

Z DZIEDZINY NAUKI I TECHNIKI

TOM XII

108



11. 8. -

Z DZIEDZINY NAUKI I TECHNIKI

TOM XIII





Z DZIEDZINY  
NAUKI I TECHNIKI

BIBLIOTEKA POPULARNO-NAUKOWA

TOM XIII

I. P. PAWŁOW

CH. S. SHERRINGTON, E. D. ADRIAN

M Ó Z G

I JEGO MECHANIZM

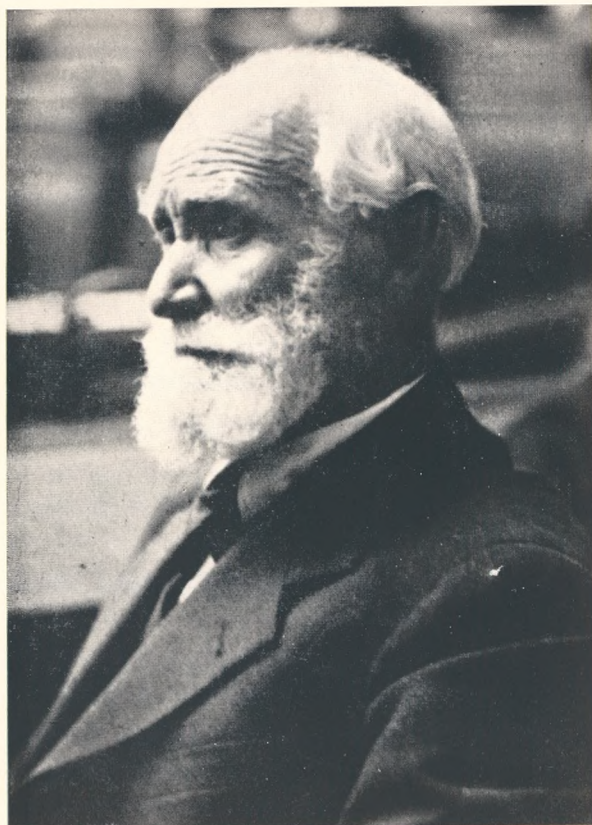
PRZEŁOŻYLI

DR J. KONORSKI I DR S. MILLER

WARSZAWA

NAKŁADEM „MATHESIS POLSKIEJ”

1935



*I. P. Pawłow*

# MÓZG I JEGO MECHANIZM

NAPISALI

IWAN PAWŁÓW

*Członek Rosyjskiej Akademji Nauk*

CHARLES SHERRINGTON

*F. R. S., Prof. Uniw. w Oxford*

EDGAR ADRIAN

*F. R. S., Prof. Uniw. w Cambridge*

*Laureaci Nobla*

PRZEŁOŻYLI, WSTĘPEM I PRZYPISAMI ZAOPATRZYLI  
DR JERZY KONORSKI i DR STEFAN MILLER

WARSZAWA

NAKŁADEM „MATHESIS POLSKIEJ“

1935

Wybór i układ jest własnością  
WYDAWNICTWA „MATHESIS POLSKA”

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE



61 112  
9722./c

Drukarnia B-ci Drapczyńskich, Warszawa, Piusa XI Nr. 15.

## OD TŁUMACZY

Artykuły zawarte w niniejszym zbiorze dotyczą zagadnień czynności mózgu i stosunku tych czynności do psychiki, w oświetleniu trzech najwybitniejszych fizjologów współczesnych: Adriana, Sherringtona i Pawłowa\*.

Celem tej książki jest przede wszystkim zobrazowanie rozwoju nauki o czynnościach mózgu, kierunków jej badań, prądów, jakie w niej nurtują, i perspektyw, które się przed nią otwierają. Nie stanowi więc ona systematycznego i zamkniętego opisu stanu współczesnej wiedzy, w którym rozmaite poglądy i punkty widzenia byłyby uwzględnione i różnice między nimi sztucznie zniwelowane. Każdy z przytoczonych autorów jest wyrazicielem własnych idei, każdy zajmuje własne, indywidualne stanowisko i ujmuje zagadnienia z odrębnego punktu widzenia.

Za najbardziej autorytatywnego w omawianej dziedzinie wiedzy należy niewątpliwie uważać Pawłowa, którego ca-

\* Edgar Douglas Adrian, członek Tow. Królewskiego, prof. fizjologii uniwersytetu w Cambridge, laureat nagrody Nobla w r. 1932. Główne jego prace dotyczą obwodowego układu nerwowego.

Sir Charles Sherrington, członek Tow. Królewskiego, prof. fizjologii uniwersytetu w Oxfordzie, laureat nagrody Nobla z r. 1932. Badania jego dotyczą ośrodkowego układu nerwowego.

Iwan Pietrowicz Pawłow, najznakomitszy fizjolog współczesny, członek rosyjskiej Akademii Nauk, laureat nagrody Nobla z r. 1930. We wrześniu 1934 r. obchodzono 85-lecie urodzin Pawłowa i 60-ciolecie jego pracy naukowej. Prace jego i jego szkoły dotyczyły do początku bieżącego stulecia fizjologii przewodu pokarmowego, od lat 30 są poświęcone wyłącznie fizjologii mózgu.



ła działalność naukowa w ciągu ostatnich 30 lat poświęcona jest specjalnie badaniu czynności mózgu. Dlatego też uważaliśmy za słuszne udzielić mu najwięcej miejsca i przedstawić wyniki jego prac w perspektywie historycznej. Pierwszy z zamieszczonych artykułów Pawłowa dotyczy momentu kiedy uczony ten, zrywając z tradycjami psychologicznymi, wstępował dopiero na obraną przez siebie drogę obiektywnego badania wyższych czynności układu nerwowego. Drugi artykuł przedstawia stan jego badań mniej więcej po 10-ciu latach, trzeci i czwarty daje syntetyczny obraz nauki o wyższych czynnościach układu nerwowego w chwili obecnej, gdy nauka ta stanowi obszerną, rozbudowaną i niezmiernie ważną dziedzinę wiedzy.

Przy doborze materiału kierowaliśmy się tem, ażeby artykuły zamieszczone w tej książce miały charakter ogólny, dawały wyraz ostatnim zdobyczom nauki (z wyjątkiem 2-ch pierwszych artykułów Pawłowa) oraz, aby mogły być powszechnie zrozumiałe. Wybrane artykuły są więc popularne, t. j. dla ich zrozumienia potrzeba specjalnego przygotowania, wymagają one jednak od czytelnika czynnego współudziału i pewnego wysiłku myślowego. Miejsca, które z tych lub innych względów mogły być niejasne, opatrzyliśmy przypisami; starając się jednak nie obarczać nimi zbytnio tekstu, dawaliśmy jedynie objaśnienia, niezbędne dla zrozumienia zasadniczej myśli autora.

*Jerzy Konorski i Stefan Miller.*

## SPIS RZECZY

	<i>Str.</i>
Wstęp	1
I	
EDGAR DOUGLAS ADRIAN	
Czynności komórek nerwowych	15
CHARLES SCOTT SHERRINGTON	
Mózg i jego mechanizm	34
II	
IWAN PIETROWICZ PAWŁOW	
O wyższych czynnościach układu nerwowego	
1 Psychologia i psychopatologia doświadczalna zwierząt	65
2 Mózg i nauki przyrodnicze	91
3 Krótki zarys wyższych czynności układu nerwowego	113
4 Fizjologia wyższych czynności układu nerwowego	140
Przypisy	165

## SPIS PORTRETÓW

	<i>obok str.</i>
I. P. Pawłow	<i>przed kartą tytułową</i>
E. D. Adrian	8
Ch. S. Sherrington	32

## WSTĘP

### I

**J**EŻELI spojrzymy na istotę żyjącą, jako na pewną złożoną jednolitą organizację, o różnorodnym i bardzo skomplikowanym działaniu i będziemy rozpatrywali znaczenie i funkcje poszczególnych narządów i ich układów, dostrzeżemy, że układ nerwowy zajmuje miejsce szczególne i zasługuje na specjalne wyróżnienie pośród innych organów ustroju. Kiedy jednak każą nam bliżej sprecyzować powyższy punkt widzenia i zapytają nas, dlaczego właściwie uważamy układ nerwowy za narząd „wybrany”, niełatwo nam będzie w sposób zadawalający uzasadnić nasze stanowisko. Pierwsza odpowiedź, która się nam nasunie, będzie, że układ nerwowy integruje organizację ustroju zwierzęcego, czyni z niej całość, której poszczególne elementy w sposób zgodny i harmonijny współpracują ze sobą. Z łatwością jednak dostrzeżemy, że własność ta bynajmniej nie przysługuje wyłącznie układowi nerwowemu. Gruczoły wewnętrzne wydzielania, których wydzielina dostaje się do krwi i wraz z nią dociera do rozmaitych tkanek ustroju, również spełniają funkcję zespalającą, o czym



świadczą chociażby te wybitne i różnorodne zakłócenia, które powstają w organizmie po usunięciu tego lub innego z gruczołów. Czyż zresztą krew, dostarczając tkanekom substancyj odżywczych i unosząc produkty przemiany materji, nie spełnia również w pewnym sensie funkcji zespalającej w ustroju?

Moglibyśmy zauważyć, że w stosunku do powyższych czynności układ nerwowy zajmuje stanowisko hierarchicznie wyższe. Przez pobudzenie odpowiednich włókien nerwowych gruczoł o wewnętrznem wydzielaniu zwiększa lub zmniejsza intensywność swego wydzielania, układ nerwowy zwęża lub rozszerza naczynia krwionośne, umożliwiając w ten sposób lub odcinając dowóz substancyj odżywczych do tkanek, a nawet, jak o tem przekonywamy się coraz bardziej, układ nerwowy wpływa bezpośrednio na najbardziej intymne procesy tkankowe. Można powiedzieć, że układ nerwowy sprawuje najwyższą komendę nad wszystkimi czynnościami ustroju.

Lecz i tutaj rodzą się poważne wątpliwości. Wiemy doskonale, jak potężny wpływ posiadają gruczoły o wewnętrznem wydzielaniu na funkcje samego układu nerwowego. Wystarczy przypomnieć, jakie zaburzenia powoduje w działalności układu nerwowego usunięcie tarczycy, względnie, naodwrot, jej nadczynność, jaki wpływ na układ nerwowy wywierają gruczoły płciowe i t. d. Z drugiej strony układ nerwowy jest przecież obficie zaopatrzone w naczynia krwionośne i od prawidłowe-

go krwioobiegu zależy w ogromnym stopniu normalna jego praca. Wiemy, jak niezmiernie czułe są komórki nerwowe na wszelkie zaburzenia w krążeniu i jak najmniejsze przeszkody, wywołane np. zwężeniem lub zczopowaniem naczyń i utrudniające dopływ krwi do komórek, natychmiast odbijają się na ich czynności. Powstaje więc pytanie, kto tu właściwie komenderuje: ośrodki układu nerwowego, czy też gruczoł o wewnętrznem wydzielaniu i naczynie krwionośne. Ktoś złośliwy mógłby coprawda zauważyć, że gdy kucharz polowy nie zrobi na czas obiadu i będzie przez to głodził swego generała, może on pośrednio wpłynąć na losy bitwy, choć z tego wcale nie wynika, że kucharz sprawuje władzę nad generałem. Podobne jednak antropomorfizowanie różnych czynności organizmu nie wydaje się słuszne i nie mamy powodu obniżać znaczenia funkcji krążenia dlatego tylko, że łatwiej jest gotować obiad niż kierować armją.

Niemniej jednak nasz intuicyjny pogląd, według którego układ nerwowy jest organem specjalnie wyróżnionym, nie jest nieuzasadniony. Jeżeli spojrzymy na drabinę ewolucyjną zwierząt, a w szczególności na najwyższe jej szczeble, zauważymy, że głównem kryterjum stopnia rozwoju danego gatunku jest układ nerwowy. Różnica między człowiekiem a zwierzęciem, żeby wziąć najbardziej jaskrawy i zarazem najbardziej banalny przykład, sprowadza się przecież nie do różnic w krążeniu, czy wydzielaniu wewnętrznem, lecz przedewszyst-

kiem do różnic w zakresie działalności układu nerwowego. Nie wiemy napewno, czy człowiek jest „najwyższym” etapem rozwoju gatunków i co właściwie to słowo ma dokładnie oznaczać, wiemy jednak z całą pewnością, że człowiek ma, z jednej strony, niemal nieograniczoną przewagę nad innymi zwierzętami w walce o byt i że z drugiej strony, jego układ nerwowy jest najbardziej rozwinięty i w tym sensie najdoskonalszy. Jest rzeczą godną uwagi, że o ile wszystkie niemal narządy zwierząt wyższych — układ krążenia, mięśnie, przewód pokarmowy i t. d. — nie różnią się w sposób istotny od analogicznych narządów u człowieka—jakgdyby natura osiągnęła już w ich zakresie najwyższą doskonałość i dalej nic nie mogła stworzyć—o tyle na tym jednym odcinku organizmu zwierzęcego, w zakresie układu nerwowego, odbywa się niepowstrzymany i bezustanny rozwój.

Istnieje jeszcze jedna przyczyna tego, że układ nerwowy najbardziej może ze wszystkich innych narządów organizmu przykuwać nasze zainteresowania. Jeżeli ma sens zdanie, że życie psychiczne posiada w organizmie jakąś „siedzibę”, t. zn., że istnieją określone, gdzieś umiejscowione procesy, które pozostają z niem w ścisłej korelacji, to siedzibą tą jest niewątpliwie mózg, t. j. ta właśnie część układu nerwowego, w zakresie której odbywa się ów niepokonany i bezgraniczny rozwój żyjącego organizmu. I, być może, nie jest dziełem przypadku, że owa dziwna właściwość żywej materji — zjawisko

psychiczne — powstała właśnie na tle działalności tego najmniej jeszcze ustabilizowanego, najbardziej plastycznego, chwiejnego i podatnego odcinka organizmu żyjącego.

O tem, jaki wyłom stanowi zjawisko psychiczne wśród całego materialnego, szarmonizowanego schematu świata, nie trzeba tutaj mówić. Utało się przecież już powszechnie zdanie, że zagadnienie psychiki jest dla człowieka odwieczną, nierozwiązaną zagadką, wiemy, ile daje ono pola dla wszelkiego rodzaju dociekań, najczęściej, niestety, bezpłodnych, metafizyce i filozofji. Dlaczego pewnym procesom nerwowym, zachodzącym w mózgu, które, jak o tem coraz mocniej jesteśmy przekonani, nie różnią się zasadniczo od procesów nerwowych, zachodzących w niższych ośrodkach układu nerwowego, a co zatem idzie, od wszelkich procesów przyrodniczych, dłączego procesom tym, może jedynym ze wszystkich zjawisk przyrody, towarzyszą owe dziwne, niematerialne „epifenomeny” — przeżycia psychiczne, o tem nie jesteśmy w stanie nic powiedzieć. W jaki sposób materja w pewnych swych niezmiernie skomplikowanych układach daje początek psychice, pozostaje wciąż dla nas zagadnieniem nierozwiązanem i palącym. Zjawisko psychiczne rodzi się w niedostępnych gąszczach komórek nerwowych kory mózgowej, które pilnie strzegą tajemnicy tych narodzin.

Nauka przyrodnicza posiada ze wszystkich nauk największe prawo i kompetencje do wypowiedania się na



temat zagadnienia psychiki i jej stosunku do zjawisk cielesnych. Dopóki nie było jeszcze systematycznych badań fizjologicznych nad działalnością kory mózgowej, dopóki zachowanie się zwierząt i człowieka, zależne od czynności kory, było badane wyłącznie od strony psychologii, fizjolog niewiele mógł mieć do powiedzenia w sprawie omawianego zagadnienia. Od lat jednak 30-tu sytuacja radykalnie się zmieniła. Obecnie czysto fizjologiczne badania działalności mózgu odbywają się w szerokim zakresie i posuwają się szybko naprzód. Od rozmaitych stron, przy pomocy najrozmaitszych metod, mózg atakowany jest przez wielu badaczy na obydwóch kontynentach.

Badania nad odruchami warunkowymi, badania nad nawykami ruchowymi u zwierząt normalnych i poddanych różnym uszkodzeniom mózgu, badania nad drażnieniem kory mózgowej, nad pulsacjami elektrycznymi komórek korowych, nad cytoarchitektoniką kory itd. itd., wszystko to są różne odcinki ogólnego frontu toczącej się walki. Toteż obecnie fizjolog coraz więcej może powiedzieć na temat zagadnienia działalności psychicznej i, jeżeli zagadnienie to jest wogóle rozwiązalne, od niego należy oczekiwać jego rozwiązania.

„Wydaje mi się, że biolog powinien od czasu do czasu zdawać relację jak daleko, czy też jak blisko znajduje się on od rozwiązania omawianego zagadnienia” — mówi Sherrington. Sądzymy, że książka niniejsza jest do pewnego stopnia właśnie taką relacją, zdaną przez

trzech najznakomitszych fizjologów współczesnych, pracujących nad układem nerwowym: Pawłowa, Sherringtona i Adriana.

## II

Badania, które prowadzą trzech wymienieni uczeni, pod względem swych zakresów bynajmniej nie pokrywają się ze sobą i dlatego, być może, każdy z nich ujmuje mechanizm działalności mózgu z nieco innego punktu widzenia.

Należy tu przypomnieć, że działalność układu nerwowego, ujęta zupełnie zgruba i w najbardziej niedokładnych zarysach, sprowadza się do tego, iż pod wpływem podniet, dochodzących do narządów recepcyjnych (wzgl. t. zw. zakończeń czuciowych), powstają we włóknach nerwowych dośrodkowych szeregi drobnych zakłóceń, objawiających się przede wszystkim zmianami elektrycznymi, t. zw. impulsów, które przebiegają wzdłuż tych włókien i docierają do komórek nerwowych, skąd nowe serje impulsów mogą być wysłane bądź po włóknach odśrodkowych od razu do narządów wykonawczych ustroju (mięśni i gruczołów), bądź też do dalszych komórek nerwowych. W ten sposób pobudzenie nerwowe, powstałe w zakończeniach czuciowych, po krótszych lub dłuższych wędrówkach po ośrodkach układu nerwowego, może zostać wkońcu przekazane do narządów wykonawczych, powodując ich czynność, al-



bo, co zdarza się równie często, wywołuje stan zablokowania w komórkach, do których trafia i hamuje czynność narządów wykonawczych.

Jeżeli chcielibyśmy punkt za punktem śledzić losy pobudzenia nerwowego w układzie nerwowym, pierwszym naszym zadaniem byłoby zbadać, w jaki sposób podrażnienie zakończenia czuciowego wywołuje impulsy w dośrodkowych włóknach nerwowych. Ten odcinek funkcji układu nerwowego jest właśnie terenem badań Adriana. Posługując się niezmiernie subtelnymi metodami, wyosabiając pojedyncze włókna nerwowe i badając ich stany czynnościowe, Adrian wykrył jeden z podstawowych faktów działalności układu nerwowego: jak wynika z jego badań, impulsy, powstające we włóknach nerwowych pod wpływem podrażnienia narządu recepcyjnego, są zasadniczo równoważące, t. j. nie zależą od siły ani rodzaju działającej podniety. Silniejsza podnieta może wywołać jedynie zwiększenie rytmu powstających impulsów, nie wpływa jednak zupełnie na ich jakość. Uogólniając, możemy powiedzieć, że układ nerwowy reaguje na dochodzące doń podniety w ściśle swoisty i jednakowy sposób i całą różnorodność świata zewnętrznego potrafi on wyrazić zapomocą rozmaitej rytmiki, rozmaitych niejako „melodyj” niezmiennych impulsów nerwowych.

Zrozumienie sposobu działania włókien nerwowych może przyczynić się do wyjaśnienia czynności komórek nerwowych, ponieważ istnieją poważne dane, aby przy-

puszczać, że jest ona pod pewnemi względami analogiczna do czynności włókien. I rzeczywiście, bezpośrednio badania nad najbardziej dostępnymi komórkami układu nerwowego, komórkami kory mózgowej, wykazały w nich rytmiczne zmiany, dość podobne do tych, jakie mają miejsce we włóknach nerwowych. Fakt ten rzuci niewątpliwie wiele światła na działalność komórek mózgowych. W zamieszczonym w tej książce artykule, Adrian od tej właśnie strony oświetla czynność kory mózgowej i przedstawia perspektywy, jakie otwierają się przed badaniami w tym zakresie.

Następnym kolejnym etapem działalności układu nerwowego zajmuje się Sherrington. Główną dziedziną jego badań są czynności *ośrodków nerwowych*. Jednak metoda stosowana do badań nad ośrodkami nerwowymi jest tu zupełnie odmienna. Nie posiadamy bowiem naogół niemal zupełnie możliwości dotarcia wgłąb układu nerwowego i bezpośredniego przychwycenia komórek nerwowych w czasie ich pracy. Nie potrafimy ani izolować poszczególnych komórek, nie naruszając w sposób istotny ich czynności, ani też, tem mniej, nie jesteśmy zdolni wyodrębnić jednolitych ich grup czynnościowych. Musimy się więc uciekać do metod pośrednich i na zasadzie *wyników* pracy ośrodków nerwowych sądzić o ich właściwościach. Elementem badania jest tutaj odruch, t.j. reakcja organizmu na podniety, zachodząca za pośrednictwem ośrodków układu nerwowego. Kombinując w najrozmaitszy sposób podniety,

i obserwując uzyskane reakcje, możemy stworzyć sobie pojęcie o procesach, odbywających się w ośrodkach. Jest rzeczą wprost zadziwiającą, do jak daleko idących wniosków potrafimy dojść i ile ścisłych i pewnych praw, dotyczących działalności ośrodków nerwowych, potrafimy wykryć, śledząc jedynie czysto zewnętrzne wyniki ich pracy i nie stykając się bezpośrednio zupełnie z samymi komórkami nerwowymi.

Badania, wykonywane przy pomocy naszkicowanej tutaj ogólnie metody, wykazują, że w ośrodkach nerwowych mamy do czynienia z dwoma zasadniczymi, przeciwnymi sobie procesami: pobudzeniem i hamowaniem i każdorazowy układ stosunków między temi procesami, zależny od zastosowanej podniety i „tła”, na jakie ona padła, wyznacza, jaki zespół elementów wykonawczych weźmie udział w reakcji. Sherrington ujmuje działalność mózgu głównie pod tym właśnie kątem widzenia stałego balansowania procesów pobudzenia i hamowania.

Badania Pawłowa i jego szkoły dotyczą wyłącznie czynności mózgu, w szczególności kory mózgowej\*. Metoda, która została tu zastosowana, jest dalszym rozwinięciem opisanej poprzednio metody odruchów. Punktem wyjścia jest tutaj t.zw. odruch warunkowy, t.j. reakcja na podniety, zachodząca za pośrednictwem ośrodków kory mózgowej i tem różniąca się od odruchów

\* Nie mówimy tu oczywiście o badaniach z poprzedniego okresu pracy naukowej Pawłowa, które dotyczyły fizjologii przewodu pokarmowego.

zwykłych, że nie jest ona wrodzona, lecz nabyta w ciągu życia osobnika na zasadzie jego życiowego doświadczenia. Odruch warunkowy jest wynikiem pracy kory mózgowej, podobnie jak odruch zwykły jest wynikiem pracy niższych ośrodków układu nerwowego. Dlatego też, wytwarzając sztucznie u zwierzęcia różne odruchy warunkowe i badając ich właściwości i wzajemne stosunki, dowiadujemy się o procesach, zachodzących w korze mózgowej.

Jest naszym głębokim przekonaniem, że na tej właśnie drodze badania wyższych czynności układu nerwowego nauka rozwiąże wkońcu nurtujące ją od wieków zagadnienia ludzkiej myśli i ludzkiego postępowania.

