się pobudliwości odruchowej, badanej metodą T ü r k a, (tabl. I.), skrócenie czasu utajonego pobudzenia i okresu skurczu pojedynczego w preparacie mięśniowonerwowym nieznużonym (tabl. II.), oraz wydłużenie czasu utajonego pobudzenia wraz z obniżeniem krzywej skurczu w preparacie mięśniowonerwowym znużonym (tabl. III.). Degenerację, rozpad włókien bezrdzennych, sympatycznych w mięśniu szkieletowym potwierdzono histopatologicznie (ryciny 4 i 5-a).

Autor uważa, że zmniejszenie pobudliwości odruchowej występujące przy braku unerwienia sympatycznego w obwodowym neuronie motorycznym, spowodowane jest najprawdopodobniej zmianami w receptorze obwodowym. Co się tyczy roli układu sympatycznego w mięśniu prądkowanym to zdaje się ona polegać na hamowaniu względnie na adaptacyjnym regulowaniu jego czynnościowych przejawów.

PIŚMIENNICTWO

- 1) Boeke J. a) Die doppelte (motorische und sympatische) efferente Innervation der quergestreiften Muskelfasern. Anat. Anzeig. T. 44. 1913 s. 344 – 356. b) Die morphologische Grundlage der sympatischen Innervation der quergestreiften Muskelfasern. Z. mikr. anat. Forschung. T. 8. 1927. s. 561 – 639.
 - 2) Orbeli i Gineciński cyt. wg. Bykow, Uczebnik Fiziologii 1945.
 - 3) Nakanishi cyt. wg. Babski, Fiziologia Człowieka 1938 s. 276.
 - 4) W. Hołobut i B. Jałowy: Die De und Regeneration des peripheren motorischen Nervensystems auf einer morphologisch - funktionellen Grundlage. Zeitschr. f. Zellforschung u. mikroskopische Anatomie T. 25. Str. 541. 1936.
-

S U M M A R Y

The author caused a secondary degeneration (Wallerian degeneration) of sympathetic fibres in the peripheral motor neuron in the frog. As a result of this desympathization there was a decrease of the reflex excitability, examined by employing Turk's method (tab. I.), a shortening of the period of latent excitability, a shortening of the period of the simple reflex in the section of a non fatigued neuro-muscle (tab. II); there was a lengthening of the period of latent excitability accompanied by a decrease in the curve of reflexes in the section of a fatigued neuro-muscle. (tab. III.). Degeneration, fragmentation of the non medullated sympathetic fibres in the skeletal muscle was histopathologically confirmed.

According to the author, the decrease of the reflex excitability, appearing in the absence of the peripheral motorneuron's sympathetic innervation is most likely to be caused by changes in the peripheral receptor.

The part played by the sympathetic nervous system in the striated muscle appears to be to inhibit or to regulate adaptably its functional manifestations.