*J. K. i S. M.*

E. D. ADRIAN  
CZYNNOŚCI KOMÓREK NERWOWYCH  
\*  
SIR CHARLES SHERRINGTON  
MÓZG I JEGO MECHANIZM



E. D. ADRIAN

CZYNNOŚCI KOMÓREK NERWOWYCH \*

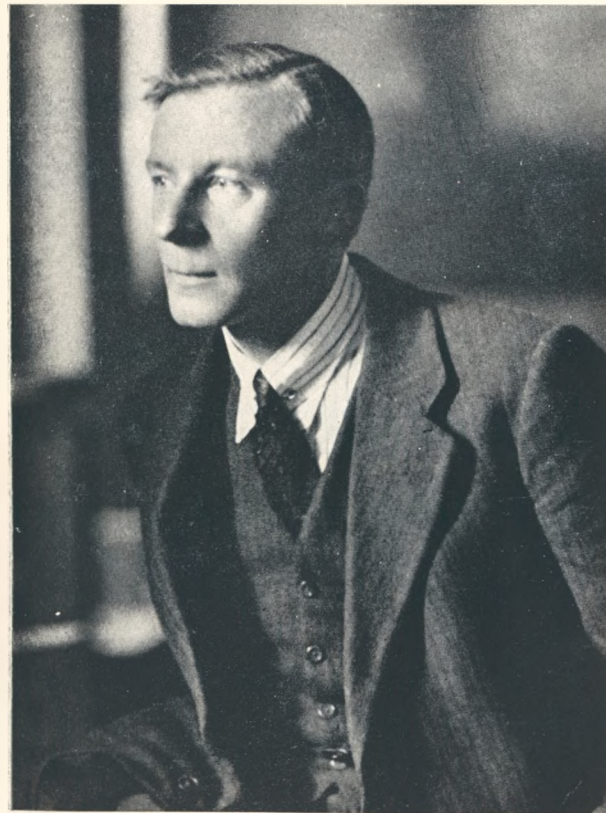
**O**DKĄD biolog stara się zrozumieć istotę życia, nikt nie ma prawa zarzucić mu braku odwagi. Lecz może on poczynić wielkie odkrycia, nie przybliżając się przez nie bezpośrednio do centralnego zagadnienia. Potrafi on dzisiaj obserwować rozwój żyjącej komórki i jej zachowanie się, potrafi śledzić wiele przemian fizycznych i chemicznych, które w niej zachodzą, i mógłby niewątpliwie więcej jeszcze zbadać, gdyby dostęp do komórki nie był tak utrudniony przez jej drobne wymiary. Bezpośrednie zagadnienia, które stawia sobie obecnie fizjolog, pozostają prawdopodobnie nadal dalekie od zagadnienia istoty życia. Może on np. pracować nad mechanizmami, które kierują czynnością układu naczyniowego, lub nad chemją fizyczną barwików krwi. Większość jednak fizjologów dąży do wyjaśnienia czynności organizmu żyjącego przez sprowadzenie ich do właściwości poszczególnych komórek. Uważają oni, że to jest właśnie prawidłowy kierunek badań, pomimo że czyn-

\* Odczyt wygłoszony dn. 8 września 1933 w Leicester na posiedzeniu Sekcji Fizjologicznej Towarzystwa Brytyjskiego.

ność pojedynczej komórki nie jest całkowicie znana. Powstaje pytanie, czy należy iść po tej samej drodze, gdy się ma do czynienia z czynnością układu nerwowego.

Od układu nerwowego zależy zachowanie się organizmu jako całości — istotnie, układ nerwowy stanowi o istnieniu organizmu. Żaba jest zabita, kiedy jej mózg i rdzeń uległy zniszczeniu; serce jej nadal bije, mięśnie mogą się nadal kurczyć, wszystkie komórki jej ciała, oprócz tych komórek mózgu i rdzenia, które zostały zniszczone, żyją nadal w pełni tak samo, jak dotąd, a jednak żaba jest martwa i pozostaje jedynie skupieniem żywych tkanek, nie posiadających tego, co je łączy w żywy organizm. Posiadamy możliwość objaśnienia tej integracyjnej czynności układu nerwowego, żeby użyć klasycznego wyrażenia Sherringtona, przy pomocy reakcyj, właściwych komórkom nerwowym. Jako fizjolog, możemy przynajmniej rozważyć takie stanowisko. Ale ludzki organizm posiada oprócz ciała również umysł. Byłoby najlepiej, idąc za Pawłowem, zobaczyć, jak daleko będziemy mogli dojść bez zwracania uwagi na zjawiska psychiczne. Jeżeli jednak przy pomocy reakcyj komórek nerwowych mamy objaśniać myśli tak samo, jak czyny, staniemy przed perspektywą zostania psychologami, a nawet metafizykami. Na szczęście ta ostateczność nam jeszcze nie grozi.

Układ nerwowy, t. j. mózg, rdzeń, oraz nerwy obwodowe, jest zbudowany z wielkiej ilości żywych komórek, które rosną, utrzymują się przy pomocy przemiany sub-



*E. D. Adrian*





stancji odżywczych i wykazują wszystkie złożone reakcje żywej protoplazmy. Już te wszystkie własności nastroczą dostateczną ilość zagadnień naukowych, ale nas obecnie interesują nie ogólne własności żywych komórek, lecz te z nich, które pozwalają komórkom układu nerwowego spełniać właściwe im czynności. Czynność komórek nerwowych sprawia, że organizm może szybko i skutecznie reagować na zmiany, zachodzące w jego otoczeniu. Dla osiągnięcia tego przyjęły one zróżnicowaną budowę i tworzą w ustroju złożoną organizację. Wysyłają one długie nici protoplazmy, które służą do szybkiego przewodzenia sygnałów, a w mózgu i rdzeniu łączą się między sobą przy pomocy rozgałęziających się połączeń (<sup>1</sup>).

#### *Rozwój układu nerwowego*

Prace nad rozplanowaniem owej sieci dróg rozpoczęły się przed wielu laty i były pierwszym krokiem na drodze analizy układu nerwowego. Bez tych prac nie mogłyby się dalej rozwijać badania w tej dziedzinie, a rezultaty ich są niezmiernie ważne dla neurologji. Obecnie jesteśmy świadkami nowego okresu zainteresowania się „geografją” ośrodkowego układu nerwowego, lecz zagadnienia stawia się inaczej, niż poprzednio. Nie chodzi teraz bowiem o to, jak są ułożone komórki nerwowe i ich włókna, tylko dlaczego układają się one tak, a nie inaczej. W swoim ostatnim wykładzie w Towarzystwie Królewskim, R. G. Harrison przypomniał, jak to on pierwszy wyhodował poza organizmem żywą komórkę



nerwową. Odkrycie to, dokonane przed 23 laty, znamionuje lepiej, niż jakiegokolwiek inne, nową epokę, ponieważ oprócz wprowadzenia metody hodowli tkanek, rozstrzygnęło ono długi i przykry spór o pochodzeniu włókien nerwowych. Obecnie embrjolodzy na larwach płazów przeprowadzają niezmiernie subtelne doświadczenia z przeszczepianiem tkanek. Wytwarzają oni w ten sposób zwierzęta, posiadające nadliczbowe kończyny, oczy, nosy, a nawet rdzenie kręgosłupowe. Rozwijający się układ nerwowy staje wobec tych niezwykłych kombinacji cielesnych; przez badanie zachodzących w nim w związku z tem zmian możemy wytworzyć sobie pewne pojęcie o czynnikach, określających jego normalną budowę.

Sprawozdanie, opublikowane tego lata przez Detweilera, daje nam żywy obraz plastyczności rozwoju układu nerwowego, jaką mogą mu nadać ręce eksperymentatora. Układ nerwowy przyjmuje nadliczbowe kończyny lub narządy zmysłowe, łączy je zapomocą włókien nerwowych z resztą organizmu i może rozwinąć dla nich nowe komórki nerwowe. Wydaje się, że siły, które kształtują układ nerwowy, pochodzą częściowo z głównego skupienia komórek nerwowych, częściowo zaś z poza tego układu. Siły te są prawdopodobnie natury chemicznej albo elektrycznej. Często włókna nerwowe rosną w określonym kierunku, gdyż przylegają mechanicznie do znajdujących się już poprzednio w danym miejscu tworów, np. do głównych tętnic na kończynach. Jest rzeczą nieprawdopodobną, aby znalazła się jakaś ogólna zasada

objaśniająca rozwój tak skomplikowanego urządzenia, jak układ nerwowy. Temniemniej faktem jest, że organ ten, zgodnie z wolą eksperymentatora, może ulegać głębokim przemianom. Jak się zdaje, szczegóły jego budowy zależą nietylko od własności poszczególnych komórek, ile od otaczających je wpływów reszty organizmu.

#### *Reakcje neuronów*

Nowe prace embrjologiczne, o których wyżej była mowa, potwierdzają wyniki dawniejsze, wykazując, że układ nerwowy jest utworzony z „neuronów”, t. j. komórek o nitkowatych wypustkach, oraz, że neurony te stanowią jedyne jego czynne elementy. Wszystkie te elementy są odlane według tej samej ogólnej formy, choć siły rozwojowe nadają im różne kształty. Do tego możemy obecnie dodać, że wszystkie neurony funkcjonują w zupełnie podobny sposób. Czynność ich pod pewnemi względami jest niezmiernie prosta. Jest ona zasadniczo rytmiczna i składa się ze zmieniających się szybko po sobie stanów spoczynku i czynności. Zmiany te zależą prawdopodobnie od szybkich procesów rozpadu i odbudowy, występujących na powierzchni. Tak przynajmniej przedstawia się czynność włókien nerwowych, których zadanie polega na przesyłaniu zleceń; ten sam rodzaj pulsującej czynności możemy wykryć w komórkach nerwowych mózgu.

Otrzymane rezultaty wynikają z badań nad drobnymi zmianami elektrycznymi; stan czynnościowy komórek

powoduje bowiem w otaczającym je płynie zakłócenia elektryczne, które z łatwością mogą być przez nas mierzone. Najwyraźniejsze wyniki dają nam włókna nerwów obwodowych, łączących ośrodkowy układ nerwowy z narządami zmysłowymi i mięśniami. Poszczególne włókna nerwowe są ze sobą powiązane w wiązki — pnie nerwowe. Każde włókno nerwowe stanowi niezależną drogę przewodzącą i, aczkolwiek w jednym sporym nerwie może przebiegać tysiąc takich dróg, nie jest rzeczą trudną zbadać, co się dzieje w każdej z nich, gdy przewodzi ona impulsy.

Zacznijmy od podniety zewnętrznej, działającej na narząd zmysłowy, t. j. na twór, którego istotną część stanowi zakończenie czuciowe włókna nerwowego. Zakończenie to zostaje pobudzone przez podniecie, chwiejna równowaga jego powierzchni ulega zakłóceniu i zaburzenie przenosi się wzdłuż włókna nerwowego. To przeniesienie jest procesem czynnym: zachodzi ono dzięki temu, że włókno nerwowe posiada zapas energii, gotowej wyzwolić się na dany sygnał i że zmiany, towarzyszące wyzwoleniu jej w jednym punkcie włókna, zakłócają równowagę w następnym punkcie i wywołują tam taki sam stan czynny. Analogją, która się tu przedewszystkiem nasuwa, będzie przenoszenie się płomienia wzdłuż zapalonego lontu. Jednak włókno nerwowe jest tak urządzone, że w każdym jego punkcie zaburzenie prawie natychmiast ustępuje. Przebiega ono przez włókno w postaci szybko przemijającej fali, zaś po tym krótkim im-

pulsie następuje zawsze krótka przerwa, służąca dla odpoczynku i odbudowy. Jeżeli narząd zmysłowy jest nadal drażniony przez podniecie, to przebiega przez włókno następny impuls i powtarza się to dopóty, dopóki podnieta jest skuteczna.

W danym włóknie nerwowym wszystkie impulsy są jednakowe co do wielkości, szybkości przebiegu i t. p., lecz częstość, z jaką się one powtarzają, zależy od siły działającej podniety. Częstość ta może w jednym i tym samym włóknie nerwowym wzrastać niekiedy do 300 lub opadać do 10 na sekundę. Wszystkie impulsy nerwowe posiadają powyższe cechy.

O ile zakończenia nerwowe w narządach zmysłowych są niezwykle wrażliwe na zmiany, zachodzące w ich otoczeniu, o tyle same drogi przewodzące, czyli włókna nerwowe, są na te zmiany bardzo mało czułe. Jedyną funkcją zakończeń polega na odgrywaniu roli cyngla dla wzniesienia impulsów, jedyną funkcją włókien jest przewodzenie tych impulsów bez żadnych zmian. Zakończenia i włókna nerwowe są dwiema zróżnicowanymi częściami neuronu o wyspecjalizowanych reakcjach. Jest jednak rzeczą godną uwagi, że reakcje te nie są wyłączną własnością układu nerwowego. Włókna mięśniowe, pochodzące z mezodermy<sup>(2)</sup> i wyspecjalizowane w kurczeniu się, również przewodzą impulsy, które różnią się od impulsów, przewodzonych przez włókna nerwowe, prawdopodobnie jedynie stosunkami czasowymi<sup>(3)</sup>. Działając na włókna mięśniowe roztworami różnych soli,



można uczynić, aby zachowywały się one podobnie do zakończeń czuciowych. Tak np. w roztworze soli kuchennej powstaje we włóknie mięśniowym pod wpływem rozciągania szereg impulsów, zupełnie tak, jakby się to działo w jakimś narzędziu zmysłowym, którego jedynym zadaniem jest spełnianie czynności „zmysłu rozciągania”. Włókno mięśniowe daje coprawda lichą kopję mechanizmu nerwowego, ponieważ reaguje ono „skokami” i czynność jego często zostaje uszkodzona<sup>(4)</sup>, jednak zasada mechanizmu jest tutaj zupełnie ta sama, co w nerwie.

Tak więc, jeżeli chodzi o czynności, polegające na szybkim przewodzeniu i wzniesieniu szeregów rytmicznych impulsów, nie możemy stwierdzić, aby komórki nerwowe posiadały jakiegokolwiek własności, których nie spotkalibyśmy w pewnym stopniu w innych tkankach.

Dotychczas rozważaliśmy jedynie, co się dzieje we włóknie nerwowym. Potrafimy chwycić nakazy, przebiegające wzdłuż przewodników między „linją frontową”, a „główną kwaterą”, lecz nie daje nam to żadnej wskazówki, jakiej przeróbce ulegają one w owej „głównej kwaterze”. Wiele danych z tej dziedziny otrzymano dotychczas przez analizę odruchów, której dokonywamy, wysyłając określone kombinacje bodźców i badając, które z tych bodźców dojdą do mięśni. Większość prac Sherringtona nad odruchami rdzeniowymi i Pawłowa nad korą mózgową, została właśnie w ten sposób wykonana. Ponieważ jednak wyniki ich są dobrze znane, po-

zwolę sobie przedstawić tutaj pewien nowy kierunek badań zupełnie innego rodzaju.

Metoda, o której będę mówił, opiera się na fakcie, że czynności nerwowej, zarówno w szarej substancji ośrodkowego układu nerwowego<sup>(5)</sup>, jak i w nerwach obwodowych, towarzyszą zmiany elektryczne. Stanowią one, jak się zdaje, czuły wskaźnik stanu czynnego, od którego zależą. Zapisywanie tych zmian pozwala nam o krok bliżej podejść do głównego zagadnienia. Największe trudności mamy z interpretacją otrzymanych zapisów. Tak np. w korze mózgowej, z wyjątkiem stanu głębokiego uspienia, stale występują bardzo duże oscylacje elektryczne. Jednak w każdym miejscu kory są one inne i zmieniają się co chwila — jedynie w sferze wzrokowej<sup>(6)</sup> podlegają w pewnym stopniu kontroli doświadczalnej. Tutaj bowiem mogą one zostać wywołane przez naświetlanie oka (Fischer, Kornmüller, Tönnies), albo drażnienie nerwu wzrokowego (Bartley i Bishop) i dlatego perspektywy analizy roszą tu większe nadzieje.

Narazie jednak najważniejszą cechą tych zapisów, otrzymanych z mózgu, jest kształt fal. Gdziekolwiek mamy do czynienia z działalnością komórek nerwowych, a więc zarówno w korze mózgowej, jak i w pniu mózgowym, lub w siatkówce oka, i bez względu na to, czy komórki te należą do kręgowca, czy też do owadu — ogólna postać fal będzie wszędzie jednakowa. Zamiast nagłych i ostrych wychyleń, otrzymywanych przy zapisach z włókna nerwowego, gdy przez nie przechodzi szereg



impulsów, zmiany potencjału w komórkach nerwowych są bardziej stopniowe i tworzą serję fal o łagodnym zarysie. W układach prostszych, w których większość neuronów działa zgodnie, fale te mogą posiadać rytm regularny (5 — 90 lub więcej na sekundę), który przyspiesza się lub zwalnia, gdy podnieta zmienia swoje napięcie. Uda się często uwidocznnić jednocześnie obydwa rodzaje wychyleń: nagłe, zależne od impulsów przebiegających we włóknach nerwowych i powolne fale komórek nerwowych, i wykazać w ten sposób, że występują one razem. W korze mózgowej uśpionego zwierzęcia wychylenia te są bardziej zmienne i bezładne. Fale pojawiają się tu zwykle w nieregularnych odstępach i różnią się od siebie siłą i trwaniem — niektóre z nich mogą się utrzymywać przez  $\frac{1}{2}$  sek., a nawet dłużej.

Wyrażenie „fale komórek nerwowych” nie jest zupełnie prawidłowe, gdyż fale te powstają prawdopodobnie nie w samym ciele komórkowym neuronu, lecz w rozgałęziających się dendrytach<sup>(7)</sup>. W każdym razie nie ulega wątpliwości, że odpowiadają one charakterystycznej czynności elementów, z których składa się substancja szara. Fale te świadczą o tem, że w omawianej części neuronu, tak samo, jak we włóknie nerwowem, występuje rytmiczny rozpad i odbudowa na powierzchni, z tą jedynie różnicą, że zmiany rozwijają się tutaj i ustępują w sposób o wiele mniej gwałtowny. Powierzchnia nie jest tu przystosowana do szybkiego przewodzenia; siły, które przywracają równowagę wypoczynkową są słab-

sze i istnieje większa skłonność do samoistnego rozpadu i do długich okresów nieprzerwanej czynności. Wiemy o tem, że czynność szarej substancji jest daleko bardziej wrażliwa na działanie zmian chemicznych, niż czynność włókna nerwowego, otoczonego pochwką tłuszczową i otoczkami z tkanki łącznej. Dlatego też wydaje się prawdopodobne, że zarówno zmiany chemiczne, jak i elektryczne mogą brać udział w przenoszeniu się stanu czynnego z jednego neuronu na drugi. W jaki sposób to przenoszenie się odbywa, nie jest jeszcze pewne, a jest to prawdopodobnie najważniejsze zagadnienie, które stoi przed nami.

Pomimo to mamy prawo powiedzieć, że znamy w ogólnych zarysach czynności neuronów. Nasz układ nerwowy jest utworzony z komórek o zróżnicowanej budowie i reakcjach, jednak reakcje tego typu spotykamy jeszcze w wielu innych komórkach organizmu. Rytmiczne bicie serca zależy przypuszczalnie od reakcyj powierzchniowych, niebardzo różniących się od reakcyj grupy komórek nerwowych, które powodują rytmiczne ruchy oddychania; czynniki zaś nerwowe i chemiczne, które regulują uderzenia serca, są prawdopodobnie niezmiernie zbliżone do czynników, kierujących wyładowaniem neuronu. Mamy tu do czynienia z pewnym zapasem energii, uzupełnianym stale przez przemianę materji komórki i uwalnianym okresowo przez zaburzenie powierzchniowe. Ładunek elektryczny punktu pobudzonego powoduje przenoszenie się zaburzenia na inne odcinki, jednak prę-

dziej czy później wchodzą w grę siły przywracające równowagę, błony wracają do normy i cały cykl może zostać powtórzony. Coprawda, nieprawidłowości zapisów otrzymanych z kory mózgowej są bardzo odległe od „mechanicznej” niemal precyzji wyładowania impulsu we włóknie nerwowym, jednak istnieje wiele wypadków pośrednich, które przerzucają most nad tą przepaścią.

#### *Układ nerwowy jako całość*

Dopóki mamy do czynienia z pojedynczymi neuronami, perspektywy, które się przed nami otwierają, są zachęcające. Trudności rozpoczynają się wówczas, gdy przechodzimy do pracy układu nerwowego, jako całości. Niektóre z reakcyj tego układu są na tyle proste, że można je sprowadzić do czynności grup neuronów, jednak wiele z nich wymyka się spod tego rodzaju tłumaczenia. Być może, zachęcające jest to, że największe trudności dotyczą dopiero reakcyj zależnych od kory mózgowej, gdy są one powikłane takimi zjawiskami, jak uczenie się lub zapamiętywanie, albo, jeżeli kto woli, tworzenie się nawyków lub czynność odruchowo-warunkowa. Trudności te zostały jasno przedstawione przez Lashley'a<sup>(8)</sup>. Większość z nich może być wyrażona przy pomocy prostej tezy, głoszącej bankructwo modeli anatomicznych układu nerwowego. Bunt przeciwko modelowi anatomicznemu rósł od wielu lat, chociaż można wątpić, czy nawet jego twórcy wierzyli weń tak bardzo, jak to przypisują im ich krytycy. Model taki, przedstawiający oś-

rodki nerwowe i szlaki przewodzące, był dość cenny, gdy dawał nam pojęcie o anatomicznej strukturze układu nerwowego, nie miał natomiast wielkiej wartości, gdy, jak to się często zdarzało, podawał hypotetyczne ośrodki i drogi, wytworzone przez użycie. Zresztą i takie schematy mogłyby istnieć, ale należy pamiętać, że nie stanowią one całkowitego wyjaśnienia czynności kory mózgowej.

Neurologji klinicznej można poniekąd zarzucić, iż kładła ona zbyt wielki nacisk na ścisłą lokalizację czynności w korze mózgowej. Neurolog musi umiejscawiać guzy mózgowe, analizując zaburzenia, które one wywołują. Z tego względu przyjmuje on chętnie najślaby nawet dowód lokalizacji czynności w korze i uważa, że model anatomiczny posiada znaczenie dla związania z nim otrzymanych obserwacyj. Niewątpliwie istnieją ściśle określone drogi przewodzące, wyraźne różnice w budowie komórek oraz czynności, zlokalizowane w różnych częściach mózgu. Jako jeden z najnowszych przyczynków, potwierdzających tę tezę, posiadamy ostatnią pracę Foerster'a nad drażnieniem elektrycznym kory mózgowej człowieka. Autor ten przekonał się, że pobudzenie płata skroniowego może wywołać w świadomości pojawienie się dźwięków i słów, podczas gdy pobudzenie płata potylicznego powoduje wrażenia świetlne i obrazy wzrokowe. Bard, przez swoje obserwacje, poczynione nad niektórymi reakcjami zachowywania prawidłowej postawy u kota, dał inny jeszcze godny uwagi przykład ścisłej lokalizacji korowej. Reakcje te, jak się okazało,



zależą od pewnego ograniczonego obszaru płata czołowego, bowiem pozostają one bez zmian, jeżeli uszkodzić inne części mózgu, natomiast znikają na stałe, gdy ta okolica czołowa ulega zniszczeniu. Obecnie istnieje raczej niebezpieczeństwo, że moglibyśmy zbyt mało udzielić uwagi tego rodzaju faktom; temniemniej prawdą jest, że lokalizacja dotyczy raczej pewnych obszarów mózgu, niż poszczególnych neuronów. Wskazują na to badania nad tworzeniem się nawyków oraz godne uwagi zjawiska przystosowania się układu nerwowego do uszkodzeń.

Często zwracano uwagę na to, że uczymy się rozpoznawać pewne kształty (np. litery alfabetu) niezależnie od tego, jak są one nam pokazane. Nie jest konieczne, żeby zespół plam czarnych i białych, który litera A tworzy na siatkówce naszego oka, padał na ten sam zbiór zakończeń czuciowych siatkówki, połączonych z określonymi neuronami korowymi; nauczyliśmy się raczej rozpoznawać pewien stosunek linii i kątów, pewien wzór czynności, zachodzących w korze, aniżeli czynności określonych punktów. Ten rodzaj reakcji nie odnosi się wcale do wyższych czynności intelektualnych; Lashley znalazł go u szczurów, psychologowie zaś, zwolennicy teorii postaci (Gestalt) (<sup>9</sup>), wskazywali na przykłady, dotyczące rozmaitych zwierząt. Tworzenie ruchowych nawyków odbywa się również z pominięciem specyficznych neuronów, ponieważ, jeżeliśmy się raz nauczyli pisać literę A prawą ręką, to możemy czynić pomyślnie próby pisania tej litery przy pomocy każdej grupy mięśni, zdolnej kierować ołówkiem.

Przystosowanie do uszkodzeń przedstawia inną stronę tej samej sprawy. Owad, który stracił nogę, kompensując stratę, zmienia odrazu swój sposób chodzenia. Może to pociągnąć za sobą całkowitą zmianę normalnej metody posuwania się; kończyny, które dotychczas poruszały się naprzemian, mogą się teraz poruszać jednocześnie. Czynności układu nerwowego zmierzają do określonego celu, którym jest posuwanie się zwierzęcia naprzód i zwierzę używa wszelkich środków, jakie ma do dyspozycji, nie będąc skrępowane przez poszczególne drogi nerwowe.

Uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego dostarczają nam więcej danych, dotyczących zlokalizowania czynności, jednak okazuje się, że lokalizacja może ulegać zmianie. Wytwarzanie się pewnych nawyków wzrokowych zachodzi u szczura przy pomocy kory płatu potylicznego. Gdy zniszczyć ten płat, nawyk zanika, lecz można go wytworzyć ponownie, w takim samym czasie, jak poprzednio, przytem czynność tę przejmą wówczas na siebie te części mózgu, które nie uległy zniszczeniu. Ramię małpy ulegnie porażeniu, jeżeli zostanie zniszczona odpowiednia okolica korowej sfery motorycznej (<sup>10</sup>), jednak porażenie to wkrótce przemija, pomimo, że regeneracja sfery motorycznej nie następuje. W zjawiskach tych godny podkreślenia jest fakt, że przywróceniu owych utraconych czynności nie towarzyszy w mózgu rozwój jakiejś nowej sfery wzrokowej, czy też motorycznej. Pomimo, że czynności te



pierwotnie były zlokalizowane, ponownie już nie znajdujemy takich części kory, od których miałyby one wyłącznie zależeć.

Jeżeli chodzi o te reakcje, które nie posiadają określonej lokalizacji, (np. uczenie się nawyku przebiegania labiryntu u szczurów) <sup>(11)</sup> Lashley wykazał, że najważniejszą rolę przy ich wykonywaniu odgrywa ogólna masa kory, nie zaś obecność poszczególnych jej okolic. Skutki uszkodzenia kory zależą od rozmiarów zniszczonego obszaru, a nie od jego położenia. Zależą one również od ilości zniszczonej substancji szarej (komórek nerwowych i dendrytów), nie zaś od przerwania połączeń pomiędzy różnymi częściami kory. Tak więc fakt, że mózg posiada zdolność tworzenia nowych połączeń i, w ogólności, kierowania zachowaniem się zwierzęcia, zależy przede wszystkim od całkowitej powierzchni, pokrytej przez korowe komórki nerwowe i wplecione w nie dendryty. Przy niektórych reakcjach zdolność ta zależy w pewnym stopniu od układu dróg przewodzących, jednak układ ten nie posiada istotnego znaczenia. Lokalizacja czynności jest bardziej zaznaczona w dużym mózgu człowieka, niż w nader małym mózgu szczura, gdyż poszczególne okolice kory mogą być zupełnie równoważne, kiedy są od siebie odległe o 5 mm, a przestaną nimi być, gdy są odległe o 100 mm. Jednak niezależnie od tej różnicy w skali, jest rzeczą prawdopodobną, że kora mózgowa człowieka wykazuje tę samą zależność efektu od masy i tę samą plastyczność czynności.

Powstaje teraz pytanie, w jaki sposób łączą się ze sobą poszczególne neurony, aby wytworzyć układ, który może rozpoznawać trójkąt, lub kierować ruchami organizmu z takim lekceważeniem szczegółowych warunków anatomicznych. Jeżeli poszczególne neurony albo drogi nerwowe nie są „nastrojone” na „trójkątność”, to w jaki sposób może na nią być nastrojona cała masa kory mózgowej i dlaczego miałyby być to nastrojeń bardziej dokładne, gdy masa ta jest większa? Dane nasze mogą być błędne i zależność efektu od masy może okazać się złudzeniem, jednak obecnie dowody, które przemawiają na korzyść istnienia tej zależności, są dostatecznie ważne, aby ją traktować na serio. Chociaż sprawa dziś jeszcze nie jest rozwiązana, nie mogę uwierzyć, aby w przyszłości nie znalazło się jej rozwiązanie, i to rozwiązanie, któreby nie miało potrzeby wykraczać poza koncepcje fizjologiczne. Byłoby możliwe np. przekonać się, jaka ilość neuronów musi być ze sobą połączona i jak taki układ powinien się przedstawiać pod względem swej budowy, aby mógł on reagować w wyżej podany sposób. Układy nerwowe owadów mogłyby dostarczyć pewnych poszlak w tej sprawie, gdyż zawierają wszystkiego kilka tysięcy komórek, wobec dziesięciu miliardów komórek w mózgu człowieka. Można również badać reakcje oddzielnych części ośrodkowego układu nerwowego i obserwować, w jakiej mierze zachowanie się ich może być sprowadzone do czynności jednostek, z których się one składają. Pod tym względem ciekawy przykład stanowi siat-

kówka oka, która składa się z komórek nerwowych i połączeń dendrytowych i wykazuje częściowo reakcje, których należy się spodziewać od mozaiki zakończeń czuciowych, częściowo zaś reakcje, zależne od współpracy pomiędzy różnymi neuronami.

Jednak, nawet teraz, możemy sobie stworzyć pewną koncepcję, wyjaśniającą w jaki sposób szara substancja może wykonywać swą czynność jako całość. W korze mózgowej i wogóle w szarej substancji oscylacje elektryczne powstają często dzięki temu, że wielka ilość jednostek pulsuje zgodnie. Niekiedy istnieje kilka rytmów, współzawodniczących ze sobą, niekiedy zaś zbiorowa ich czynność rozpada się zupełnie, aby od czasu do czasu pojawić się na nowo, gdy pewne części układu nerwowego zostają pobudzone do silniejszej czynności. Gdy takie zbiorowe rytmy pojawiają się, neurony funkcjonują wówczas jakgdyby tworzyły jedną całość. Niema potrzeby uważać, że dendryty tworzą między sobą siatkę ciągłą, gdyż czynniki natury elektrycznej zupełnie dobrze mogą przerzucać między nimi mosty. W każdym razie tworzą one układ, w którym czynności są przenoszone mniej lub więcej swobodnie we wszystkich kierunkach. Schemat czynności takiego układu byłby podobny do rozchodzenia się fal po powierzchni stawu, z tą jednak różnicą, że oprócz fal, powstających pod wpływem padających bodźców, mogłyby się pewne fale pojawiać samoistnie. Figury interferencyjne i węzły falowania miałyby tutaj najważniejsze znaczenie. Dałyby one przynaj-

mniej podstawy dla zrozumienia takich stosunków, jak „trójkątność”, albo „czworokątność”, przy których nie potrzebują być pobudzone specyficzne punkty kory mózgowej. Figury te mogłyby się tworzyć z mniejszemi zakłóceniami w dużym stawie, niż w małym.

Powyższe rozważania nie prowadzą nas jednak zbyt daleko: w gruncie rzeczy najważniejsze zagadnienia ośrodkowego układu nerwowego pozostają obecnie w większym mroku, niż kiedykolwiek. Ale każdy, kto badał nieustannie pulsacje elektryczne, wyczuwa, że dostarczają one nowych danych i mogą rzucić nowe światło na czynność mózgu. Fakty wciąż jeszcze są zbyt niepewne, aby były godne bardziej szczegółowego traktowania. Ale gromadzą się one szybko i różne linje badań wydają się zmierzać w jednym i tym samym kierunku. Jak na dzisiaj wystarczy, że potrafimy postawić nasze zagadnienie, które sprowadza się do tego, w jaki sposób poszczególne neurony zostają zorganizowane w układ nerwowy. Jest to jeszcze zagadnienie fizjologiczne i mam nadzieję, że będzie ono rozwiązane przez fizjologa. Jeżeli okaże się to niemożliwe, będzie w najwyższym stopniu ciekawe zobaczyć, w którym miejscu nastąpi załamane; jeżeli zaś rozwiązanie to nastąpi, będzie jeszcze bardziej ciekawe dowiedzieć się, jakie światło rzuci ono na stosunek układu nerwowego do psychiki.



SIR CHARLES SHERRINGTON

MÓZG I JEGO MECHANIZM\*

**P**OZWOLE sobie przede wszystkim złożyć Uniwersytetowi synowskiemu podziękowanie za to, że zaproszono mnie do wygłoszenia tego wykładu; jest to przywilej, uświęcony przez tradycję, a dla mnie wielki zaszczyt.

Jako biolog, chciałbym dzisiaj zająć na chwilę uwagę Państwa kwestjami biologicznymi. Dla biologa mózg jest wciąż jeszcze, z jednej strony, określonym kształtem, z drugiej zaś strony, pewnym szeregiem czynności i niemal do rozpaczki doprowadzić nas może okoliczność, że w wielu przypadkach nic nie wiemy o wzajemnych stosunkach między tym kształtem, a owymi czynnościami. Tam, gdzie czynność nie ma charakteru czysto mechanicznego, kształt sam przez się mało przyczynia się do jej poznania. Gdyby przed trzystu laty któryś z przyrządów, używanych obecnie w fizyce do badań nad atomami, spadł nieuszkodzony z jakiejś innej planety do Cambridge, owej świątyni fizyki, czy moglibyśmy powiedzieć,

\* Odczyt wygłoszony w Cambridge dn. 5 grudnia 1933.

że jego przedwczesne przyjście przyspieszyłoby powstanie nowoczesnej fizyki atomowej?

Mózg jest układem materjalnym, działającym wewnątrz innego układu — zwierzęcia, układu, przystosowanego przede wszystkim do działania sił mechanicznych. Dzięki badaniom Darwina, rośliny i zwierzęta stały się dla nas prawdziwymi dokumentami, gdyż w kolejnych ich kształtach jest wypisana ich historia. W ten sposób ujęta historia kształtowania się mózgu wewnątrz ustroju wykazuje, że jest on częścią początkowo jednolitego organu nerwowego, którego główną funkcją było pierwotnie kierowanie mięśniami, nazywanymi często jeszcze obecnie mięśniami stosunków zewnętrznych. Krótko mówiąc, mózg jest głównym mechanizmem, regulującym te wszystkie czynności i pozycje ciała, które obserwator ujmuje, jako zachowanie się zwierzęcia.

Wewnątrz ciała zwierzęcia znajduje się mózg. Wynikiem jego czynności jest rozszerzenie wpływu, jaki wywiera zwierzę na otaczający je świat, jak również, rozszerzenie oddziaływania świata zewnętrznego na organizm zwierzęcy. Rozwinąwszy się wraz ze zwierzęciem, mózg jest dostosowany do jego mechanizmu ruchowego, jak klucz do zamku. „Kto jednak przekręca ten klucz?” Oto pytanie, które nasuwa się każdemu myślącemu człowiekowi.

Zamek i klucz stanowią mechanizm i, gdyby przedmiotem naszych rozważań był nie mózg, lecz mięśnie, które pracują pod jego wpływem, moglibyśmy spróbować



określić działanie tych mięśni zapomocą bilansu energii, tak samo jak uczynilibyśmy to z maszyną dynamo-elektryczną, albo z transformatorem. Tyle energii dostarczonej w takiej a takiej postaci i tyle energii zużytej w innej postaci. Wydajność mogłaby być obliczona i porównana z wydajnością innych maszyn. Nic podobnego nie jest jeszcze możliwe w wypadku, gdy chodzi o mózg, i jesteśmy dotychczas tak dalecy od tego, że powstaje pytanie, czy da się to wogóle kiedyś urzeczywistnić.

Jeżeli jednak weźmiemy pod uwagę tylko pierwotną funkcję mózgu — kierowanie mięśniami, możemy w niej dostrzec, aczkolwiek z wielkimi lukami, coś z mechanizmu. Mięśnie znajdują się poza sferą naszych zagadnień, gdyż są one tylko biernymi narzędziami, kierowanymi przez nerwy i mózg; od tych ostatnich narządów zależy wyłącznie cała precyzja, różnorodność i subtelność zachowania się ruchowego zwierząt. Lecz nerwy i mózg są ze swej strony jakgdyby pasmem prochu zręcznie ułożonym między mięśniami, a wciąż zmieniającym się światem zewnętrznym w ten sposób, że zapalone przez świat zewnętrzny, zapalają skolei mięśnie. Na zadane poprzednio pytanie: „kto przekręca klucz?” mamy teraz gotową odpowiedź: świat zewnętrzny.

Jest rzeczą powszechnie znaną, w jaki sposób ciągle zmieniające się warunki zewnętrzne oddziałują na układ nerwowy. Nerwy posiadają specjalne czułki, wysunięte na powierzchnię ciała i zaopatrzone w zakończenia odbiorcze: wzrokowe, słuchowe, dotykowe i t. d.

Ich wybiórczość nie rości sobie praw do takiej analizy świata, jaką daje fizyka i chemja. Ich ocena świata polega na odróżnianiu tego, co jest pożyteczne dla zwierzęcia, od tego, co jest dla niego szkodliwe. Czynności ruchowe, wywołane w tych dwóch wypadkach, są zwyczaj biegunowo przeciwne. Np., zwierzę cofa kończynę pod wpływem czynników szkodliwych, natomiast wysuwa ją naprzód ku czynnikom pożytecznym. Świat zewnętrzny nie tylko przekręca klucz, lecz także decyduje, w którą stronę ma on być przekręcony: czy ma zamknąć zamek, czy też go otworzyć.

Coprawda, pewne czynności ruchowe, bardzo ważne dla zwierzęcia, lecz odgrywające stosunkowo małą rolę w zachowaniu, są kierowane przez działalność nerwową, zrodzoną nie pod wpływem świata zewnętrznego, lecz przez sam mózg. Z drugiej strony, pewne stacje odbiorcze, nie będąc bezpośrednio otwarte na świat zewnętrzny, lecz ukryte w głębi organizmu, reagują na zjawiska cielesne i przyjmują również udział w wywoływaniu czynności mózgu. Najważniejszym jednak czynnikiem, kierującym mózgiem, są oddziałujące na zwierzę warunki zewnętrzne.

Powstaje pytanie, w jaki sposób ograniczona ilość bodźców świata zewnętrznego, działających za pośrednictwem nerwów i mózgu na mięśnie, może stać się przyczyną powstania tysięcy precyzyjnych aktów zachowania się zwierzęcia. Aparat ruchowy składa się zasadniczo z wielkiej ilości drobnych jednostek ruchowych, któ-

re mogą być wprawiane w stan czynny bądź pojedynczo, bądź też w najrozmaitszych kombinacjach. Każda taka jednostka posiada jedno włókno nerwowe, które wychodzi z obszernej sieci nerwowej<sup>(12)</sup>. W punktach węzłowych tej sieci występują dwa rodzaje procesów nerwowych: jeden wywołuje pobudzenie włókna nerwowego i, co za tem idzie, jednostki ruchowej, drugi przeszkadza temu pobudzeniu i nie dopuszcza do jego powstania. Na każde włókno nerwowe może wpływać oddzielnie każdy z tych dwóch przeciwnych sobie procesów; działając łącznie, zobojętniają się one ilościowo. Różnorodność i precyzja czynności ruchowych zwierzęcia zawdzięcza swoje istnienie głównie połączonym wpływom tych dwóch procesów na jednostki układu ruchowego. Sieć nerwowa mózgu, nadbudowana nad innymi sieciami nerwowymi i uzupełniająca je, za ich pośrednictwem sprawuje władzę o największej precyzji i rozległości nad całym zespołem jednostek ruchowych. U tych zwierząt, u których owa sieć mózgowa jest bardzo rozległa, zachowanie ruchowe odznacza się wielką różnorodnością i dokładnością, lecz nie jest ono niczem zasadniczo odmiennem od zwykłej działalności odruchowej.

Może się wydawać, że zbyt wiele uwagi poświęcam znaczeniu mózgu dla działalności mięśniowej. Znaczenie to jednak bynajmniej nie jest przezemnie wyolbrzymione, jeżeli się zważy, że każda droga, którą możemy prześledzić w mózgu, prowadzi bądź pośrednio, bądź bezpośrednio do mięśni. Możemy przyrównać mózg do traktu,

przez który przechodzą procesy nerwowe w drodze do układu ruchowego zwierzęcia. Istniało powiedzenie, że celem życia nie jest myśl, lecz czyn. Dzisiaj powiedzenie to musi ulec zmianie, gdyż często powstrzymanie się od czynu jest czynem w niemniejszym stopniu, niż wykonanie go, albowiem hamowanie jest taką samą działalnością nerwową, jak pobudzanie.

Po przedstawieniu ogólnego schematu mechanizmu odruchowego, obowiązkiem moim jest wymienić niektóre z procesów, działających w tym mechanizmie. Przedewszystkiem mamy tu do czynienia z wędrującymi sygnałami, które, przebiegając wzdłuż włókien nerwowych, utrzymują łączność zarówno między poszczególnymi punktami węzłowymi, jak i między różnymi sieciami nerwowymi. Każdy sygnał wytwarza w swym biegu nieznaczący prąd elektryczny, który rozchodzi się wzdłuż włókna nerwowego. Profesorowi Adrian'owi udało się w niezliczonych doświadczeniach uczynić taki prąd widocznym i słyszalnym, nawet w pojedynczym włóknie. Gdy działalność nerwowa wzmagą się, sygnały nie ulegają powiększeniu, lecz jedynie wzrasta ich częstość, powiedzmy do 300 razy na sekundę. Taki wędrujący sygnał pozostaje, praktycznie rzecz biorąc, zawsze tem samym zjawiskiem niezależnie od tego, po jakich włóknach on przebiega, w którym punkcie układu nerwowego powstaje, w oku, w skórze, w uchu, czy też wewnątrz mózgu i dokąd zmierza; żadne cechy jego zewnętrznego wyglądu nie wskazują nam na to,



czy jest on sygnałem pobudzającym, czy hamującym. Sygnał jest krótkotrwałą, miejscową depolaryzacją spolaryzowanej warstwy powierzchniowej włókna nerwowego<sup>(13)</sup>; wywołuje on wyzwolenie energii i powstanie przemijającego prądu elektrycznego, który biegnie wzdłuż włókna, lub poprzez sieć nerwową. Dzięki repolaryzacji, która następuje bezpośrednio po sygnale, powierzchnia przewodząca zostaje naprawiona i przygotowana do następnego sygnału. Podtrzymywanie błony w stanie polaryzacji jest procesem czynnym i pociąga za sobą wydatek energii. W niektórych częściach mózgu to podtrzymywanie warstwy przewodzącej w stanie polaryzacji nie jest ciągle, lecz rytmiczne. W takich miejscach okresowo powstają szeregi sygnałów. Wynika stąd, że sygnalizacja w mózgu nie jest całkowicie określona przez wpływy świata zewnętrznego, co ostrzega nas przed przypuszczeniem, że wszelka sygnalizacja w mózgu daje się sprowadzić do zasady odruchu.

Sieci nerwowe stanowią swojego rodzaju haft, wykonany z włókien nerwowych. Przykładem takiego olbrzymiego haftu jest mózg ludzki, zawierający ogromną ilość określonych dróg i punktów łączności. Docierając do tych ostatnich, sygnał waha się jakgdyby i, zanim przejdzie dalej, wywołuje w nich pewien lokalny stan, który może się bądź stopniować i nagromadzać, bądź też ulegać osłabieniu i zanikać. W punktach łączności zbiegają się często linje z rozmaitych stron; sygnały, zdążające po różnych linjach, docierając tam, mogą się

zlewać ze sobą i wzajemnie wzmacniać swą siłę pobudzającą.

W takich punktach łączności pojawia się także proces, który zamiast wywołać pobudzenie, tłumi je i hamuje. To hamowanie, tak samo jak proces przeciwny — pobudzenie, nie może wędrować. Jest ono natomiast spowodowane przez wędrujące sygnały, niczem nie różniące się od sygnałów wywołujących pobudzenie. Jednak, sygnały wywołujące pobudzenie i sygnały wywołujące hamowanie nigdy nie przybywają do punktu węzłowego po tej samej drodze i nigdy nie mają dróg wspólnych.

Musimy przyznać, że o hamowaniu wiemy tylko tyle, iż jest to proces przeciwny w stosunku do pobudzenia. Dwa te procesy są w stosunku do siebie ilościowo antagonistyczne. Każdy z nich może być stopniowo neutralizowany przez odpowiednie dawkowanie drugiego. Hamowanie polega prawdopodobnie na chwilowym „ustabilizowaniu” błony w punkcie węzłowym<sup>(14)</sup>, który odgrywa rolę stacji przełączania. To hamowanie, wytworzone przez sygnał, przychodzący do punktu węzłowego, szybko zanika; dla jego utrzymania potrzebny jest szereg sygnałów. Póki trwa hamowanie, punkt węzłowy jest bądź zupełnie zablokowany, bądź też przewodzi sygnały bardzo powoli.

Te dwa przeciwne sobie procesy — pobudzenie i hamowanie — współpracują ze sobą w kolejnych punktach węzłowych obwodu nerwowego. Ich łączne dzia-



lanie ustala w każdej chwili, po jakich drogach będą przewożone sygnały, przechodzące przez mózg i, co za tem idzie, jaki będzie ich efekt ruchowy.

W krótkim zarysie trudno dać pojęcie o tem, do jakiej doskonałości może dojść w swych funkcjach mechanizm odruchowy. Siła, szybkość, kierunek i stałość czynności ruchowych osiągają tu taką precyzję, że trzeba je zobaczyć, aby w nie uwierzyć. Prócz tego, efekty tych czynności, z wyjątkiem najprostszych odruchów, odznaczają się wielką plastycznością. Pod wpływem nieznacznej różnicy w bodźcu, zamiast danego efektu, występuje inny, dostosowany do nowego bodźca. Co więcej, ten sam bodziec może w różnych okolicznościach wywołać zupełnie inne wyniki, często wprost sobie przeciwne. Bodziec odruchowy, który raz wywołuje wyprostowanie kończyny, innym razem może spowodować jej zgięcie. Analizując takie odwrócenie się reakcyj, widzimy, że dają się one wytłómaczyć przez różne stosunki między „ładunkami” pobudzenia i hamowania w sieciach nerwowych. Zależy to od bodźców poprzedzających, które zmieniają na pewien czas stosunek hamowania do pobudzenia. Sam bodziec zewnętrzny jest zawsze mieszaniną elementów pobudzających i hamujących. Świat zewnętrzny, za pośrednictwem pewnych stacyj odbiorczych, wytwarza zawsze hamowanie w jednych sieciach nerwowych, a pobudzenie w innych. Pewne substancje farmakologiczne mogą w przeciągu jednej sekundy całkowicie odwrócić odruch przez przesu-

nięcie równowagi między hamowaniem, a pobudzaniem w jakiejś sąsiedniej sieci nerwowej. Trochę więcej lub trochę mniej hamowania, czy też pobudzenia w jakiejś sieci nerwowej może sprawić, że forma odruchu zmieni się, jak figura w poruszonym kalejdoskopie.

W tym całym precyzyjnym i plastycznym mechanizmie nerwowym, który kieruje zachowaniem ruchowym świata zwierzęcego, mózg bierze udział wraz z resztą układu nerwowego. Lecz rola mózgu jest dominująca. Zadaniem mózgu jest zarządzanie systemem ruchowym zwierzęcia jako jednolitą całością, a czynność tę sprawuje on w znacznie większym zakresie, niż inne części układu nerwowego; mózg zapoczątkowuje znacznie więcej czynności, niż to powinno przypadać mu w udziale, sprawuje on również swego rodzaju cenzurę czynów: działalność odruchowa jest bardziej różnorodna, gdy mózg jest uspiiony<sup>(15)</sup>. To stosunkowo wielkie znaczenie mózgu jest częściowo wynikiem silnie rozwiniętej sygnalizacji, jaka się w nim odbywa. Jest on wielkiem polem, w którym zbiegają się sygnały. Mózg został zbudowany ponad stacjami odbiorczymi o osobliwej działalności<sup>(16)</sup> i znajduje się w części ciała wysuniętej zazwyczaj stale ku przodowi podczas lokomocji. Ta „prowadząca” część ciała zwierzęcia — głowa — posiada stacje odbiorcze, chwytające sygnały od przedmiotów z odległości, t. j. przedmiotów, które zwierzę napotka w najbliższej przyszłości przy posuwaniu się naprzód. Najbliższa przyszłość zwierzęcia stanowi jakgdyby po-

włokę, otaczającą jego głowę. Sieci nerwowe, znajdujące się w głowie, mają do czynienia z sygnałami idącymi od tej „powłoki” świata zewnętrznego, z którym zwierzę dopiero ma wejść w bezpośredni kontakt. Mózg powstał więc w miejscu, gdzie sygnalizacja jest najintensywniejsza i w największym stopniu obciążona pierwiastkami przyszłości. To też nie trzeba się dziwić, że mózg odgrywa tak wielką rolę w zarządzaniu ruchami mięśni. Wraz z postępem ewolucji, władza układu nerwowego nad mięśniami przekształca się we władzę jednych nerwów nad drugimi, przyczem najwyższe kierownictwo posiada mózg. Mimo, iż aparat mięśniowy nie ulega zmianie, ilość nerwów kierujących mięśniami staje się coraz większa; wydaje się, że każde nowe nawarstwienie układu nerwowego pociąga za sobą dalsze nawarstwienia. Nowe organizacje przykrywają nakszałt dachu poprzednie. Przykładem tego jest mózg. „Tak to doskonałość za doskonałością następuje nam na pięty.” Gdyby to był Urząd Państwowy, moglibyśmy traktować z nieufnością ten przerost organizacji. Nasz mózg jest tworem doskonałym, zaś nasze wyposażenie w mięśnie pozostaje nadal umiarkowane.

Przypuszczam, że wiemy na tyle o układzie nerwowym i historii jego rozwoju, ażeby odtworzyć sobie w czasie geologicznym okres, trwający przez całe wieki, który możnaby nazwać erą najprostszych odruchów, ponieważ bardziej złożone zachowanie wówczas nie istniało. Po nim następują długotrwałe okresy coraz to bardziej

złożonych odruchów. Jednak poprzez te wszystkie okresy nie powstaje na ziemi jeszcze nic takiego, co byłoby zbliżone do inteligencji. Życie zwierzęce pozornie różni się od życia roślinnego tylko tem, że zwierzęta posiadają zdolność ruchu i obdarzone są w tym celu układem nerwowym. Spoglądając jaknajdalej wstecz na ten świat odruchów, na jego rozległość i jego sukcesy, nie możemy się oprzeć niesamowitemu wrażeniu. Zwierzęta żyjące w wodzie, na lądzie i w powietrzu, zwierzęta drapieżne i towarzyskie, zwierzęta, które polują i zwierzęta, które się stają łupem polowania; udane porwania i udane ucieczki—wszędzie tu działają wspaniałe maszyny, wykonywujące odpowiednie czynności właśnie w odpowiedniej chwili. Moznaby je przyrównać do pszczoły Maeterlincka w gigantycznej, miljonowej skali, gdyż niektóre podstawowe funkcje zachowania się ruchowego świata zwierzęcego istniały już wtedy i posiadały zadziwiającą dokładność; np., powszechne poczucie siły ciężenia, polegające na tem, że stworzenia pływające, czołgające się, czy też fruujące, znajdowały się zawsze w równowadze. Następnie, w zachowaniu się pewnej nielicznej garstki zwierząt, pozornie nie wyróżniających się żadnymi szczególnymi właściwościami, pojawiły się pewne nowe elementy. I wreszcie, przed około 80.000 lat, jak-gdyby zaledwie wczoraj, powstaje nowy przedmiot — narzędzie, nie będące coprawda jeszcze precyzyjnym zegarkiem, lecz kamieniem, któremu ludzka ręka nadała odpowiednie do użytku kształty. Powstaje także



nowy dźwięk zwierzęcy: są to głosy ludzi, rozmawiających ze sobą.

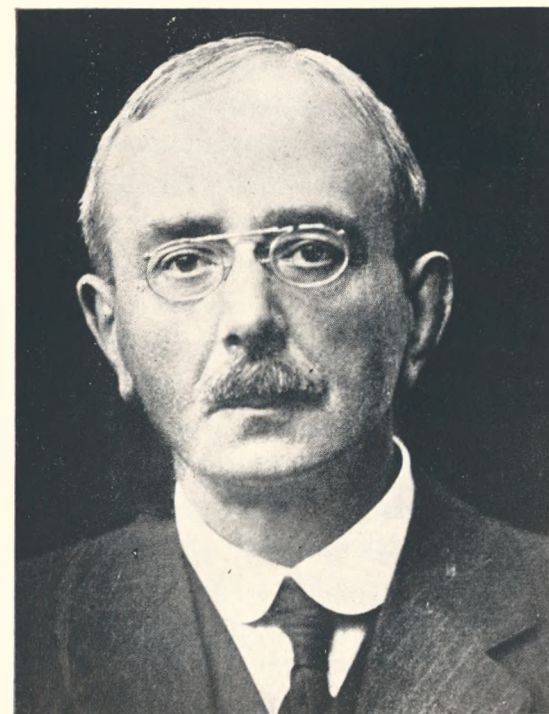
Jednocześnie mózg staje się tworem doskonałym! Czyż pierwotna sygnalizacja, mająca na celu obsługę mięśni, rozszerzyła zakres swego działania? Część naszego mózgu jest w historii ziemi tworem nowym, pochodzącym zaledwie od wczoraj, jest późnym przybyśmem, nawet w naszym późno powstałym rodzie. Już znacznie wcześniej mózg posiadał te kilka wielkich stacyj odbiorczych, które posiada, i z których każda sygnalizuje pewien zakres zjawisk. Lecz mózg pierwotny, chociaż chwycił te kilka grup sygnałów, nie kojarzył ich należycie. Dopiero ogromny rozrost mózgu, który potem nastąpił, stworzył olbrzymi mechanizm, służący właśnie do kojarzenia tych sygnałów. Sygnały, pochodzące z różnych źródeł spotykają się i wzajemnie na siebie wpływają; wywołane przez nie procesy pobudzenia i hamowania mogą się spotykać i oddziaływać na siebie wzajemnie w tej nowej wielkiej warstwie mózgowej. Wydaje się, że nowa ta warstwa różni się od innych sieci mózgowych jedynie swą skomplikowaną budową. Jednak sygnalizacja, która w niej zachodzi, wywołuje coś więcej, niż w innych sieciach. Może ona łączyć z nakazami, wysyłanymi do narządów wykonawczych, nowe zlecenia, odmienne od tych, które były dotychczas z nimi połączone. Ażeby skutecznie takie połączenie, nowe zlecenie musi kilka razy poprzedzić bezpośrednio wykonanie nakazu pod wpływem tego zlecenia, które

już przedtem było do tego upoważnione<sup>(17)</sup>. W ten sposób działalność odruchowa zostaje znacznie powiększona. Sygnał, w stosunku do którego zwierzę było poprzednio obojętne, otrzymuje władzę wykonawczą i staje się źródłem dalszej działalności, wskutek czego rozszerza się zakres zachowania się zwierzęcia. Nowe połączenie doskonalili się przez ćwiczenie, przy nieużywaniu natomiast zanika. Wynika stąd, że nie może ono być właściwie połączeniem morfologicznym<sup>(18)</sup>. Profesor Mac Dougall stara się zbadać czy jest ono dziedziczne. Widzimy więc, że nowo powstała rozległa sieć mózgowa podlega kształceniu. Coprawda już przed jej ukazaniem się istniały w świecie zwierzęcym układy, zdolne do kształcenia się, lecz ta warstwa mózgu daje się kształcić w takim stopniu, jak nic innego na świecie. W mózgu psa nowe połączenia wytwarzają się już po kilku powtórzeniach i mogą być kombinowane aż do trzeciego stopnia. U człowieka mogą się one prawdopodobnie rozwijać niemal bez ograniczenia<sup>(19)</sup>.

Wiele cech świata zewnętrznego nie daje się uchwycić przez stacje odbiorcze układu nerwowego. Nowa sieć nerwowa mózgu nie może zaradzić tej nieudolności; nie może ona ani rozszerzyć zakresu działania tych stacyj, ani też nie dodaje nic do starej gamy aktów mięśniowych. Dzięki niej jednak poszczególne elementy, należące do niezmienionej gamy czynów mięśniowych, zostają oddane do dyspozycji większego, niż przedtem, zespołu istniejących już dawniej sygnałów. Każdy ruch staje



się sługą większej ilości panów. Obserwując zwierzę, jest nam obecnie o wiele trudniej odnaleźć w każdym wypadku źródło, któremu moglibyśmy przypisać ten lub inny akt ruchowy. Obserwator, nie znając powikłań, które podczas indywidualnej historii danego osobnika powstały w działalności jego mózgu, nie będzie często w stanie przepowiedzieć nawet z minuty na minutę, jakie będzie najbliższe zachowanie zwierzęcia. Zestawiając powyższe zjawiska z łatwymi do przewidzenia czynnościami odruchowymi, moglibyśmy dojść do wniosku, że w tym wypadku zasada odruchu nie da się zastosować. Jednakże, nawet w czystych czynnościach odruchowych ten sam dochodzący sygnał może wywołać raz jeden efekt ruchowy, raz — inny. Punkty węzłowe, przez które biegną sygnały, są nastawione to w jednym, to znów w innym kierunku. Ostateczny wynik zależy od ilości hamowania i pobudzenia, jaką otrzymuje dany punkt w pewnej chwili. Odruch, dający zmienne reakcje, pozostaje jednak odruchem. Owe plastyczne układy, jakie tworzą sieci nerwowe, ułożone jedna nad drugą i połączone ze sobą szeregowo i równolegle w jeden ogromny, złożony, jednolity mechanizm, nie wprowadzają żadnej nowej zasady do tego mechanizmu, pomimo, że w każdym poszczególnym wypadku nie jesteśmy w stanie przewidzieć ostatecznego wyniku i obserwator wie tylko tyle, że wrzucił swą monetę do automatu. Przewidzieć zachowanie zwierząt możemy jedynie statystycznie — i to udaje nam się z wielkiem powodze-



*Ch. S. Sherrington*



niem. To samo dotyczy i postępowanie ludzkiego.

Czy jednak szeregi czynów wyczerpują całkowicie zachowanie się zwierzęcia? Czy są one wszystkim, jeżeli chodzi o człowieka? Wiemy, że jednocześnie z ruchami mięśniowymi, składającymi się na nasze postępowanie, zachodzą również zjawiska psychiczne. Wraz z sygnalizacją w sieciach mózgowych, kierującą mięśniami, odbywa się działalność psychiczna. Zjawiska psychiczne występują niekiedy nawet wówczas, kiedy sieci nerwowe nie wywołują wcale działalności mięśniowej, np. podczas marzeń sennych.

Rozpatrywaliśmy mózg, jako nadawczo - odbiorczy układ sygnalizacyjny. Ani jednak sygnały, które do niego wchodzi, ani te sygnały wykonawcze, które zeń wychodzą, nie posiadają charakteru psychicznego. Natomiast wydaje się, że sygnały, wędrujące po określonych drogach wewnątrz mózgu, np. poprzez nową wielką sieć nerwową, posiadają „egzystencję psychiczną”, aczkolwiek tracą ją one, zanim jeszcze dotrą do przedostatnich dróg wyjściowych. Jednak żadne badania mikroskopowe, ani fizyczne, ani też chemiczne nie mogą tutaj wykryć nic zasadniczo odmiennego od tego, co się odbywa w innych sieciach nerwowych. Poza większą złożonością, sieć ta nie różni się zasadniczo od innych. Zbiórisko komórek jest tu coprawda olbrzymie. Biolog, obserwujący przez mikroskop tę substancję nerwową, „ową materję, z której utkane są marzenia senna”, uderzony jest nadmiernie, napozór, wybujałą obfitością i bog-



ctwem komórek nerwowych. Cała reszta układu nerwowego jest zbudowana z bez porównania mniejszej ilości komórek, niż nowa sieć nerwowa naszego mózgu. To, co widzimy tu przed sobą, obala wszelkie naiwne twierdzenia, że działalność pojedynczej komórki mogłaby kiedykolwiek zdać sprawę z przeżycia psychicznego. Odpowiednika dla tych przeżyć powinniśmy się doszukiwać raczej w jakichś właściwościach całej organizacji. Poszukiwanie umysłu w jednokomórkowcach możnaby porównać z chęcią wypatrzenia ćmy na odległościach astronomicznych.

Lecz jakie właściwie mamy prawo do łączenia przeżyć psychicznych ze zjawiskami fizjologicznymi? Napewno żadnego prawa naukowego; może jedynie to prawo które Keats, używając wspaniałego, iście szekspirowskiego zwrotu, nazwał prawem „śpieszącego się zdrowego rozsądku.” Jest to prawo, którego używamy często w życiu codziennem—naiwnem, a jednocześnie pełnem przenikliwości w swych sądach. Dla wielu z nas samo zestawienie tych dwóch rodzajów zjawisk: fizjologicznych i psychicznych, uwypukla ich różnorodność. Z jednej strony mamy do czynienia ze zmiennymi potencjałami elektrycznymi, z procesami termicznymi i chemicznymi, tworzącymi zjawisko fizjologiczne, które daje się określić przez stosunki energetyczne; z drugiej zaś strony mamy szereg zjawisk psychicznych, będących bezwątpienia pewną działalnością, o której jednak nie wiemy, czy i w jakim stosunku pozostaje ona do energii. Jeśli cho-

dzi o mnie, te szczupłe wiadomości, które posiadam o właściwościach jednej z tych dwóch kategorii zjawisk, nie dają mi nawet punktu zaczepienia do poznania właściwości drugiej. Obie te kategorie pozostają, jak się zdaje, ściśle od siebie odgraniczone i odmienne. Przyznaję co prawda, że obserwacje, które stają się coraz bardziej dokładne, wskazują, że obie te kategorie zjawisk występują razem w czasie i miejscu i że w tym zakresie wzajemnie sobie odpowiadają. A więc, chociaż nie mogę między przeżyciami psychicznymi, a zjawiskami mózgowymi znaleźć żadnego powiązania, zgadzam się jednak na to, że zachodzą one równolegle w czasie i miejscu. Co prawda, zjawiska fizyko-chemiczne, którym staramy się tutaj przyporządkować przeżycia psychiczne, są dla nas — w całkiem ostatecznym rachunku — także zjawiskami psychicznymi, mianowicie są one myślą i wyobrażeniem, jednak nie upraszcza to sprawy, gdyż pomiędzy temi dwoma rodzajami „psychicznych” zjawisk niema, przynajmniej dla mnie, żadnego związku. Przyjmując nawet, że wszystkie zjawiska są psychiczne, muszę traktować obydwie te kategorie zupełnie oddzielnie. Nauka odrzuca dumnie te wszystkie dowody, które nie są pełnymi dowodami, lecz zdrowy rozsądek, nie rozporządzający nadmiarem czasu, przyjmuje i takie dowody i działa zgodnie z niemi.

Zazdroszczę tej zdolności praktycznej decyzji i, jako zwykłemu człowiekowi, sprawia mi ulgę, że zdrowy rozsądek, naiwny i przenikliwy, panuje na świecie i ma

za sobą: prawnika, lekarza, ekonomistę i wogóle „człowieka z ulicy”. Dzięki tej decyzji, chirurg ratuje umysł pacjenta przez usunięcie guza, który uciska mózg, a zaburzenia czucia mogą dać mu wskazówkę, gdzie tego guza należy szukać. Z drugiej strony, w ostatecznej walce, jaką stacza życie, cierpienie może być skrócone dzięki subtelności chemicznego składu sieci mózgowej, gdyż, wraz z rozpadem mózgu, umysł szybko zanika; tak brutalny świat lituje się nad tem, co posiada najdroższego. Truizmy te zasługują na pewne pobłażanie, gdyż sama ich pospolitość najlepiej świadczy o naszym przekonaniu, że mózg i umysł działają w sposób zgodny. Przekonanie to jednak bynajmniej nie daje odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób się to dzieje. Według mego zdania, jest to zagadnienie, o którym biolog powinien stale myśleć, chociaż nie znajduje na nie tymczasem odpowiedzi. Co więcej, ośmielam się sądzić, że od czasu do czasu biolog powinien zdawać relację, jak blisko lub jak daleko jest on od rozwiązania tego zagadnienia.

Jest rzeczą niewątpliwą, że pod pewnym względem ta część mózgu, której działalności odpowiadają zjawiska psychiczne, nie różni się od pozostałych części mózgu; tak, jak i te ostatnie, jest ona przede wszystkim kierowana przez świat zewnętrzny. Zamykamy przyływ wrażeń ze świata zewnętrznego, żeby spowodować sen, który niewątpliwie jest stanem beczynności. Mówiliśmy wyżej o działalności nerwowej, która przebiega od jednego przełącznika do drugiego, wywołując ich pobudze-

nie, jako o sygnalizacji. Jeżeli ostatni etap dotyczy mięśni, pojęcie sygnału jest najzupełniej wystarczające. Jeżeli jednak będziemy się starali obok zjawisk nerwowych umieścić również działalność psychiczną, będziemy mieli do czynienia z czemś, co nie tylko przewodzi sygnały, lecz także je odczytuje. Innymi słowy, sygnalizacja, niezależnie od stopnia jej złożoności, byłaby tu czemś w rodzaju zapalających się czerwonych lampek, ukazujących się kolejno jedna drugiej.

Pozatem, to odczytywanie sygnałów różni się od sygnalizacji, kierującej mięśniami, tem jeszcze, że nie jest ono zjawiskiem końcowym. Badanie wykazuje, że w części mózgu, związanej z działalnością psychiczną, istnieją jedynie drogi pośrednie; każde włókno sieci jest bowiem z obydwóch stron połączone z innymi włóknami. Wszystkie drogi pośrednie prowadzą ostatecznie do linii wyjściowych, które niewątpliwie nie mają już charakteru psychicznego. Zjawiska, którym przyporządkujemy procesy psychiczne, nie są więc wcale typu odruchowego, lecz są to zjawiska zachodzące w drogach pośrednich mózgu, między linjami wejściowymi i wyjściowymi. Być może, że niektóre rozgałęzienia linii pośrednich tworzą pętle i powracają do punktu wyjścia; po tych zamkniętych obwodach sygnały mogłyby krążyć przez dłuższy czas. Przewodzenie działalności psychicznej aż do linii wyjściowych jest niemożliwe. Wynika stąd, że działalność psychiczna odbywa się w głębi mózgu i to w tej jego części, która jest najbardziej oddalona od



świata zewnętrznego, t. j. znajduje się najdalej od odcinków odbiorczych i nadawczych. Jest rzeczą możliwą, że te sygnały, dla których szukamy odpowiednika w zjawiskach psychicznych, dostają się do jakiejś strefy hamowania w mózgu, gdzie giną, stając się przez to samo efektami końcowymi. Gdybyśmy nawet znali taki konkretny fizjologiczny ciąg czynności, nie moglibyśmy wiedzieć, czy hamowanie jest zmianą działalności psychicznej, czy też jej zawieszeniem.

Szkicując działalność nerwową w mózgu i w innych częściach układu nerwowego, natrafiliśmy na pewne ważne procesy, pozostające ze sobą w związku, lecz dające się od siebie oddzielić. Jeden polegał na podtrzymywaniu w stanie polaryzacji powierzchni sieci nerwowych, drugi na przenoszeniu się po tej powierzchni krótkotrwałego procesu miejscowej depolaryzacji. Poza to mieliśmy do czynienia z dwoma procesami, które, pozostając w punktach węzłowych, nie przenoszą się dalej; jeden z nich osłabiał trwałość warstwy spolaryzowanej, drugi zaś ją wzmacniał („stabilizował”), przyczem każdy z tych procesów mógł się stopniowo nasilać, bądź też mógł neutralizować ilościowo drugi proces.

Wydaje się śmieszne przyporządkowywać tym paru procesom nerwowym całą bogatą różnorodność świata psychicznego. A jednak, z tych właśnie procesów nerwowych (mających jako wykładnik jednostkę ruchową) składa się zachowanie ruchowe zwierzęcia w całej

swej doskonałości i różnorodności. Poszukiwanie jednak współzależności między którąś z tych czynności nerwowych, względnie między nimi wszystkimi, a umysłem, musi pozostać bezpłodne, choćby z tego powodu, że każda z tych czynności najlepiej się uwydatnia w takich strukturach nerwowych, w których zjawiska psychiczne napewno nie istnieją.

Być może, że w tych częściach mózgu, które możemy nazwać psychicznymi, istnieją procesy nerwowe dotychczas jeszcze nieznanne i że im właśnie mogą odpowiadać zjawiska psychiczne. Czy można znaleźć w mózgu proces, któryby różnił się zasadniczo od procesów w innych częściach układu nerwowego? Profesor Adrian jest bardziej odemnie kompetentny, aby odpowiedzieć na to pytanie. Myślę, że w obecnej chwili nie istnieją w fizjologii żadne dane, któreby mogły nas skłonić do przyjęcia powyższej możliwości. O ile mi wiadomo, nie ma żadnej *zasadniczej* różnicy między psychicznymi i niepsychicznymi obszarami mózgu ani w ich właściwościach fizycznych czy też chemicznych, ani w ich mikroskopowej strukturze.

Jedyną cechą działalności mózgowej, mającej związek z psychiką, jest to, że napozór podobne procesy nerwowe wyznaczają różne zjawiska psychiczne w zależności od tego, czy zachodzą w tej, czy w innej części mózgu. Wydaje się, że stosunki przestrzenne w mózgu mają znaczenie psychiczne. Przez długi czas dyskutowano nad zagadnieniem, czy w wielkiej sieci, znajdu-

jącej się na powierzchni mózgu, istnieje lokalizacja funkcji. Sieć ta jest przecież, pomimo wszystko, tylko jednym z kilku mostów, przerzuconych między odcinkiem odbiorczym i nadawczym, choć należy przyznać, że droga ta jest ze wszystkich innych najdłuższa i najbardziej złożona. Jeżeli założymy, jak to czynimy w tej chwili, że czynność psychiczna należy do funkcji mózgu, to czy istnieje w odniesieniu do niej jakaś lokalizacja? Niewątpliwie obserwacje dają nam odpowiedź twierdzącą. A więc, jedna część sieci nerwowej jest siedliskiem wzroku, inna — słuchu; położenie dotkniętego miejsca skóry znajduje swoje „odbicie” w umyśle. Umiejscowienie odruchu ma swój odpowiednik psychiczny.

Historja mózgu zdaje się wykazywać, że pierwotnie umysł był swojego rodzaju dodatkiem do nerwowego aparatu, kierującego zachowaniem się ruchowem zwierzęcia. Czy w rzeczywistości jest on czemś więcej? Jeżeli chodzi o stronę biologiczną tego zagadnienia, mogą wyjaśnić to na przykładach. Gdy wkładamy do ust kęs pokarmu, wykonywanym ruchom, t. j. zachowaniu się ruchowemu, począwszy od żucia aż do ostatecznego połknięcia, towarzyszą zwykle różnorodne przeżycia psychiczne. Doznajemy wówczas całego szeregu wrażeń zmysłowych, które są często żywo zabarwione uczuciami przyjemności lub przykrości. Kiedy jednak, po ostatnim połknięciu, kęs przeszedł z ust do wnętrza organizmu, wszelkie przeżycia psychiczne związane z nim

giną i nie wywołują ich już więcej następne czynności mięśniowe. Jak wiemy, kęs staje się dla nas stracony i pozostaje tylko we wspomnieniu. Pobudza on w dalszym ciągu nerwy i mięśnie, lecz umysł nie jest z nim więcej w żadnej łączności. Zjawisko to jest typowe. Umysł traci kontakt z danym szeregiem czynności ruchowych dokładnie w tym momencie, w którym egzekutywa mózgu traci wpływ na te czynności. Umysł traci ten kontakt właśnie wtedy, gdy mózg już nic więcej nie może tutaj zdziałać.

Moglibyśmy się spodziewać, że naszym tak zwanym czynom dowolnym będą nieodłącznie towarzyszyły przeżycia psychiczne, co pozwalałoby zanalizować w pewnej mierze sposób wykonywania tych czynów. Mięśniom samym nie brak stacyj odbiorczych i linii sygnalizacyjnych; wykazały to świetne badania nad ich funkcjonowaniem, wykonane przez Matthews'a w Cambridge. Jednak bardzo mało szczegółów, dotyczących analizy ich funkcjonowania, dociera do mózgu. Umysł nie zdaje sobie sprawy, jak wielka część tego lub innego mięśnia jest w stanie czynnym, ani też, czy ten lub inny mięsień jest wogóle czynny. Umysł chwytą jedynie ostateczny efekt, w postaci danej pozycji, ruchu lub przewyciężenia jakiegoś oporu. Umysł, krytykując jakiś ruch kończyny, nie może jej powiedzieć: „bicepsie, skurcz się nieco mniej”, może tylko powiedzieć: „ręko, odwróć się trochę bardziej”.

Niewątpliwie, wiele zasadniczych czynności mięśni-



wych powstało w rozwoju ewolucyjnym o wiele wcześniej niż umysł, który, rozwijając się później, zastał te czynności i uznał je za użyteczne. Mechanizm, który utrzymuje zwierzę w pozycji pionowej i podnosi go, gdy upadnie, jest odruchem i istnieje o wiele dawniej, niż nowa wielka sieć mózgowa wraz z czynnością psychiczną, którą jej przypisujemy. Często przecież my sami, stojąc, nie zdajemy sobie świadomie sprawy z naszej pozycji. Wydaje się więc mniej słuszne twierdzenie, że ciało utrzymuje swą równowagę pod wpływem umysłu, niż że czyni to pod wpływem mechanizmu odruchowego, niezależnie od tego, czy umysł czuwa nad tem, czy nie. Z punktu widzenia zwierzęcia, jako istoty spostrzegającej, jego normalna pozycja w stosunku do świata przedstawia się, jako normalna pozycja świata w stosunku do niego. Automatyzm ciała sprawia, że umysł, jeśli można się tak wyrazić, wyglądając z ciała, znajduje świat w normalnej pozycji. Naiwny umysł, który jest przede wszystkim utylitarny, nigdy nie zajmował się położeniem ciała, gdyż utrzymywanie go w normalnej pozycji odbywa się bez pomocy umysłu i istniało w rzeczywistości przed jego powstaniem. Czy owe wczesne odruchy odbywały się zupełnie bez udziału umysłu, czy też działał tu tak zwany „nieświadomy rozum” — jest to tu dla nas obojętne.

Umysł nie zajmował się stosunkami, które już przedtem były wytworzone i były mu dane od samego początku. Podobnie rzecz się miała z umiejętnością ope-

rowania mięśniami, dotyczącą tych ruchów, które istniały wcześniej; umysł nie miał ani potrzeby ani okazji do ich analizowania.

Jednak wszystkie te i tym podobne spekulacje nie mogły wypełnić tej luki, jaką wywołuje brak wyraźnego ogniwa między procesami nerwowymi i psychicznymi. Pragmatyczny zdrowy rozsądek może lekceważyć tę trudność, lecz, biorąc rzecz teoretycznie, nie możemy pomijać tego zasadniczego zagadnienia. Wiele jest faktów, tutaj nieprzytoczonych, które przemawiają za owym praktycznym punktem widzenia. Czy jest np. coś bardziej uderzającego, niż dramatyczne zmiany, zachodzące w psychice wskutek uszkodzenia sieci mózgowej? Jeżeli jednak mamy być ściśli, musimy uważać, że zagadnienie stosunku między umysłem a mózgiem pozostaje dotychczas nie tylko nierozwiązane, lecz że nie posiadamy nawet należytej podstawy do rozpoczęcia badań w tym kierunku. Nie jestem defetystą, gdyż popierałbym usilnie tego rodzaju dociekania. Trzeba to czynić choćby starą drogą odcyfrowywania zasad działania mózgu przy kierowaniu mięśniami — w nadziei, że uda nam się w ten sposób uzyskać nie przewodnią do poznania stosunku między pracą mózgu a umysłem. Nie znaczy to, żeby jakiegokolwiek prawo działalności odruchów mogło być zastosowane do zjawisk psychicznych. Odruch zawiera efekt końcowy; po jego nastąpieniu rygiel zamyka się za procesem nerwowym, który zatrzymuje się i nie idzie dalej. Poszukiwanie zaś zależności

między umysłem a działalnością mózgową wskazuje, że w mózgu procesy odbywają się po liniach pośrednich i nie są w żadnym razie efektami końcowymi. Niemniej jednak, między działalnością mózgową, a odruchową istnieją pewne analogje. Nie należy przypuszczać, iż przy działalności psychicznej mamy do czynienia ze zwykłym przewodzeniem energii z jakiegoś źródła, gdyż rozprzestrzenianie się procesów po sieci nerwowej odbywa się w ten sposób, iż siła pobudzenia poszczególnych punktów sieci zależy od stopnia stabilizacji ich błon. Upiór może być bardzo słabym bodźcem wzrokowym, a jednak może on wywołać silną reakcję psychiczną.

Jeżeli jednak przeżycia wewnętrzne mogą być różnej intensywności i jeżeli przeżyciom tym odpowiadają jakieś procesy nerwowe, nasuwa się wniosek, że hamowanie nerwowe musi odgrywać ważną rolę w działalności psychicznej. Nam fizjologom narzuca się myśl, że hamowanie to należy wiązać ze snem. Z drugiej jednak strony, jak wiemy, hamowanie jest procesem czynnym i musi być stale w sposób czynny podtrzymywane.

Obawiam się, że obszerny temat może się zemścić złośliwie, jeżeli go potraktować zbyt pobieżnie. Na pytanie, jaki jest stosunek między mózgiem i umysłem, 60 lat temu fizjolog odpowiadał „ignorabimus”. Jednak dzisiaj wiemy jeszcze lepiej, niż wtedy, jak daleko jesteśmy od ostatecznych granic poznania. Zagadnienie, które tylko pobieżnie dziś naszkicowałem, ma przynajmniej jedną zaletę: przez długi czas będzie ono dawało tym,

którzy szukają jego rozwiązania, tę pociechę, że przyjemniej jest wędrować, niż przybywać do celu; lecz, aby pociecha ta miała sens, dojście do celu musi być możliwe. Niektórzy z nas — może dlatego, że jesteśmy za starzy, lub też za młodzi — myślą, że wkońcu cel ten osiągniemy. Wtedy zaś możemy zacząć żałować, że dążenia już się ziściły. Choćby z tego powodu ten, najlepszy z nas, który zbada w jaki sposób mózg wykonywa czynność myślenia, będzie napewno usiłował udoskonalić jego pracę. W tym celu będzie on ograniczał jedne części mózgu, rozszerzał inne, wprowadzał nowe, krótsze drogi, zwiększał szybkość procesów nerwowych, dążył do ekonomji w pracy i czynił wszystko, co uzna za najbardziej pożądane. Nie potrzebujemy być prorokami, ażeby przewidzieć, że wtedy właśnie nadejście dawno przepowiadany koniec ludzkości. Planeta będzie na nowo uwolniona od ludzi i przygotowana dla nadejścia następnej ery panowania jakiegoś zwierzęcego gatunku. Wolno mi może wyrazić nadzieję, że nowy władca nie będzie już w niczem podobny do gatunku społecznych owadów.



I. P. PAWŁOW  
O WYŻSZYCH CZYNNOŚCIACH UKŁADU  
NERWOWEGO

TRZYDZIEŚCI LAT PRACY DOŚWIADCZALNEJ NAD  
DZIAŁALNOŚCIĄ KORY MOZGOWEJ 1903—1933.

PSYCHOLOGJA  
I PSYCHOPATOLOGJA DOŚWIADCZALNA  
ZWIERZĄT\*

UWAŻAJĄC za najpiękniejszą wymowę język faktów, pozwalam sobie przystąpić odrazu do omówienia tych danych doświadczalnych, które upoważniają mnie do poruszenia niniejszego tematu.

Mam zamiar tutaj mówić przede wszystkim o historii skierowania się fizjologa od zagadnień czysto fizjologicznych do dziedziny zjawisk, które zwykle oznacza się, jako psychiczne. Przejście to nastąpiło w sposób zupełnie naturalny, aczkolwiek dość nieoczekiwany i, co zasługuje na szczególną uwagę, bez zmiany, jeżeli można się tak wyrazić, frontu metodologicznego.

Zajmując się w ciągu wielu lat normalną działalnością gruczołów trawiennych, analizując stałe warunki tej działalności, zetknąłem się, tak samo jak i inni badacze, z czynnikami natury psychicznej. Czynniki owych nie należało pomijać tembardziej, że występowały one stale i odgrywały poważną rolę w zwykłym przebiegu doświadczeń. Uważałem za swój obowiązek uwzględnić je, pragnąc możliwie całkowicie wyczerpać

\* Mowa wygłoszona na ogólnym zebraniu Międzynarodowego Kongresu Medycznego w Madrycie w kwietniu 1903 r.



przedmiot moich badań. Natychmiast jednak powstało pytanie: w jaki sposób to czynić? Dalsze moje wywody będą właśnie odpowiedzią na to pytanie.

Ze wszystkich otrzymanych przez nas danych, zatrzymam się jedynie na doświadczeniach, dotyczących gruczołów ślinowych — narządów o nieistotnej napozór roli fizjologicznej, które jednak (jestem o tem przekonany) staną się klasycznym objektem badań nowego rodzaju (20). Pierwsze próby tych badań będę miał zaszczyt przedstawić tutaj, opierając się częściowo na tem, co już zostało dokonane, częściowo na tem, co się projektuje.

Przy obserwowaniu prawidłowej działalności gruczołów ślinowych, uderza przedewszystkiem wybitna zdolność przystosowawcza ich pracy.

Dajemy zwierzęciu suchy i twardy pokarm, wydziela się obfita ilość śliny; jeżeli pokarm zawiera dużo wody, śliny wydziela się o wiele mniej.

Oczywiście, dla chemicznej przeróbki, należytego rozcierania pokarmu i wytworzenia z niego kęsa, który zostanie połknięty, potrzebna jest woda i gruczoły ślinowe jej dostarczają. Ze śluzowych gruczołów ślinowych wycieka pod wpływem pokarmu ślina obfitująca w mucynę, działająca, jako smar, ułatwiający przeslizgiwanie się pokarmu do żołądka. Jak nas pouczają codzienne obserwacje nad nami samemi, ciała o chemicznych własnościach drażniących, jak kwasy, sole i t. p. również wywołują wydzielenie się śliny stosownie do siły ich drażniącego działania. Dzieje się to poto, ażeby ciała

te zubożnić, rozcieńczyć lub obmyć z nich jamę ustną. Z gruczołów śluzowych wydziela się wówczas ślina wodnista z małą zawartością mucyny. Poczóż bowiem byłaby w tych wypadkach potrzebna mucyna? Wkładamy psu do pyska czyste, nierozpuszczalne w wodzie kamyczki. Pies obraca je w pysku, próbuje gryźć — i wreszcie wypluwa. Śliny niema wcale, albo też pojawia się jedna lub dwie krople. Na cóż bowiem mogłaby się przydać ślina? Zwierzę z łatwością przecież może wypluć kamienie, które w jamie ustnej nie zostawiają żadnych śladów. Jeżeli jednak do pyska psa nasypimy piasku, t. j. tych samych kamieni w postaci sproszkowanej, śliny wydzieli się dużo. Łatwo zauważyć, że bez śliny, t. j. bez prądu cieczy, obmywającej jamę ustną, piasek ani nie może być wyrzucony, ani też nie może dostać się do żołądka.

Stoimy wobec ściśłych i stale powtarzających się faktów, świadczących jakgdyby o jakiejś rozumnej działalności. Mechanizm jednak tej działalności widoczny jest, jak na dłoni. Z jednej strony fizjologia oddawna posiada dane, dotyczące nerwów odśrodkowych, dochodzących do gruczołów ślinowych, które bądź wywołują wydzielenie się wodnistej śliny, bądź też nagromadzają w niej specjalne ciała organiczne. Z drugiej strony powierzchnia jamy ustnej posiada różne odcinki o specyficznej wrażliwości mechanicznej, czy też chemicznej lub termicznej. Powyższe rodzaje wrażliwości mogą być jeszcze dalej podzielone; np. chemiczna — na solną,

kwasową i t. d. To samo dotyczy również niewątpliwie i wrażliwości mechanicznej. Od powyższych odcinków o specyficznej wrażliwości biegną odpowiednie nerwy dośrodkowe.

W ten sposób podstawą przystosowania jest prosty akt odruchowy, rozpoczynający się od określonych czynników zewnętrznych, które działają jedynie na określony rodzaj zakończeń nerwów dośrodkowych, skąd podnieta poprzez drogi nerwowe dostaje się do ośrodka, a następnie, innymi drogami, dociera do gruczołu, powodując w nim wykonanie pewnej pracy.

Uogólniając, możemy powiedzieć, że określony czynnik zewnętrzny wywołał ze strony żywego organizmu specjalną reakcję. Jednocześnie zaś posiadamy tutaj w typowej postaci to, co określa się słowami: przystosowanie, celowość. Zatrzymamy się na chwilę na powyższych faktach i terminach, ponieważ odgrywają one doniosłą rolę w nowoczesnym myśleniu fizjologicznym. Co to jest zjawisko przystosowania? Jak widzieliśmy, polega ono jedynie na ścisłym wzajemnym związku elementów złożonego układu i zależności całego ich zespołu od otoczenia.

Lecz zupełnie to samo widzimy przecież w dowolnym ciele martwym. Weźmy np. złożone ciało chemiczne. Ciało to może istnieć, jako takie, jedynie dzięki stanowi wzajemnej równowagi pomiędzy oddzielnymi atomami i ich grupami oraz pomiędzy całym ich zespołem, a warunkami zewnętrznymi.

Zupełnie tak samo zarówno niższe, jak i wyższe organizmy z całą ich niezmiernie skomplikowaną budową istnieją tylko dopóty, dopóki wszystkie ich składowe części związane są między sobą w sposób subtelny i ścisły i znajdują się w stanie równowagi z otaczającymi warunkami.

Naczelnym zadaniem i celem badania fizjologicznego, jako badania ściśle obiektywnego, jest analiza owego utrzymywania w równowadze organizmu. Co do tego nie może być niemal różnicy zdań. Niestety, nie posiadamy dotychczas terminu czysto naukowego dla oznaczenia tej zasadniczej właściwości organizmu — jego wewnętrznego i zewnętrznego stanu równowagi. Używane potocznie słowa: celowość i przystosowanie (pomimo ich przyrodniczej, darwinistycznej analizy), w dalszym ciągu dla wielu posiadają piętno subiektywizmu, co stwarza nieporozumienia o dwojakim charakterze. Zdeklarowani zwolennicy fizyko-chemicznego ujmowania zjawisk życia upatrują w tych słowach tendencje przeciwnaukowe — odstępstwo od czystego obiektywizmu w kierunku czystej spekulacji i teleologii. Z drugiej zaś strony biolodzy o tendencjach filozoficznych rozpatrują każdy fakt, dotyczący przystosowania i celowości, jako dowód istnienia specyficznej siły życiowej lub, jak się często słyszy, duchowej (witalizm przechodzi tu w animizm), która stawia sobie różne cele, wybiera środki, przystosowuje się i t. p.

Tak więc, w przytoczonych wyżej doświadczeniach fi-



zjologicznych nad gruczołami ślinowemi, pozostajemy w ramach badania ściśle przyrodniczego. Przejdziemy teraz do nowej dziedziny zjawisk, pozornie zupełnie innego rodzaju.

Wszystkie wyżej wymienione ciała, działające z powierzchni jamy ustnej na gruczoły ślinowe w sposób bardzo różnorodny, lecz zawsze ściśle określony, działają zupełnie tak samo, przynajmniej pod względem jakościowym wówczas, gdy znajdują się w pewnej odległości od zwierzęcia. Suchy pokarm powoduje wydzielanie wielkiej ilości śliny, wilgotny — małej. Substancje pokarmowe wywołują wydzielanie śliny gęstej i śluzowatej, ciała niejadalne, lecz drażniące powierzchnię jamy ustnej, powodują wydzielanie śliny wodnistej z małą zawartością mucyny. Kamienie, pokazywane zwierzęciu, pozostawiają gruczoły ślinowe w spokoju, natomiast na widok piasku pies reaguje obfitem wydzielaniem śliny. Przyniesione fakty zostały odkryte i usystematyzowane w moim laboratorium przez S. G. Wulfsona. Pies dostrzega znajdujące się przed nim ciała, czuje ich zapach, zwraca na nie uwagę, rwie się ku nim, jeżeli są one jadalne lub przyjemne, odwraca łeb i broni się przed wprowadzeniem ich do pyska, jeśli są to substancje nieprzyjemne. Każdy powie, że jest to psychiczna reakcja ze strony zwierzęcia, że jest to psychiczne pobudzenie działalności gruczołów ślinowych.

Cóż ma czynić dalej fizjolog z otrzymanymi danymi? Jak je stwierdzać? Jak analizować? Cóż przedstawia-

ją one w porównaniu z danymi fizjologii? Co jest wspólnego między jednymi i drugimi danymi i czym się one od siebie różnią?

Czy dla zrozumienia nowych zjawisk powinniśmy wczuwać się w wewnętrzny stan zwierzęcia, wyobrażając sobie jego doznania, uczucia i pragnienia na podobieństwo naszych?

Na to pytanie przyrodnik posiada, jak mi się zdaje, tylko jedną odpowiedź — kategorię „nie”. Czy istnieje bezsporne kryterjum tego, że domyślamy się prawidłowo i możemy z pożytkiem dla zrozumienia sprawy zestawiać z własnymi przeżyciami wewnętrzny stan nawet tak wysoko rozwiniętego zwierzęcia, jak pies? Czyż nie na tem polega wieczna udręka życia, że ludzie po większej części wzajemnie się nie rozumieją i nie mogą wczuć się w stany wewnętrzne innych! Gdzież zatem pewność, że potrafimy odgadnąć stany duchowe innych ludzi? W naszych doświadczeniach nad wydzielaniem psychicznym (będziemy tymczasem używali tego słowa) gruczołów ślinowych próbowaliśmy spoczątku sumienie objaśnić otrzymane rezultaty, fantazjując na temat subiektywnego stanu zwierzęcia — lecz niczego nie osiągnęliśmy, prócz bezpłodnych sporów i różnych prywatnych niezgodnych ze sobą zdań. Tak więc, nie pozostało nic innego, jak poprowadzić badania na gruncie czysto obiektywnym, stawiając przed sobą jako pierwsze i szczególnie ważne zadanie — całkowite odzwyczajenie się od tak bardzo naturalnego przenoszenia

swego stanu subiektywnego na mechanizm reakcyj zwierzęcia doświadczalnego. Zamiast tego należało koncentrować całą swą uwagę na badaniu związków zjawisk zewnętrznych z omawianą reakcją ustroju, mianowicie, z pracą gruczołów ślinowych. Rzeczywistość powinna była rozstrzygnąć: czy możliwe jest opracowanie otrzymanych przez nas faktów w tym właśnie kierunku? Ośmielam się mniemać, że poniższe wywody przekonają słuchaczy w tym samym stopniu, w jakim ja jestem w tej chwili przekonany, że przed nami otwiera się w danym wypadku nieskończona dziedzina owocnych badań, drugi wielki rozdział fizjologii układu nerwowego, układu, który kieruje już nie wzajemnymi zależnościami między rozmaitymi częściami organizmu (czem zajmowano się przeważnie dotychczas), lecz przede wszystkim stosunkami między organizmem i światem otaczającym. Dotychczas, niestety, wpływ świata otaczającego na układ nerwowy był badany jedynie w ten sposób, że uwzględniano tylko subiektywną reakcję, co stanowi właśnie treść współczesnej fizjologii narządów zmysłowych.

W naszych doświadczeniach nad wydzielaniem psychicznym mamy do czynienia z określonymi ciałami, które pobudzają zwierzę z odległości i wywołują określoną reakcję — pracę gruczołów ślinowych. Jak o tem przed chwilą mówiliśmy, działanie tych ciał jest w zasadzie to samo, co i w doświadczeniach fizjologicznych, gdy ciała te wchodzą w zetknięcie z jamą ustną. Mamy więc przed sobą jedynie dalsze przystosowanie, polega-

jące na tem, że przedmiot działa na gruczoły ślinowe już wtedy, gdy jest zbliżony do pyska.

Jakie są cechy charakterystyczne powyższych nowych zjawisk w porównaniu z fizjologicznymi? Przedewszystkiem może się wydawać, że różnica polega na tem, iż w fizjologicznym doświadczeniu dana substancja styka się bezpośrednio z organizmem, podczas gdy w tych „doświadczeniach psychicznych” działa ona z odległości. Jednak powyższa okoliczność, jeżeli się nad nią dokładniej zastanowić, nie przedstawia istotnej różnicy między temi szczególnymi doświadczeniami, a zwykłymi—fizjologicznymi. Chodzi tutaj bowiem tylko o to, że substancje działają w tym wypadku na inne części powierzchni ciała, obdarzone specyficzną wrażliwością, jak nos, oko, ucho, za pośrednictwem środowiska (powietrze, eter), w którym znajduje się organizm i substancje drażniące. Ileż prostych, fizjologicznych odruchów bierze swój początek z nosa, oka, ucha, t. j. z odległości! Wynika stąd, że istotna różnica między otrzymanymi przez nas faktami i zjawiskami czysto fizjologicznymi musi polegać na czem innym.

Różnicy tej należy się doszukiwać głębiej, mianowicie, jak mi się zdaje, w następującem zestawieniu faktów. W wypadku doświadczeń fizjologicznych czynność gruczołów ślinowych zależy od tych właściwości ciała, na które jest skierowane działanie śliny. Ślina zwilża to, co jest suche, „naoliwia” połykane kęsy, zobojętnia działanie chemiczne różnych substancyj. Powyższe



cechy stanowią właśnie specjalne bodźce dla jamy ustnej. Wynika stąd, że w doświadczeniach fizjologicznych pobudzają zwierzę te właściwości ciała, które posiadają istotne, bezwarunkowe znaczenie w stosunku do roli fizjologicznej śliny.

W doświadczeniach nad psychicznym wydzielaniem działają na zwierzę cechy przedmiotów nieistotne dla czynności gruczołów ślinowych, a często nawet — zupełnie przypadkowe. Wzrokowe, słuchowe, lub nawet czysto węchowe własności omawianych ciał same przez się, t. j., będąc cechami innych przedmiotów, nie okazują żadnego wpływu na gruczoły ślinowe, dla czynności których własności te nie mają żadnego istotnego znaczenia.

Jako podniety gruczołów ślinowych w doświadczeniach „psychicznych” występują nie tylko cechy przedmiotów nieistotne dla pracy gruczołów, lecz wogóle wszelkie okoliczności, wśród których te przedmioty się znajdują, lub z którymi w ten lub inny sposób wiąże je rzeczywistość: naczynia, w których się znajdują, meble, na których stoją, pokój, gdzie się to wszystko odbywa, ludzie, którzy przynoszą te przedmioty, nawet dźwięki, pochodzące od tych ludzi wówczas, gdy są oni w danej chwili niewidzialni, jak głos ich, lub kroki. W ten sposób w doświadczeniach „psychicznych” związek danych przedmiotów z pobudzeniem gruczołów ślinowych staje się coraz bardziej oddalony i subtelny. Nie ulega wątpliwości, że mamy tu do czynienia ze zjawiskiem dalszego przystosowania. Coprawda, w naszym przypad-

ku, związek tak subtelny i oddalony, jaki łączy charakterystyczny odgłos kroków określonego człowieka, przynoszącego zwykle zwierzęciu jedzenie, z pracą gruczołów ślinowych, ze względu na jego niewielkie znaczenie fizjologiczne, może zwracać na siebie uwagę najwyżej, przez swą wybitną subtelność. Lecz wystarczy wyobrazić sobie zwierzę, którego ślina zawiera jad obronny, żeby móc ocenić wielkie znaczenie życiowe przygotowania zawczasu środka obronnego w wypadku zbliżającego się wroga. Podobne znaczenie odległych cech przedmiotów w wypadkach ruchowej reakcji organizmu każdemu oczywiście rzuca się w oczy. Przy pomocy owych odległych lub nawet przypadkowych cech przedmiotów zwierzę znajduje pożywienie, unika wroga i t. d.

Przyjmując powyższe pod uwagę, musimy stwierdzić, że punkt ciężkości przedmiotu naszych rozważań polega na tem, czy można cały ten pozorny chaos stosunków ująć w jakieś ramy i uczynić zjawiska stałymi, t. j. odkryć rządzące nimi prawa i ich mechanizmy? Kilka przykładów, które za chwilę przytoczę, pozwalają, jak mi się zdaje, odpowiedzieć na to pytanie kategorycznym potwierdzeniem i odnaleźć u podstawy wszystkich doświadczeń „psychicznych” zawsze to samo zjawisko odruchowe, jako mechanizm zasadniczy i najbardziej ogólny. Coprawda, nasze doświadczenia w postaci fizjologicznej dają nam zawsze (jeżeli wyłączyć jakieś niezwykle warunki) jeden i ten sam wynik — odruch bezwarunkowy, podczas gdy zasadniczą cechą doświadczenia „psy-

chicznego” jest jego niestałość i pozorna kapryśność. Jednak wynik doświadczenia „psychicznego” także niewątpliwie powtarza się, w przeciwnym bowiem wypadku nie moglibyśmy o nim mówić. Cała rzecz sprowadza się jedynie do większej ilości warunków, określających rezultat doświadczenia „psychicznego” w porównaniu z doświadczeniem fizjologicznym. Będziemy tu więc mieli do czynienia z odruchem warunkowym. Przedstawimy obecnie fakty, świadczące o tem, że i nasze dane, dotyczące doświadczeń „psychicznych”, mogą się układać w pewne ramy i prawa; fakty te zostały stwierdzone w mojem laboratorium przez I. F. Tołocznowa.

Już w pierwszych doświadczeniach „psychicznych” możemy z łatwością dostrzec główne warunki, od których będzie zależało, czy doświadczenia te udadzą się, t. j., czy wyniki ich będą stale te same. Wykonywujemy doświadczenie z podrażnieniem gruczołów ślinowych zwierzęcia przez pokarm, działający z odległości. Wynik tego doświadczenia będzie ściśle zależał od tego, czy zwierzę zostało uprzednio przygotowane przez odpowiedni stopień głodowania. Głodne zwierzę daje w doświadczeniu wynik dodatni, natomiast nawet najbardziej chciwe osobniki przestają reagować na pokarm z odległości, gdy są dostatecznie nakarmione. Myśląc fizjologicznie, możemy powiedzieć, że mamy tutaj rozmaitą pobudliwość ośrodka gruczołów ślinowych — bądź bardzo podwyższoną, bądź też znacznie obniżoną. Mamy prawo przyjąć, że podobnie, jak ilość kwasu węglowego we krwi

określa energję ośrodka oddechowego<sup>(21)</sup>, przytoczone tutaj wahanie we wrażliwości, czy zdolności do reakcji ośrodków ślinowych jest uwarunkowane różnym składem krwi głodnego i sytego zwierzęcia. Z punktu widzenia subiektywnego odpowiadałoby to temu, co nazywa się uwagą. Przy pustym żołądku bardzo łatwo „cieknie ślinka” na widok pokarmu, natomiast u sytych reakcja ta jest bardzo słaba lub też wogóle nie występuje.

Idźmy dalej. Jeżeli pokazujemy zwierzęciu jedzenie lub też substancje nieprzyjemne kilka razy pod rząd, to wraz z powtarzaniem tej procedury, doświadczenie nasze daje coraz to mniejszy rezultat i na koniec — reakcja zwierzęcia zanika zupełnie. Żeby znów otrzymać efekt, najpewniejszym środkiem jest podanie zwierzęciu jedzenia albo wprowadzenie mu do pyska substancyj, które wywoływały wydzielanie śliny. Otrzymamy oczywiście zwykły silny odruch, a następnie dane ciało znów zacznie działać z odległości. Przytem dla dalszego wyniku jest rzeczą obojętną, co wprowadzimy do pyska, jedzenie, czy też jakąś substancję nieprzyjemną. Naprzykład, jeśli proszek mięsny przestał już pobudzać zwierzę z odległości, to dla odnowienia jego działania można albo podać zwierzęciu pokarm, albo też wprowadzić do pyska coś nieprzyjemnego, np. kwas. Możemy powiedzieć, że dzięki bezpośredniemu odruchowi podniosła się wrażliwość ośrodka gruczołów ślinowych i słaby bodziec, jakim jest dana substancja działająca z odległości, stał się wy-



starczający. Czyż nie to samo zachodzi wówczas, gdy dostajemy apetytu dopiero po rozpoczęciu jedzenia, lub też, gdy po silnych nieprzyjemnych podnieciach przychodzi apetyt, którego przedtem nie było?

A oto szereg innych stale powtarzających się faktów. Dany przedmiot pobudza z odległości czynność gruczołów ślinowych nie tylko zapomocą pełnego zespołu swych właściwości, lecz również przy pomocy każdej z nich oddzielnie. Możemy np. zbliżyć do psa rękę, mającą zapach mięsa lub proszku mięsnego i często wystarczy to dla pojawienia się reakcji ślinowej. Zupełnie tak samo widok pokarmu, znajdującego się zdaleka, t. j. działanie przedmiotu jedynie na wzrok również może pobudzić czynność gruczołów ślinowych. Połączone jednak działanie wszystkich tych właściwości przedmiotu razem zawsze wywołuje efekt pewniejszy i znaczniejszy, t. j. suma bodźców działa silniej, niż poszczególne bodźce.

Przedmiot z odległości działa na gruczoły ślinowe nie tylko przy pomocy swoich stałych cech, lecz również przy pomocy cech przypadkowych, które umyślnie były temu przedmiotowi nadane. Jeżeli zabarwimy kwas na czarno, to również i woda zabarwiona na czarno będzie działała z odległości na gruczoły ślinowe. Jednakże wszystkie te przypadkowe właściwości przedmiotu, nadane mu umyślnie, stają się bodźcami, pobudzającymi z odległości gruczoły ślinowe tylko wówczas, gdy ów przedmiot z nową własnością przynajmniej jeden raz zetknie się z powierzchnią jamy ustnej. Czarna woda

z odległości zaczęła pobudzać gruczoły ślinowe dopiero wówczas, gdy uprzednio psu wiano do pyska kwas, zabarwiony na czarno. Również do takich warunkowych własności należy to, co podrażnia nerwy węchowe. Doświadczenia wykonane w naszym laboratorium przez O. G. Snarskiego wykazały, że proste fizjologiczne odruchy ślinowe z błony śluzowej nosa zachodzą dzięki włóknom czuciowym, należącym do nerwu trójdzielnego. Amoniak, musztarda i t. p. substancje wywołują zawsze efekt nawet na zwierzęciu, zatrutem kurarą. Efekt ten znika, gdy przetnie się nerwy trójdzielne. Zapachy bez miejscowego działania drażniącego nie wywołują reakcji gruczołów. Jeśli np. normalnemu psu, ze stałymi przetokami ślinowymi, poraz pierwszy damy odczuć zapach anyżku, nie otrzymamy wcale wydzielania śliny. Jeżeli natomiast, jednocześnie z wywołaniem zapachu, dotkniemy jamy ustnej olejkim anyżowym (który jest środkiem silnie drażniącym), to w następnych wypadkach ślina zacznie się wydzielać już pod wpływem samego zapachu.

Jeżeli wraz z substancją pokarmową podamy jakieś ciało nieprzyjemne, np. jeżeli pokażemy psu mięso zmoczony w kwasie, to aczkolwiek pies rwie się do mięsa, ślina będzie się wydzielała również z gruczołu przyusznego (na samo mięso gruczoł ten nie wydziela śliny), t. j. otrzymamy reakcję na ciało nieprzyjemne. Co więcej, jeżeli na skutek częstego powtarzania działanie z odległości substancji nieprzyjemnej stało się nieznaczne, po

podaniu tej substancji wraz z pokarmem działanie jej wzmacnia się.

Jak mówiliśmy wyżej, suche substancje pokarmowe powodują wydzielanie się dużej ilości śliny, wilgotne — małej lub nie wywołują wcale wydzielania. Jeżeli działać na psa z odległości dwiema takimi przeciwnymi sobie substancjami, np. pokazywać mu suchy chleb i wilgotne mięso, wynik będzie zależał od tego, która z tych substancji silniej pobudzi psa, o czym możemy sądzić według jego reakcji ruchowej. Jeśli, jak to zwykle bywa, pies silniej reaguje na mięso, ślina nie będzie się wydzielala. W ten sposób chleb, znajdujący się przed oczami psa, nie wywoła żadnej reakcji. Gdy suchy chleb będzie miał zapach kiełbasy lub mięsa, otrzymamy reakcję wyłącznie na tę substancję, chociaż na oko psa będzie oddziaływał tylko suchy chleb, a od kiełbasy albo mięsa pozostanie tylko zapach.

Oddziaływanie przedmiotów z odległości można powstrzymać również i przy pomocy innych sposobów. Jeśli w obecności chciwego i pobudliwego psa karmić drugiego psa, na przykład suchym chlebem, to gruczoły ślinowe, które przedtem bardzo żywo reagowały na pokazywanie chleba, obecnie przestaną działać.

Jeżeli postawimy psa poraz pierwszy na stół, to przy pokazywaniu mu suchego chleba nie otrzymamy żadnej reakcji, mimo iż dopiero co, gdy pies był na podłodze, pokazywanie chleba wywoływało obfite wydzielanie śliny.

Przytoczyłem tu kilka faktów, które udaje się dokładnie i łatwo powtarzać. Jest rzeczą jasną, że wiele efektownych zjawisk tresury należy do tej samej kategorii, co niektóre nasze fakty. Świadczyły one przeto już oddawna o trwałej prawidłowości pewnych zjawisk psychicznych u zwierząt. Należy tylko żałować, że w ciągu tak długiego czasu nauka nie zwróciła na nie dostatecznej uwagi.

Dotychczas w moich wywodach ani razu nie spotkaliśmy się z faktami, które w świecie subiektywnym odpowiadałyby temu, co nazywamy pragnieniem. Rzeczywiście nie mieliśmy do tego okazji. Przed nami natomiast stale powtarzał się fakt tego rodzaju, że suchy chleb, który wywoływał ze strony psa tylko nieznaczne odwrócenie głowy, powodował z odległości wydzielanie obfitej śliny, natomiast mięso, na które pies chciwie się rzucał, wyrrywając się ze stojaka i szczerząc zęby, pozostawiało gruczoły ślinowe w spokoju. W ten sposób to, co w świecie subiektywnym występuje, jako pragnienie, w naszych doświadczeniach wyraziło się jedynie w ruchu zwierzęcia, natomiast nie odbiło się zupełnie na czynności gruczołów ślinowych. Tak więc zdanie, że silne pożądanie pobudza działalność gruczołów ślinowych lub żołądkowych, zupełnie nie odpowiada rzeczywistości. Ów grzech pomieszania różnych spraw i ja również mam na sumieniu w poprzednich moich pracach. W ten sposób w naszych doświadczeniach powinniśmy wyraźnie odróżniać wydzielniczą reakcję orga-



nizmu od reakcji ruchowej i, przy rozpatrywaniu działalności gruczołów, zestawiając nasze rezultaty ze zjawiskami świata subiektywnego, mówić o obecności nie pożądania lecz uwagi, jako o zasadniczym warunku dodatniego wyniku doświadczenia. Ślinowa reakcja zwierzęcia mogłaby być rozpatrywana w świecie subiektywnym, jako substrat elementarnego, czystego wyobrażenia, myśli.

Z przytoczonych wyżej faktów, z jednej strony, można wyciągnąć już niektóre dość ważne wnioski o procesach, zachodzących w ośrodkowym układzie nerwowym, z drugiej strony, mogą one być poddane dalszej owocnej analizie. Rozpatrzmy z punktu widzenia fizjologicznego niektóre z nich, przede wszystkim zaś nasz fakt zasadniczy. Dany przedmiot — ten albo inny rodzaj pokarmu lub też ciało chemicznie drażniące — styka się z powierzchnią jamy ustnej i drażni ją przy pomocy właściwości, na które zwrócona jest działalność gruczołów ślinowych. W tym samym czasie inne właściwości przedmiotu, nieistotne dla czynności gruczołów ślinowych, wraz z otoczeniem, w jakim się ten przedmiot znajduje, pobudzając inne części powierzchni ciała, niewątpliwie wchodzi w połączenie z ośrodkiem nerwowym gruczołów ślinowych, dokąd po stałych drogach dośrodkowych idzie pobudzenie od istotnych właściwości przedmiotu. Można byłoby przyjąć, że w takim wypadku ośrodek ślinowy stanowi w ośrodkowym układzie nerwowym jakby punkt przyciągania dla podniet, idących od innych po-

wierzchni czuciowych. W ten sposób wytwarza się droga od różnych pobudzanych części ciała do ośrodka ślinowego. Lecz połączenie tego ośrodka z przypadkowymi punktami jest bardzo nietrwałe i przerywa się samostannie. Ażeby mogło ono wzmacniać się coraz bardziej, należy w dalszym ciągu działać na zwierzę jednocześnie przypadkowymi właściwościami przedmiotu oraz właściwościami istotnymi. W ten sposób powstaje czasowy związek między czynnością jakiegoś narządu i przedmiotami świata zewnętrznego. Związek ten z jego główną własnością — wzmacniania się wskutek stałego stosowania i zanikania przy niestosowaniu — odgrywa wielką rolę w zachowywaniu organizmu w całości i dobrobycie; za jego pośrednictwem przystosowanie ustroju staje się bardziej dokładne i bardziej odpowiada otaczającym warunkom zewnętrznym. Obie części wspomnianej własności są jednakowo ważne: o ile czasowy związek z przedmiotem daje organizmowi b. dużo, o tyle zerwanie tego związku, gdy nie znajduje on potwierdzenia w rzeczywistości, jest niezbędne. W przeciwnym bowiem razie subtelne stosunki zwierzęcia z otoczeniem stałyby się chaotycznymi.

Zatrzymajmy się na innym fakcie. Jak z punktu widzenia fizjologicznego wyobrazić sobie, że widok mięsa unieczystwia reakcję gruczołu przyusznego na widok chleba, t.j., że ślina, która przedtem wydzielala się na widok chleba, przestaje się wydzielać, jeżeli jednocześnie pokazujemy psu mięso. Można by było wyobrazić sobie,

że silnej reakcji ruchowej w kierunku mięsa towarzyszy silne pobudzenie odpowiedniego ośrodka ruchowego, wskutek czego, na zasadzie wspomnianej właściwości czasowych połączeń, pobudzenie zostanie odciągnięte od innych miejsc ośrodkowego układu nerwowego, a w szczególności, od ośrodków gruczołów ślinowych i w ten sposób pobudliwość ich obniży się. Za takim objaśnieniem przemawiałoby i inne doświadczenie, w którym wydzielanie śliny na chleb zostało wstrzymane pod wpływem widoku drugiego psa. W tym wypadku, rzeczywiście, reakcja ruchowa na chleb znacznie się wzmacnia. Jeszcze bardziej przekonujące byłoby doświadczenie wówczas, gdyby znalazł się pies, któryby bardziej lubił suche rodzaje pokarmu, niż wilgotne i okazywał w pierwszym wypadku silniejszą reakcję ruchową. Jeżeliby u takiego psa na suchy pokarm otrzymano znacznie mniej śliny, niż otrzymuje się zazwyczaj, mielibyśmy zupełną rację w objaśnieniu omawianego doświadczenia. Jest faktem ogólnie wiadomym, że silne pragnienie czegoś może zatrzymać specjalne odruchy.

Lecz między przytoczonymi wyżej faktami są również i takie, których objaśnienie z punktu widzenia fizjologicznego natrafia, jak dotychczas, na wielkie trudności. Np., dlaczego przy powtarzaniu odruch warunkowy przestaje się wkońcu pojawiać. Naturalna myśl o zmęczeniu nie mogłaby tu chyba wchodzić w rachubę, ponieważ mamy tu właśnie do czynienia ze słabym bodźcem. Powtarzanie silnej podniety przy odruchu bezwa-

runkowym nie daje tak szybkiego zmęczenia. Prawdopodobnie chodzi tu o jakieś zupełnie specyficzne własności tych podniet, które przenoszą się po przypadkowych drogach dośrodkowych.

Ze wszystkiego, co dotychczas mówiliśmy widać, że nowy nasz przedmiot podlega badaniu ściśle obiektywnemu i całkowicie należy do fizjologii. Nie ulega niemal wątpliwości, że analiza tej grupy podniet, które dochodzą do układu nerwowego ze świata zewnętrznego, wykaze nam takie prawa działalności nerwowej i ujawni nam jej mechanizm z takich stron, które dotychczas bądź zupełnie nie są uwzględniane, bądź też są tylko słabo zaznaczone przy badaniu zjawisk nerwowych.

Aczkolwiek nowe zjawiska są bardzo skomplikowane, posiadają one jednak dla badania pewne wygody. W dotychczasowych badaniach mechanizmu układu nerwowego doświadczenia dokonywano na zwierzęciu bezpośrednio po operacji, a prócz tego, co ważniejsze, drażniono w doświadczeniach pnie nerwowe, t. j. jednocześnie i w ten sam sposób pobudzano całą masę najbardziej różnorodnych włókien nerwowych w kombinacjach, które normalnie nigdy nie zachodzą. Nic dziwnego, że niełatwo nam odkryć prawa normalnej działalności układu nerwowego, gdy sztuczne nasze bodźce wytwarzają w układzie tym stan chaotyczny. W warunkach naturalnych, jak to się dzieje w naszych nowych doświadczeniach, stosuje się podniety izolowane, o odpowiedniej intensywności.



Chociaż wyższość, o której mówiliśmy, dotyczy wszystkich doświadczeń „psychicznych”, nasze zjawiska, obserwowane na gruczołach ślinowych, posiadają jeszcze specjalną przewagę. W przedmiocie z natury swej tak bardzo złożonym, jak przedmiot naszych badań, pewne uproszczenia są niezbędne. W naszym przypadku rola gruczołów ślinowych jest tak prosta, że związki tych gruczołów z warunkami otaczającymi powinny być również proste i dostępne dla badania i interpretacji. Coprawda, nie należy przypuszczać, że rola fizjologiczna gruczołów ślinowych ogranicza się tylko do funkcji, wymienionych w powyższych wywodach. Naprzykład, ślina, jak to się często widzi, potrzebna jest zwierzęciu do oblizywania i leczenia ran i, być może, tutaj tkwi przyczyna tego, że wydzielanie śliny można otrzymać przez drażnienie najrozmaitszych nerwów dośrodkowych. Pomimo to jednak, stosunki fizjologiczne gruczołów ślinowych są znacznie prostsze, niż czynności fizjologiczne mięśni szkieletowych, przy pomocy których organizm w tak niezmiernie różnorodny sposób związany jest ze światem otaczającym. Prócz tego zaś, zestawienie reakcji wydzielniczej, a specjalnie ślinowej, z reakcją ruchową da nam możliwość, z jednej strony, odróżnić to co ogólne od szczegółów, z drugiej zaś strony, pozbyć się tych szablonowych, antropomorficznych wyobrażeń, do których jesteśmy przyzwyczajeni przy rozpatrywaniu reakcyj ruchowych zwierząt.

Po skonstatowaniu możliwości analizy i systematyzacji naszych zjawisk, następną fazą pracy, którą czę-

ściowo już rozpoczęliśmy, będzie systematyczne rozczłonkowanie i wytwarzanie uszkodzeń ośrodkowego układu nerwowego, żeby zobaczyć, jak będą się przy tem zmieniać zbadane uprzednio stosunki. W ten sposób można będzie stosunki te analizować, dzięki czemu powstanie, jak sędzę, już w niedalekiej przyszłości nowa psychopatologia doświadczalna.

Również i pod tym względem, gruczoły ślinowe okażą się niewątpliwie bardzo dogodnym objektem badania. Układ nerwowy, mający związek z działalnością ruchową, jest tak bardzo złożony i zajmuje tak wielką część tkanki mózgowej, że często już niewielkie uszkodzenie może dać niepożądane i nader skomplikowane rezultaty. Układ nerwowy gruczołów ślinowych, dzięki ich niewielkiemu znaczeniu fizjologicznemu, stanowi, jak należy przypuszczać, tylko nieznaczną część masy mózgowej i wskutek tego jest rozmieszczony w mózgu na tak małych przestrzeniach, że jego częściowe izolowane uszkodzenie nie będzie przedstawiało tych trudności, jakie istnieją pod tym względem w mechanizmie unerwiających ruchy. Oczywiście, doświadczenia psychopatologiczne były rozpoczęte wówczas, gdy fizjology zaczęli usuwać różne części ośrodkowego układu nerwowego i obserwowali zwierzęta, które pozostały przy życiu po tych operacjach. Ostatnie 20—30 lat dały nam w tej dziedzinie kilka zasadniczych faktów. Znamy już wyraźnie ograniczenia zdolności przystosowawczych zwierzęcia po usunięciu kory mózgowej, lub jakichś jej

części. Nie doszło jednak dotychczas jeszcze do tego, aby badania te były ujęte, jako specjalny odrębny rozdział fizjologii, aby odbywały się one stale według określonego planu. Przypuszczam, że przyczyna tego stanu rzeczy polega na tem, iż badacze dotychczas niedość obszernie i szczegółowo znają normalne stosunki zwierzęcia ze światem otaczającym i dlatego nie mogą w sposób obiektywny i ścisły porównywać stanu zwierzęcia przed i po operacji.

Jedynie, idąc drogą badania obiektywnego, możemy osiągnąć kompletną analizę tego nieograniczonego przystosowania w całej jego rozciągłości, jakie stanowi życie na ziemi. Czyż ruch roślin w kierunku światła i szukanie prawdy drogą analizy matematycznej nie są to w gruncie rzeczy zjawiska tego samego porządku? Czyż nie są to krańcowe ogniwa niemal nieskończonego łańcucha przystosowań, występujących w całym świecie żyjącym?

Jesteśmy w stanie analizować przystosowanie w jego najprostszyc postaciach, opierając się na faktach obiektywnych. Na jakiej zasadzie mielibyśmy zmienić tę metodę przy badaniu przystosowań wyższego rzędu!

Praca w tym kierunku została rozpoczęta na rozmaitych piętrach życia i znakomicie posuwa się naprzód, nie napotyając na przeszkody. Obiektywne badanie żywej materji, rozpoczynające się nauką o tropizmach<sup>(22)</sup> najprostszyc istot żyjących, może i powinno pozostać obiektywnem i wówczas, gdy dochodzi ono do najwyż-

szych przejawów organizmu, tak zwanych zjawisk psychicznych u wyższych zwierząt.

Kierując się podobieństwem lub tożsamością przejawów zewnętrznych, nauka prędzej czy później rozciągnie otrzymane fakty obiektywne i na nasz świat subiektywny i w ten sposób oświetli jasno naszą tak bardzo tajemniczą naturę, wyjaśni mechanizm i sens życiowy tego, co najbardziej zajmuje człowieka — jego świadomość, cierpienia jego świadomości. Dlatego właśnie w moich wywodach pozwoliłem sobie na pewną sprzeczność użytych słów. W tytule i w ciągu całego odczytu używałem słowa „psychiczny”, a jednocześnie przez cały czas omawiałem badania obiektywne, pozostawiając na uboczu stronę subiektywną. Zjawiska życiowe nazywane psychicznymi nawet wówczas, gdy są obserwowane u zwierząt w sposób obiektywny, różnią się, choćby pod względem stopnia złożoności, od zjawisk czysto fizjologicznych. Czyż jest rzeczą ważną, jak nazywać te zjawiska — psychicznymi, czy też złożonymi zjawiskami nerwowymi, w odróżnieniu od prostych zjawisk fizjologicznych, jeżeli tylko uświadomiliśmy sobie i przyznaliśmy, że naturalista może przystępować do nich wyłącznie od strony obiektywnej, bynajmniej nie troszcząc się o to, jaka jest ich istota.

Czyż nie jest jasnym, że współczesny witalizm, tak samo jak animizm miesza różne punkty widzenia: naturalisty i filozofa? Pierwszy z nich opierał zawsze wszystkie swe zdobycze na badaniu faktów obiektyw-



nych i ich zestawianiu, z zasady ignorując zagadnienia istoty i przyczyn ostatecznych; filozof, ucieleśniając najwyższe ludzkie dążenie do syntezy, choćby w obecnym czasie jeszcze fantastycznej, starając się dać odpowiedź na wszystko, czem człowiek żyje, musi już teraz stwarzać całość z subiektywnego i obiektywnego. Dla naturalisty wszystko polega na metodzie, która daje szanse wykrycia niezachwianej i pewnej prawdy i z tego tylko obowiązującego go punktu widzenia dusza, jako zasada naturalistyczna, nie tylko nie jest mu potrzebna, lecz przeciwnie, szkodziła by mu tylko w pracy, ograniczając śmiałość i głębię jego analizy.

## MÓZG I NAUKI PRZYRODNICZE \*

**M**OŻNA śmiało powiedzieć, że niewstrzymany rozwój nauk przyrodniczych poraz pierwszy od czasów Galileusza zatrzymał się przed najwyższym odinkiem mózgu, czyli, mówiąc ogólnie, przed narządem, od którego zależą najbardziej skomplikowane stosunki zwierząt ze światem zewnętrznym. I zdaje się, że stało się to nie bez przyczyny, bowiem mózg, który w najwyższej swej postaci — mózgu ludzkiego — stwarzał naukę przyrodniczą, sam tu się stał jej objektem.

Lecz rozpatrzmy bliżej tę sprawę. Fizjolog już od dawna wytrwale i systematycznie bada organizm zwierzęcy, posługując się metodami myślenia przyrodniczego. Obserwuje on zachodzące przed nim w czasie i przestrzeni zjawiska życiowe i usiłuje zapomocą doświadczeń określić stałe i elementarne warunki ich istnienia i przebiegu. Jego umiejętność przewidywania, jego władza nad zjawiskami żywymi tak samo stale się powiększa, jak wzrasta na oczach wszystkich opamiętanie przez naukę przyrody martwej. Gdy fizjolog ma do czynienia z podstawowymi czynnościami układu ner-

\* Mowa wygłoszona na zebraniu ogólnem XII Zjazdu Przyrodników i Lekarzy w Moskwie 28 grudnia 1909 r.

wowego: z procesami pobudzenia nerwowego i przewodnictwa, to choć natura tych zjawisk nie jest dziś jeszcze wyjaśniona, nie przestaje on być przyrodnikiem, badającym konsekwentnie różne wpływy zewnętrzne na te ogólne procesy nerwowe. Co więcej, gdy fizjolog zajmuje się niższym odcinkiem ośrodkowego układu nerwowego, rdzeniem kręgowym, gdy obserwuje, jak organizm, za pośrednictwem tego narządu, odpowiada na te lub inne wpływy świata otaczającego, t. j., gdy bada on zmiany żywej materji, zachodzące regularnie pod wpływem różnych czynników zewnętrznych — i wtedy pozostaje on przyrodnikiem. Tę prawidłową reakcję organizmu zwierzęcego na czynniki świata zewnętrznego, występującą za pośrednictwem niższych części ośrodkowego układu nerwowego, fizjolog nazywa odruchem. Odruch ten, jak należy oczekiwać z przyrodniczego punktu widzenia, jest ściśle specyficzny: dane zjawisko zewnętrzne warunkuje jedynie określone zmiany w organizmie.

Lecz oto fizjolog sięga do najwyższych odcinków ośrodkowego układu nerwowego i naraz sposób jego postępowania ulega radykalnej zmianie. Przestają go interesować zależności pomiędzy zjawiskami zewnętrznymi i odpowiednimi reakcjami zwierzęcia i zamiast ustalać te faktyczne stosunki, poczyną on czynić domysły na temat wewnętrznych stanów zwierzęcia, biorąc za wzór swoje własne stany subiektywne. Do tego czasu posiłkował się on ogólnymi pojęciami przyrodniczymi.

Teraz natomiast, zwrócił się do pojęć zupełnie mu obcych, które nie mają żadnej łączności z dawnymi, mianowicie do pojęć psychologicznych, krótko mówiąc, przeskoczył ze świata przestrzennego do bezprzestrzennego. Krok to, oczywiście, niezmiernej wagi. Co go wywołało? Jakie głębsze pobudki skłoniły do niego fizjologa? Jakaż walka poglądów poprzedziła jego wykonanie? Na wszystkie te pytania musimy dać zupełnie nieoczekiwaną odpowiedź: przed tym niezwykłym krokiem absolutnie nic nie zaszło w świecie naukowym. Nauka przyrodnicza reprezentowana tu przez fizjologów, badających wyższe odcinki ośrodkowego układu nerwowego, można powiedzieć nieświadomie, niepostrzeżenie dla samej siebie podporządkowała się potocznemu sposobowi myślenia o złożonej czynności zwierząt, przyjmując dla ich działania te same przyczyny, które my uznajemy i odczuwamy w sobie.

Tak więc, fizjolog opuścił tutaj mocną pozycję naukowo-przyrodniczą. Cóż zamiast niej uzyskał? Zaczepnął on pojęć z takiej dziedziny ludzkich zainteresowań myślowych, która mimo swego dawnego istnienia, według opinii jej własnych pracowników, nie zasługuje dotychczas jeszcze na to, aby nazywać ją nauką. Psychologja, mająca na celu poznanie wewnętrznego świata człowieka, dotychczas sama szuka swych prawdziwych metod. Fizjolog zaś wziął na siebie niewdzięczne zadanie snuć domysły o wewnętrznym świecie zwierząt.

Biorąc powyższe pod uwagę, nietrudno zrozumieć, że



badanie najbardziej złożonej działalności nerwowej zwierząt wyższych nie rusza z miejsca, choć nauka ta ma już za sobą około 100 lat istnienia. W początku siedemdziesiątych lat zeszłego stulecia praca nad wyższym odcinkiem mózgu otrzymała naprawdę silny impuls, lecz i on nie popchnął jej na szeroką i utoronaną drogę<sup>(23)</sup>. W ciągu paru lat otrzymano kilka bardzo ważnych faktów, następnie zaś badania znów stanęły w miejscu. Przedmiot badań jest, zdawałoby się, olbrzymi, a pomimo to tematy prac od przeszło 30 lat wciąż się powtarzają, nie wnosząc niemal żadnych nowych idei. Bezstronny fizjolog współczesny musi przyznać, że fizjologia wyższych odcinków mózgu znajduje się obecnie na bezdrożu. Tak więc, psychologja w charakterze sojuszniczki fizjologii nie dała tego, czego od niej oczekiwano.

Przy takim stanie rzeczy zdrowy rozsądek nakazuje, aby fizjologia powróciła i w tym wypadku na drogę przyrodniczą. Jak to powinna uczynić? Przy badaniu czynności wyższego odcinka ośrodkowego układu nerwowego fizjologia musi pozostać wierną tej metodzie, jaką stosuje przy badaniu niższych odcinków, t. j. powinna dokładnie zestawiać zmiany, zachodzące w świecie zewnętrznym, z odpowiadającymi im zmianami w organizmie żywym i ustalać prawa rządzące temi zależnościami. Lecz napozór przecież zależności te są tak bardzo złożone. Czyż jest rzeczą możliwą przystąpić do ich obiektywnej rejestracji? Na to rzeczywiście nad-

zwyczaj ważne pytanie można dać tylko jedną poważną odpowiedź. Będzie nią próba uporczywej i konsekwentnej pracy badawczej w tym kierunku. Obecnie szereg badaczy na rozmaitych gatunkach zwierząt próbuje takiego wyłącznie obiektywnego zestawiania świata zewnętrznego z organizmem żywym<sup>(24)</sup>.

Mam zaszczyt przedstawić Państwu taką próbę badania najbardziej złożonej czynności nerwowej u wyższego zwierzęcia, mianowicie u psa. W dalszych wywodach opieram się na dziesięcioletniej pracy prowadzonych przezemnie laboratorjów, w których liczni młodzi pracownicy wraz ze mną próbowali szczęścia na nowej drodze badań. Owa 10-letnia praca, w ciągu której oparowały nas z początku dręczące wątpliwości, a następnie coraz częściej dodawało nam zapału poczucie mocnej wiary w to, że wysiłki nasze nie są daremne, stanowi, jak jestem o tem przekonany, bezsporną odpowiedź pozytywną na postawione wyżej pytanie.

Cała ta, odkrywająca się przed nami z naszego punktu widzenia, działalność wyższego odcinka układu nerwowego ukazała się nam w postaci dwóch podstawowych mechanizmów nerwowych: po pierwsze, w postaci mechanizmu czasowych połączeń, polegającego jakgdyby na spajaniu przewodników między zjawiskami świata zewnętrznego i odpowiednimi reakcjami organizmu zwierzęcego i po drugie, w postaci mechanizmu analizatorów.

Zatrzymamy się na każdym z nich oddzielnie.

Wspomniałem wyżej, że w niższych częściach ośrodkowego układu nerwowego fizjologja już oddawna ustaliła istnienie mechanizmu, zwanego odruchem. Jest to stałe połączenie, za pośrednictwem układu nerwowego, określonych zjawisk świata zewnętrznego z odpowiadającymi im reakcjami organizmu. Ponieważ połączenie to jest proste i stałe, przeto było rzeczą naturalną nazwać taki odruch — bezwarunkowym. W wyższym odcinku układu nerwowego, jak wynika z otrzymanych przez nas faktów, wytworzył się mechanizm połączeń czasowych. Zjawiska świata otaczającego, za pośrednictwem tego odcinka, bądź znajdują swe odbicie w działalności organizmu, przetwarzając się w jego czynności, bądź też pozostają dla organizmu obojętne, nieprzetwarzalne, jakby nieistniejące. Było rzeczą naturalną nazwać owe połączenia czasowe, te nowe odruchy — odruchami warunkowymi. Cóż daje organizmowi mechanizm połączenia czasowego? I kiedy pojawia się to połączenie, czyli odruch warunkowy? Zaczniemy od przykładu. Najbardziej istotnym związkiem, jaki łączy organizm zwierzęcia ze światem otaczającym, jest związek zachodzący poprzez pewne ciała chemiczne, które stale przenikają do organizmu, t. j. poprzez pokarm. Na niższych szczeblach świata zwierzęcego do przemiany pokarmowej prowadzi zazwyczaj jedynie bezpośrednio zetknięcie się organizmu z pokarmem. Na wyższych szczeblach stosunki te stają się bardziej skomplikowane i luźne. Tutaj zapachy, dźwięki i obrazy kierują zwie-

rzęta poprzez znaczne obszary świata otaczającego ku substancji pokarmowej. Na najwyższym zaś szczeblu dźwięki mowy oraz znaki pisane i drukowane rozpraszają masę ludzką po całej powierzchni globu ziemskiego w poszukiwaniu chleba powszedniego. W ten sposób niezliczone, różnorodne i oddalone czynniki zewnętrzne stanowią jakby sygnały pożywienia i prowadzą wyższe zwierzęta do zdobywania go i wytwarzania w ten sposób kontaktu pokarmowego ze światem zewnętrznym. Równoległe ze zwiększaniem się różnorodności i oddalenia owych czynników, zachodzi przemiana ich stałych połączeń z organizmem na czasowe. Po pierwsze bowiem, związki odległe są z natury rzeczy czasowe i zmienne; po drugie zaś, ze względu na ich ogromną ilość, żaden najbardziej pojemny aparat nie mógłby ich pomieścić w postaci połączeń stałych. Dany obiekt pokarmowy może się znajdować raz w jednym, drugi raz w innym miejscu, występować z temi lub innymi zjawiskami, stanowić element różnych układów świata zewnętrznego. Dlatego też coraz to inne zjawiska przyrody powinny wywierać na organizm wpływ pobudzający, wywołując dodatnią reakcję ruchową (w szerokim znaczeniu tego słowa) w kierunku tego obiektu. Ażeby jasno wykazać, że bardziej oddalone połączenia nie mogą być stałe, pozwolę sobie użyć porównania. Proszę sobie przedstawić, że zamiast połączenia przez centralę, które jest połączeniem czasowym, wszyscy abonenci telefoniczni są ze sobą połączeni na stałe.



Urządzenie takie musiałyby być bardzo drogie, niezmiernie złożone i w gruncie rzeczy niewykonalne. Tak więc to, co tracimy przez pewną warunkowość połączeń (nie w każdej chwili można je otrzymać), zyskujemy niepomierne na ich zasięgu.

W jaki sposób ustala się czasowe połączenie, t. j. jak tworzy się odruch warunkowy? Ażeby to nastąpiło, musi nowy, obojętny czynnik pojawić się raz lub kilka razy jednocześnie z czynnikiem związanym już z organizmem, t. j. takim, który przetwarza się w tę lub inną jego czynność. Nowy czynnik wstępuje wówczas w ten sam związek, co pierwszy i przejawia się w tej samej czynności. W ten sposób nowy, warunkowy odruch powstaje przy pomocy starego. Proces wytwarzania się odruchów warunkowych odbywa się w wyższej części układu nerwowego w sposób następujący. Jeżeli nowa podnieta, poprzednio obojętna, trafiając do kory mózgowej, znajduje w owej chwili w układzie nerwowym ognisko silnego pobudzenia, zmierza ona wówczas ku temu ognisku, jakby torując sobie do niego drogę, a stamtąd dociera do odpowiedniego narządu, stając się w ten sposób bodźcem dla czynności tego narządu. W wypadku przeciwnym, gdy ogniska niema, podnieta rozprasza się po korze mózgowej, nie wywołując widocznego efektu. W taki sposób formułuje się zasadnicze prawo wyższej części układu nerwowego.

Pozwolę sobie teraz możliwie krótko zilustrować przy pomocy faktów to, co przed chwilą powiedziałem

o mechanizmie tworzenia się odruchu warunkowego.

Cała nasza praca została dotychczas wykonana wyłącznie na drobnym narządzie, posiadającym małe znaczenie fizjologiczne, mianowicie na gruczole ślinowym. Wybór ten, choć spoczątku przypadkowy, okazał się niezwykle udanym, prosto szczęśliwym. Po pierwsze, czynił on zadość podstawowej zasadzie myślenia naukowego, aby w dziedzinie zjawisk skomplikowanych zacząć od wypadku najprostszego; po drugie, na naszym narządzie można było wyraźnie odróżnić prostą postać czynności nerwowej od złożonej tak, że z łatwością można je było porównywać. To zaś doprowadziło właśnie do wyjaśnienia sprawy. W fizjologii wiadomo było oddawna, że gruczoł ślinowy zaczyna pracować, t. j. dostarczać cieczy do jamy ustnej, przy wprowadzeniu do ust pokarmu albo też innych substancji drażniących i że powyższe zjawisko zachodzi przy pomocy określonych nerwów. Nerwy te, odbierając podrażnienia, pochodzące od mechanicznych i chemicznych własności ciał, które trafiły do ust, przewodzą te podrażnienia do ośrodkowego układu nerwowego, a stamtąd do gruczołu, wywołując w nim wytwarzanie się śliny. Jest to stary odruch, według naszej terminologii, bezwarunkowy, stały związek nerwowy, prosta czynność, odbywająca się również u zwierząt, pozbawionych wyższego odcinka mózgu. Prócz tego jednak, wiadomo nietylko fizjologom, ale wszystkim ludziom, że gruczoł ślinowy pozostaje

staje w złożonych stosunkach ze światem zewnętrznym, gdy np. widok pokarmu, a nawet myśl o nim wywołuje u głodnego człowieka lub zwierzęcia wydzielanie śliny. Według dawnej terminologii oznaczało to, że wydzielanie śliny może być pobudzane również psychicznie. Dla tej złożonej czynności nerwowej niezbędna jest wyższa część mózgu.

Otóż, w tym właśnie wypadku analiza nasza wykazała, że u podstawy owej złożonej czynności nerwowej gruczołu ślinowego, tych jego najbardziej skomplikowanych stosunków ze światem zewnętrznym, leży mechanizm czasowego połączenia — odruchu warunkowego, który w sposób ogólny poprzednio opisałem. W naszych doświadczeniach sprawa przybrała kształty wyraźne i niewątpliwe. Wszystkie zjawiska świata zewnętrznego, jak dźwięki, obrazy, zapachy i t. d. mogły być czasowo połączone z gruczołem ślinowym, z nich wszystkich można było uczynić bodźce, wywołujące wydzielanie śliny, o ile tylko występowały one jednocześnie z odruchem bezwarunkowym, z wydzielaniem śliny, wywołanem przez substancje, trafiające do jamy ustnej. Mówiąc krócej, mogliśmy wytworzyć dowolną ilość wszelkiego rodzaju odruchów warunkowych, których efektem była czynność gruczołu ślinowego.

Obecnie nauka o odruchach warunkowych, na podstawie prac jedynie naszych laboratorjów, tworzy obszerny rozdział fizjologii, zawierający wielką ilość faktów i ściśle prawa, które je wiążą. Oto najogólniejszy

zaledwie zarys, lub, ściślej mówiąc, podstawowe rubryki tego rozdziału. Przedewszystkiem znamy dość liczne szczegóły, dotyczące szybkości tworzenia się odruchów warunkowych. Znamy również różne rodzaje odruchów warunkowych z ich ogólnymi własnościami. Dalej, ponieważ odruchy warunkowe mają, jako siedzibę, wyższy odcinek układu nerwowego, gdzie stale spotykają się niezliczone wpływy świata zewnętrznego, jest oczywiste, że między różnorodnymi odruchami warunkowymi wre nieustająca walka i w każdej chwili odbywa się ich selekcja. Stąd pochodzą stałe wypadki hamowania tych odruchów. Dotychczas zostały ustalone trzy rodzaje hamulców: proste, gasnące i warunkowe. Wszystkie one razem stanowią grupę hamulców zewnętrznych, ponieważ tworzą się przez dołączenie do bodźca warunkowego jakiegoś obcego zewnętrznego czynnika<sup>(25)</sup>. Z drugiej strony, wytworzony odruch warunkowy, jedynie mocą wewnętrznych swoich stosunków, ulega stałym wahaniom, nawet do całkowitego krótkotrwałego zniknięcia, mówiąc krócej. — bywa wewnętrznie hamowany. Na przykład, jeżeli nawet bardzo stary odruch warunkowy powtarza się kilkakrotnie, przyczem nie towarzyszy mu ten odruch bezwarunkowy, przy pomocy którego został wytworzony, wówczas zaczyna on stopniowo tracić na sile i prędzej czy później dochodzi do zera. Innymi słowy, gdy tylko odruch warunkowy, jako sygnał, zaczyna sygnalizować błędnie, traci on stopniowo swoje działanie pobudzające. Utrata tego działania nie za-





chodzi drogą niszczenia odruchu warunkowego, lecz skutek czasowego wewnętrznego jego zahamowania. Świadczy o tem fakt, że wygasły w ten sposób odruch warunkowy po pewnym czasie wraca samorzutnie do dawnego stanu. Istnieją jeszcze i inne wypadki hamowania wewnętrznego. Następnie, w doświadczeniach zjawily się nowe ważne dane. Okazało się mianowicie, że, oprócz pobudzenia i hamowania pobudzenia, istnieje również często i hamowanie hamowania, czyli rozhamowanie<sup>(26)</sup>. Nie można powiedzieć, który z tych trzech aktów jest ważniejszy. Należy prosto skonstatować, że cała czynność nerwowa, tak jak się ona przejawia w odruchach warunkowych, polega na ustawicznych zmianach, albo raczej balansowaniu tych trzech podstawowych procesów: pobudzenia, hamowania i rozhamowania.

Przechodzę do drugiego podstawowego mechanizmu, o którym wyżej wspomniałem — do mechanizmu analizatorów.

Jak było wyżej wskazane, czasowe połączenie stało się koniecznością, gdy stosunki zwierzęcia ze światem zewnętrznym uległy skomplikowaniu. Jednak to skomplikowanie wymaga od organizmu zdolności rozkładania świata zewnętrznego na oddzielne części. W rzeczy samej, każde zwierzę wyższe posiada różnorodne i niezwykle subtelne analizatory. Są to te narządy, które dotychczas były nazywane narządami zmysłowymi. Fizjologia ich, jak wskazuje sama nazwa tych narządów,

składa się w ogromnej swej części z materiału subiektywnego, t. j. z obserwacji i doświadczeń nad doznaniem i wyobrażeniami ludzi. Wskutek tego jest ona pozbawiona wszystkich tych szczególnych metod i ułatwień, które dostarcza badanie obiektywne i prawie nieograniczone w swym zastosowaniu doświadczenie na zwierzętach. Coprawda, ten dział fizjologii, dzięki zainteresowaniu się nim kilku genialnych badaczy<sup>(27)</sup>, jest pod pewnymi względami jednym z najlepiej opracowanych i zawiera wiele danych o pierwszorzędnej znaczeniu naukowym. Lecz powyższa doskonałość badania dotyczy głównie kwestyj fizycznych, związanych z pracą tych narządów, jak na przykład w oku — warunków tworzenia się wyraźnego obrazu na siatkówce. W części czysto fizjologicznej, t. j. w badaniach, dotyczących warunków i rodzajów pobudliwości zakończeń nerwowych danego narządu zmysłowego, mamy już wiele nierozwiązanych zagadnień. W części zaś psychologicznej, t. j. w nauce o wrażeniach i wyobrażeniach, powstających przez podrażnienie tych narządów, pomimo bystrości i subtelnej spostrzegawczości, jaką wykazali tutaj autorzy, w istocie rzeczy zostały ustalone jedynie elementarne fakty. To, co genialny Helmholtz oznaczył znanym terminem „nieświadomego wnioskowania” odpowiada oczywiście mechanizmowi odruchu warunkowego. Gdy np. fizjolog dochodzi do przekonania, że dla wytworzenia sobie pojęcia o rzeczywistej wielkości przedmiotu niezbędna jest określona wielkość obrazu na

siatkówce i jednocześnie określona praca zewnętrznych i wewnętrznych mięśni oka, konstatuje on mechanizm odruchu warunkowego. Określona kombinacja podnieć idących od siatkówki i od wspomnianych mięśni, występując kilkakrotnie jednocześnie z podniećmi dotykowymi, wywołanymi przez przedmiot określonej wielkości, staje się sygnałem, bodźcem warunkowym dla rzeczywistej wielkości przedmiotu. Z tego punktu widzenia, którego słuszność nie ulega chyba kwestji, podstawowe fakty części psychologicznej nauki o czynnościach oka stanowią według fizjologii jedynie szereg odruchów warunkowych, t. j. elementarnych zjawisk złożonej czynności analizatora wzrokowego. Reasumując, możemy powiedzieć, że zarówno tutaj, jak i we wszystkich działach fizjologii, nieskończenie więcej od tego, co jest wiadome, pozostaje do zbadania.

Analizator jest to złożony mechanizm nerwowy, który rozpoczyna się od zewnętrznego aparatu odbiorczego, a kończy się w mózgu, w niższym albo w wyższym jego odcinku, w tym ostatnim wypadku, w sposób bezporównania bardziej skomplikowany. Faktem podstawowym fizjologii analizatorów jest to, że każdy aparat obwodowy jest swojego rodzaju transformatorem, przekształcającym określony rodzaj zewnętrznej energii w proces nerwowy. Następnie zaś idzie długi szereg zagadnień albo zupełnie, albo niemal zupełnie nierozwiązanych. Dzięki jakiemu procesowi dokonywa się w ostatniej instancji owa transformacja? Na czym oparta jest

sama analiza? Jakie czynności analizatora należy odnieść na karb budowy aparatu obwodowego i zachodzących w nim procesów, a jakie na karb mózgowego końca analizatora? Jakie następujące po sobie etapy wykazuje owa analiza, poczynając od stopni bardziej prostych do najwyższych? I wkońcu, według jakich praw ogólnych odbywa się ona? W chwili obecnej wszystkie te zagadnienia podlegają obiektywnemu badaniu na zwierzętach przy pomocy odruchów warunkowych.

Przez wytworzenie czasowego połączenia między tem lub innym zjawiskiem przyrody i organizmem z łatwością można określić do jakiego stopnia rozczłonkowania świata otaczającego zdolny jest dany analizator zwierzęcia. Naprzykład u psa można bez trudności i zupełnie ściśle ustalić, że jego analizator słuchowy nie tylko różni najbardziej subtelne odcienie i drobne części tonów, ale również zdolny jest trwale utrzymywać to różnicowanie, t. j. pies posiada to, co u ludzi nazywa się słuchem absolutnym. Prócz tego pobudliwość jego sięga o wiele dalej w kierunku wysokich tonów, dochodząc do 80—90 tysięcy drgań na sekundę, podczas gdy górna granica słuchu ludzkiego wynosi zaledwie 40—50 tysięcy.

Oprócz tego, przy badaniu obiektywnem ujawniają się ogólne reguły, według których odbywa się analiza. Najważniejsza reguła — to stopniowość analizy. Dany analizator bierze spoczątku udział w odruchu warunkowym, w czasowym połączeniu, przy pomocy czynno-



ści bardziej ogólnej i prymitywnej, a następnie dopiero, drogą stopniowego różniczkowania dochodzi do tego, że bodźcem warunkowym pozostaje czynność jego najsubtelniejszej i najdrobniejszej części. Np., jeżeli przed zwierzęciem ukazuje się oświetlona figura, to spoczątku jako bodziec działa wogóle wzmożone oświetlenie i dopiero w następstwie może być wytworzony specjalny bodziec z samej figury.

Następnie, w doświadczeniach nad odruchami warunkowymi na zwierzętach występuje wyraźnie ogólny fakt, że różniczkowanie osiąga się drogą powstrzymującego procesu, jakby przez tłumienie wszystkich innych części analizatora, oprócz określonej. Stopniowy rozwój tego procesu jest przyczyną stopniowego wytwarzania się analizy. Że tak jest w istocie, dowodzą tego liczne doświadczenia. Oto np., jeżeli przez wprowadzenie środków podniecających, jak kofeiny, zakłócimy w kierunku pobudzenia równowagę między procesem pobudzającym a hamującym, wówczas trwale wyrobione różniczkowanie zostanie wybitnie naruszone, dochodząc w wielu wypadkach aż do całkowitego zaniku, oczywiście przejściowego.

Metoda obiektywna badania analizatorów okazała się dogodna również w doświadczeniach, dotyczących uszkodzeń kory mózgowej. W doświadczeniach tych wystąpił ważny i ścisły fakt: im bardziej uszkodzony jest koniec mózgowy jakiegoś analizatora, tem bardziej niedokładną staje się jego praca. Analizator ten, jak dawniej,

tworzy czasowe połączenia, lecz jedynie przy pomocy swej czynności bardziej ogólnej. Np., przy znacznem zniszczeniu końca mózgowego analizatora wzrokowego, ta lub inna intensywność oświetlenia z łatwością staje się bodźcem warunkowym, natomiast oddzielne przedmioty, określone kombinacje światła i cienia, nazawsze tracą swoje specjalne działanie pobudzające.

Kończąc opis części faktycznej nowej dziedziny badań, nie mogę powstrzymać się od scharakteryzowania wkrótkości specjalnych warunków pracy w tej dziedzinie. Cały czas badacz czuje pod swojemi stopami mocny grunt, a jednocześnie niezwykle płodny. Ze wszystkich stron obstępują go zagadnienia i zadanie sprowadza się jedynie do uszeregowania ich w sposób najbardziej celowy i naturalny. Pomimo szybkich postępów pracy badawczej, nosi ona cały czas niezmiernie rzeczowy charakter. Ten, kto tego nie doświadczył, nie będzie skłonny uwierzyć, jak często napozór najbardziej złożone, wprost zagadkowe z psychologicznego punktu widzenia stosunki ulegają jasnej i płodnej obiektywnej analizie fizjologicznej, łatwo dającej się sprawdzić na wszystkich jej etapach przy pomocy odpowiednich doświadczeń. Tych, którzy pracują nad powyższymi zagadnieniami, ogarnia często uczucie podziwu przed wprost nieprawdopodobną potęgą, jaką wykazuje badanie obiektywne w tej nowej dziedzinie najbardziej złożonych zjawisk. Jestem przekonany, że nadzwyczajny zapał i prawdziwa namiętność do pracy

twórczej musi porwać każdego, kto będzie wstępował w tę nową dziedzinę badań.

Tak więc na ściśle obiektywnej, przyrodniczej podstawie są opracowywane prawa złożonej działalności nerwowej i stopniowo wyjaśniają się jej tajemnicze mechanizmy. Byłoby nieusprawiedliwioną pretensją twierdzić, że dwa opisane ogólne mechanizmy wyczerpują raz na zawsze całą złożoną działalność nerwową wyższego zwierzęcia. Nie jest to jednak ważne. Przyszłość badania naukowego zawsze jest ciemna i pełna niespodzianek. W danym wypadku to jest istotne, że na czysto przyrodniczym gruncie, pod kierownictwem podstawowych, czysto przyrodniczych pojęć, otwiera się ogromny, nie dający się objąć okiem, horyzont badań.

W całkowitej harmonji z temi podstawowemi pojęciami o najbardziej złożonej czynności organizmu zwierzęcego znajdują się te ogólne wyobrażenia, jakie nasuwa nam stanowisko przyrodnicze. Jako cząstka przyrody, każdy organizm stanowi złożony, ograniczony układ, w którym, w każdej chwili jego istnienia, siły wewnętrzne równoważą się z siłami zewnętrznymi środowiska otaczającego. Im organizm jest bardziej skomplikowany, tem subtelniejsze, liczniejsze i różnorodniejsze są elementy utrzymujące tę równowagę. Do tego celu służą analizatory i mechanizmy zarówno stałych, jak i czasowych połączeń, ustalające najbardziej subtelne stosunki wzajemne pomiędzy najdrobniejszymi elementami świata zewnętrznego i najdelikatniejszymi reakcjami

organizmu zwierzęcego. W ten sposób całe życie organizmów od najprostszyc do najbardziej złożonych, włączając oczywiście człowieka, stanowi długi szereg coraz bardziej komplikujących się do najwyższego stopnia stanów równowagi ze środowiskiem zewnętrznym. Nadejście czas — choć daleki — gdy analiza matematyczna, opierając się na nauce przyrodniczej, obejmie olbrzymimi formułami równań wszystkie te siły, utrzymujące równowagę, włączając do nich wkońcu i samą siebie.

Mówiąc to wszystko, pragnąłbym uniknąć nieporozumienia, które może dotyczyć mego stanowiska. Nie neguję bynajmniej psychologii, jako poznania wewnętrznego świata człowieka. Tem mniej skłonny jestem negować cokolwiek z najgłębszych pragnień ducha ludzkiego. To, co na tem miejscu głoszę obecnie i czego bronię, jest to tylko absolutne i bezsprzeczne uprawnienie myśli przyrodniczej do badań w takim zakresie, w jakim może ona przejawić swą moc. A kto wie, gdzie kończą się jej możliwości!

Na zakończenie niech mi wolno będzie powiedzieć kilka słów o życiowych, że tak powiem, warunkach, w jakich odbywają się badania w tej nowej dziedzinie.

Dla badacza, który odważył się rejestrować wszystkie wpływy środowiska otaczającego na organizm zwierzęcy, potrzebne są zupełnie wyjątkowe środki badania. Powinien on mieć w ręku wszystkie wpływy zewnętrzne. Oto dlaczego dla tych badań konieczny jest zupełnie specjalny, nieistniejący dotychczas typ pracowni, gdzie



niema przypadkowych dźwięków, nagłych zmian oświetlenia, szybko zmieniających się prądów powietrza i t. d., gdzie, jednym słowem, warunki są możliwie stale jednakowe i gdzie badacz ma do dyspozycji nici od wszystkich czynników, wytwarzających najrozmaitsze rodzaje energii, które zmienia on w najszerszym zakresie, korzystając z odpowiednich analizatorów oraz przyrządów mierniczych. Tutaj, zaiste, powinny odbyć się zawody pomiędzy współczesną techniką instrumentacji fizycznej i doskonałością analizatorów zwierzęcych. Jednocześnie, będzie to najściślejsze przymierze fizjologii i fizyki, na którym, należy przypuszczać, niemało skorzysta również fizyka.

W obecnym czasie, w warunkach teraźniejszych pracowni, praca, o której tutaj mowa, jest niezmiernie ograniczona i prócz tego nader uciążliwa dla eksperymentatora. Tygodniami przygotowujemy się do doświadczenia i w ostatniej, decydującej chwili, gdy z niepokojem oczekujemy odpowiedzi — nieoczekiwane wstrząśnienie budynku, hałas, który doszedł z ulicy i t. p., niszczą nasze nadzieje i pożądana odpowiedź zostaje odłożona na czas nieograniczony.

Właściwa pracownia dla badań powyższych sama przez się jest wielkim dziełem naukowem i pragnąłbym, aby u nas, gdzie rozpoczęto tego rodzaju badania, została również utworzona pierwsza odpowiednia pracownia, ażeby całe to, jak mi się wydaje, ogromnie ważne przedsięwzięcie naukowe, stało się całkowicie naszym

dobytkiem, naszą zasługą. Oczywiście, może to dojść do skutku jedynie drogą zainteresowania się tą sprawą społeczeństwa i dzięki jego inicjatywie (<sup>28</sup>).

## KRÓTKI ZARYS WYŻSZYCH CZYNNOSCI UKŁADU NERWOWEGO \*

**O**BECNIE, na zasadzie niemal 30 letniej pracy doświadczalnej, wykonanej przezemnie oraz mych licznych współpracowników, mam pełne prawo utrzymywać, że wszystkie zewnętrzne czynności wyższego zwierzęcia, jakiem jest pies, narówni z wewnętrzną jego działalnością, mogą być z zupełnem powodzeniem badane czysto fizjologicznie, t. j. przy pomocy metod fizjologii, w kategorjach fizjologii układu nerwowego.

Przytoczone niżej ogólne dane faktyczne mogą służyć jako dowód tego twierdzenia.

Działalność układu nerwowego polega, z jednej strony, na łączeniu i integracji pracy wszystkich części organizmu, z drugiej zaś — na wytwarzaniu związków organizmu z otoczeniem i utrzymywaniu równowagi między organizmem, a warunkami zewnętrznymi. Pierwszą z tych działalności możnaby nazwać niższą czynnością układu nerwowego, w przeciwieństwie do drugiej, oznaczanej zazwyczaj, jako *zachowanie się* zwierząt

\* Artykuł, zamieszczony w amerykańskim zbiorze „Psychologies of 1930“.



i człowieka, która, naskutek swej złożoności i subtelności, winna nosić nazwę wyższej czynności nerwowej.

Głównym przejawem wyższej czynności zwierzęcia, t. j. jego najwidoczniejszą reakcją na świat zewnętrzny jest ruch — wynik pracy układu mięśni szkieletowych z pewnym udziałem wydzielania, jako rezultatu czynności tkanki wydzielniczej. Ruch mięśni szkieletowych, który, będąc zapoczątkowanym w niższych częściach układu nerwowego, przejawia się w postaci czynności oddzielnych mięśni i ich niewielkich grup, w wyższych częściach osiąga znaczną integrację, tworząc akty lokomocyjne i utrzymując równowagę poszczególnych części ciała wobec siły ciężenia. Następnie organizm, znajdując się wśród otaczających go warunków, wykonywa specjalne ruchy, zabezpieczające zachowanie osobnika i gatunku. Będą to reakcje: pokarmowa, obronna, płciowa i inne, częściowo ruchowe, częściowo zaś wydzielnicze. Te specjalne akty ruchowe i wydzielnicze odbywają się z jednej strony przy całkowitem zespoleniu wewnętrznej działalności organizmu, t. j. przy odpowiedniej pracy wewnętrznych narządów, niezbędnej dla wykonania danej zewnętrznej czynności ruchowej; z drugiej strony akty te można wywołać w sposób stereotypowy przez nieliczne i ściśle określone podniety zarówno zewnętrzne, jak i wewnętrzne. Nazywamy te akty — najbardziej złożonemi, specjalnemi odruchami bezwarunkowemi. Inni badacze nadają im rozmaite nazwy: instynktów, tendencyj i t. d. Czynniki, które

wywołują te akty, nazywamy bodźcami bezwarunkowemi. Anatomicznem podłożem tych czynności są zwoje podkorowe, leżące najbliżej kory mózgowej, t. zw. węzły podstawne.

Powyzsze specjalne, bezwarunkowe odruchy stanowią istotną podstawę zewnętrznej działalności zwierzęcia. Lecz czynności te u zwierząt wyższych same przez się, bez dodatkowych funkcj, nie wystarczają dla zachowania osobnika i gatunku. Pies bez kory mózgowej jest zdolny do wszystkich tych czynności, a jednak pozostawiony samemu sobie, niezawodnie bardzo prędko zginie. Żeby osobnik i gatunek mogły przetrwać, musi być dołączone do zwojów podkorowych dodatkowe urządzenie — kora mózgowa. Narząd ten przenikliwie i rozlegle analizuje i syntetyzuje otoczenie, t. j. bądź wyodrębnia, bądź też zlewa różne jego elementy, ażeby elementy te i ich kombinacje przetworzyć w niezliczone sygnały, zwiastujące zasadnicze, niezbędne dla organizmu czynniki otoczenia, ku którym skierowana jest czynność zwojów podkorowych. W ten sposób zwoje podkorowe posiadają możność ścisłego i subtelnego przystosowania swej funkcji do warunków zewnętrznych, dzięki czemu osobnik odnajduje pożywienie tam, gdzie ono jest, skutecznie unika niebezpieczeństw i t. d. Przytem dalszy ważny szczegół polega na tem, że owe niezliczone oddzielne lub też skombinowane czynniki zewnętrzne nie są stałemi bodźcami, pobudzającemi zwoje podkorowe; spełniają one tę funkcję czasowo, stosow-

nie do nieustannych wahań środowiska zewnętrznego i tylko dopóty, dopóki sygnalizują prawidłowo zasadnicze i niezbędne dla zwierzęcia warunki istnienia, które stanowią bodźce bezwarunkowe dla zwojów podkorowych.

Lecz szczegółowa analiza i synteza, wykonywana przez korę mózgową, nie ogranicza się tylko do świata zewnętrznego. Również takiej analizie i syntezie podlega i świat wewnętrzny ustroju, t. j. zachodzące w nim zmiany organiczne. Szczególnie w wysokim stopniu syntezie i analizie podlegają zjawiska, zachodzące w układzie mięśni szkieletowych, mianowicie, napięcie i jego trwanie, zarówno w obrębie pojedynczych mięśni, jak i w niezliczonych ich zespołach. Te najsubtelniejsze elementy i momenty działalności mięśni szkieletowych są takimi samymi podnietami, jak podniety pochodzące z zewnętrznych receptorów, t. j. mogą czasowo łączyć się zarówno z działalnością samej masy mięśniowej, jak i ze wszystkimi innymi czynnościami organizmu. W ten sposób, wykonywując wyżej opisane, specjalne odruchy bezwarunkowe, ustrój osiąga nadzwyczaj różnorodne i dokładne przystosowanie działalności mięśniowej do warunków otaczającego i wciąż zmieniającego się środowiska. Przy pomocy takiego mechanizmu powstają nasze najdrobniejsze ruchy, nabyte przez ćwiczenie, np. ruchy rąk. Do takich ruchów należą i ruchy mowy.

Prócz tego, kora mózgową, dzięki wyjątkowej jej

wrażliwości i podatności, przyczynia się, na zasadzie dotychczas jeszcze nieznanego mechanizmu, do tego, że silne, lecz z natury bezwładne ośrodki podkorowe reagują w odpowiedni sposób nawet na bardzo nieznaczne zmiany zachodzące w środowisku.

Tak więc, w dziedzinie wyższych czynności układu nerwowego, t. j. zachowania się zwierząt, muszą być opracowane trzy zasadnicze tematy: 1) najbardziej złożone i specjalne odruchy bezwarunkowe — czynności zwojów podstawnych, jako fundament zewnętrznej działalności organizmu, 2) czynność kory mózgowej i 3) sposób połączenia i wzajemne oddziaływanie tych zwojów i kory. Dotychczas najszczegółowiej i najgłębiej zbadaliśmy drugi temat i dlatego przytoczymy tutaj przede wszystkim odnoszące się do niego dane, dodając również i pierwsze próby zbadania trzeciego tematu.

Przeważną część specjalnych, najbardziej złożonych odruchów bezwarunkowych jest mniej lub więcej znana (przytem biorę tu pod uwagę psa). Są to odruchy osobnicze: pokarmowy, agresywny, obronny czynnie i biernie, odruch wolności, badawczy i odruch zabawy, oraz odruchy gatunkowe: płciowy i rodzicielski. Lecz czy wyliczony spis odruchów jest zupełny? Prócz tego zaś właściwie nic przecież nie wiemy o sposobach bezpośredniego pobudzania i hamowania tych odruchów, o ich względnej sile i ich wzajemnych oddziaływaniach. Niewątpliwie, jedno z najbliższych zadań fizjologii



wyższych czynności układu nerwowego powinno polegać na otrzymaniu wyższego zwierzęcia, np. psa, bez kory mózgowej z całkowicie zachowanymi zwojami podstawnymi, zupełnie zdrowego i zdolnego do życia w ciągu dłuższego czasu, aby móc rozwiązać na nim postawione zagadnienia.

Jeżeli chodzi o związek między zwojami podstawnymi a korą mózgową, to aczkolwiek wiemy o istnieniu tego związku, mechanizm jego jest dla nas mało zrozumiały.

Weźmy zwykły odruch pokarmowy. Polega on na tem, że zwierzę wykonywa ruch w kierunku substancji, która mu służy za pokarm, wprowadza ją do początkowego odcinka przewodu pokarmowego i wydziela soki trawienne. Jakie jest pierwotne pobudzenie tego odruchu, tego napewno nie wiemy. Wiemy tylko, że gdy zwierzę bez kory mózgowej, np. psa, pozostawimy w ciągu kilku godzin bez nakarmienia, stan senności, w jakim się on zazwyczaj znajduje, mija i pies zaczyna bezustannie poruszać się i wałęsać, póki nie otrzyma znów pokarmu. Następnie, znowu pogrąża się w sen. Oczywiście, mamy tu do czynienia z ruchami pokarmowymi, aczkolwiek ruchy te są nieokreślone i nie osiągają celu. Podczas tych ruchów zwierzę wydziela ślinę. Owe ruchy pokarmowe i wydzielanie nie są tu wywołane przez żaden określony bodziec ze świata zewnętrznego. Chodzi tu więc o podniety wewnętrzne.

U zwierzęcia, posiadającego korę mózgową, sprawa wygląda zupełnie inaczej. Wielka ilość bodźców ze-

wewnętrznych może w sposób określony wywoływać reakcję pokarmową i kierować zwierzę ku pokarmowi. W jaki sposób się to odbywa? Niewątpliwie, zjawiska otaczające są tutaj sygnałami jedzenia, co można z łatwością wykazać. Weźmy jakiegokolwiek zjawisko przyrody, które nigdy nie miało związku ani z ruchami pokarmowymi, ani z pokarmem wydzielaniem. Jeżeli zjawisko to poprzedzi raz lub kilka razy podanie jedzenia, zacznie ono wywoływać reakcję pokarmową, stanie się jakgdyby surogatem pokarmu; zwierzę będzie wykonywało ruchy w jego kierunku i nawet, jeżeli będzie to przedmiot dotykalny, będzie się starało wiaść go do pyska. Wynika stąd, że gdy ośrodek podkorowy odruchu pokarmowego jest pobudzony, wówczas wszystkie bodźce, padające w tym czasie na najsubtelniejsze receptory kory mózgowej, zostają bezpośrednio, czy też pośrednio skierowane ku temu ośrodkowi i mogą się z nim połączyć w sposób trwały. Powstaje wówczas to, cośmy nazwali odruchem warunkowym, t. j., organizm odpowiada zapomocą określonej złożonej czynności na zewnętrzne podniety, które przedtem takiej odpowiedzi nie wywoływały. Pobudzenie idzie tu niewątpliwie z kory mózgowej, gdyż omawiany fakt nie istnieje u zwierząt po usunięciu kory. Cóż dalej można o tym fakcie powiedzieć? Ponieważ takie czasowe połączenie może się wytworzyć w podobnych warunkach z każdym ze specjalnych ośrodków najbliższych zwojów podkorowych, przeto musimy przyjąć następujące prawo ogól-

ne czynności wyższego odcinka ośrodkowego układu nerwowego: każdy ośrodek silnie pobudzony skierowuje jakgdyby ku sobie wszystkie inne, słabsze podrażnienia, które w danej chwili trafiają do układu nerwowego; w ten sposób punkt zaczepienia tego podrażnienia i dany ośrodek zostają ze sobą mniej lub więcej trwale związane na określony czas i w określonych warunkach (prawo łączenia nerwowego, asocjacji). Istotny szczegół tego procesu polega na tem, że dla wytworzenia się połączenia konieczne jest, ażeby słaby bodziec rozpoczął swe działanie nieco wcześniej, niż silny. Jeżeli pies je i wtedy dopiero zostaje przyłączony bodziec obojętny, wówczas trwały i bardziej wyraźny odruch warunkowy nie wytworzy się.

Ponieważ w odruchu warunkowym pierwotnem pobudzeniem jest pobudzenie komórek kory mózgowej, przeto odruch ten może stanowić doskonały obiekt badania zarówno własności poszczególnych komórek korowych, jak i procesów zachodzących w całej korze. Badanie to zapoznało nas z wielką ilością praw, dotyczących działalności kory mózgowej.

Jeżeli w badaniach nad pokarmowemi odruchami warunkowemi wziąć za punkt wyjścia określoną pobudliwość pokarmową (18 do 22 godzin po zwykłym dostatecznym karmieniu), występuje wówczas fakt wyraźnej zależności efektu bodźca warunkowego od jego fizycznego natężenia. Im silniejszy jest bodziec warunkowy, im więcej energii wstępuje z nim do kory mó-

zgowej tem, *caeteris paribus*, większy jest efekt odruchu warunkowego, t. j. tem energiczniejsza jest pokarmowa reakcja ruchowa i tem większe wydzielanie śliny, którem stale posiłkujemy się przy mierzeniu tego efektu. O ile można sądzić według niektórych doświadczeń, związek efektu i natężenia podniety jest dość ścisły (prawo zależności wielkości efektu od natężenia podniety). Przytem jednakże zawsze istnieje kres, poza którym jeszcze silniejsze bodźce już nie powodują powiększenia efektu, lecz jego zmniejszenie.

Również jasno przedstawia się zjawisko sumacji<sup>(20)</sup> odruchów warunkowych, przyczem znowu spotykamy się tutaj z tym samym kresem. Jeżeli kombinujemy ze sobą słabe bodźce warunkowe, konstatujemy często, że sumują się one ściśle arytmetycznie. Przy kombinacji słabego bodźca z silnym zachodzi tylko nieznaczne powiększenie efektu do określonej wartości kresowej. Natomiast, przy kombinacji dwóch silnych bodźców efekt staje się mniejszy niż efekt każdego bodźca z osobna, gdyż przekracza kres (prawo sumacji bodźców warunkowych).

Prócz procesu pobudzenia, bodziec warunkowy może wywołać w komórce korowej również proces przeciwny — hamowanie. Jeżeli stosować bodziec warunkowy dodatni (t. j. wywołujący odpowiednią reakcję warunkową) w ciągu paru minut, nie przyłączając doń bodźca bezwarunkowego, wówczas w komórce korowej, odpowiadającej temu bodźcowi, powstaje nieodzownie stan hamowania. Jeżeli bodziec taki będziemy systema-



tycznie stosowali oddzielnie, zacznie on stale wywoływać w korze nie proces pobudzenia, lecz hamowanie. Stanie się on wówczas warunkowym bodźcem hamującym, czyli ujemnym (zasada przejścia komórki korowej do stanu hamowania).

Z tej właściwości komórki wypływają niezmiernie ważne wnioski, dotyczące roli fizjologicznej kory mózgowej. Dzięki niej ustala się rzeczowy stosunek między bodźcem warunkowym i odpowiednim bodźcem bezwarunkowym, przyczem pierwszy jest sygnałem dla drugiego. Jeżeli bodziec bezwarunkowy nie towarzyszy więcej bodźcowi warunkowemu, t. j., gdy ten ostatni przestaje być sygnałem pierwszego, traci on działanie pobudzające; działanie to po pewnym czasie samoistnie powraca. Również i w innych wypadkach, gdy bodziec bezwarunkowy nie towarzyszy bodźcowi warunkowemu bądź w danych stałych okolicznościach, bądź też przez znaczny okres czasu po rozpoczęciu jego działania, staje się ten ostatni hamulcem, w pierwszym wypadku — na stałe, w drugim zaś wypadku, tylko na początku swego działania (<sup>30</sup>). W ten sposób, dzięki pojawiającemu się hamowaniu, działanie bodźca warunkowego, jako sygnału, staje się zgodne ze szczególnymi warunkami jego roli fizjologicznej, nie wywołując niepotrzebnej pracy. Na podstawie rozwijającego się hamowania dokonywa się w korze bardzo ważny proces dokładnej analizy podniet zewnętrznych. Każdy bodziec warunkowy posiada spoczątku chara-

cter uogólniony. Jeżeli z określonego tonu uczyniliśmy bodziec warunkowy, to i wiele sąsiednich tonów wywoła taki sam efekt bez żadnego uprzedniego wytwarzania. To samo odnosi się również do innych bodźców warunkowych. Jeżeli jednak pierwotnemu bodźcowi stale towarzyszy bodziec bezwarunkowy, zaś bodźce podobne występują oddzielnie, zaczynają one wywoływać hamowanie. W ten sposób można osiągnąć kres analizy, do której dane zwierzę jest zdolne, t. j., najbardziej subtelne zjawiska przyrody mogą stać się specjalnymi bodźcami określonej czynności organizmu. Należy przypuszczać, że przy pomocy tego samego procesu, który wytwarza połączenie komórek korowych z ośrodkami podkorowymi, odbywa się również połączenie komórek korowych między sobą. Mamy wówczas do czynienia z podnietami zespołowymi, utworzonymi z występujących jednocześnie zjawisk otoczenia. Te podniety zespołowe mogą w odpowiednich warunkach stać się bodźcami warunkowymi i być odróżnicowane przy pomocy hamowania od innych bodźców zespołowych, różniących się składem od poprzednich.

Procesy pobudzenia i hamowania, powstając pod wpływem odpowiednich bodźców w określonych punktach kory mózgowej, promieniują, rozchodzą się po korze na większej lub mniejszej przestrzeni, a następnie znów skupiają się na ograniczonym odcinku (prawo promieniowania i koncentracji procesów nerwowych). Dopiero co wspominaliśmy o pierwotnym uogólnieniu

każdego bodźca warunkowego, co właśnie należy uważać za wynik promieniowania podniety, trafiającej do kory mózgowej. To samo odnosi się i do procesu hamowania. Gdy zastosujemy hamulec, którego działanie następnie przerwiemy, wówczas okaże się, że w innych punktach kory, nieraz nawet odległych, również można zaobserwować hamowanie. To rozprzestrzenione po korze hamowanie tak samo, jak i pobudzenie, następnie coraz bardziej się koncentruje, głównie pod wpływem występowania procesu antagonistycznego; innymi słowy obydwie te procesy wzajemnie się ograniczają. Są nawet dane, że istnieje między nimi punkt obojętny. W wypadku, gdy hamulec jest bardzo utrwalony, u wielu psów można zauważyć ścisłą koncentrację hamowania w miejscu zastosowanej podniety. Świadczy o tym fakt, że dodatnie bodźce, zastosowane jednocześnie z hamulcem, dają całkowity lub niekiedy nawet powiększony efekt, promieniowanie hamowania natomiast zaczyna się dopiero po skończeniu działania bodźca.

Obok zjawisk promieniowania i koncentracji pobudzenia względnie hamowania, przeplatając się z nimi, występują zjawiska wzajemnej indukcji przeciwnych sobie procesów, t. j. wzmacnianie jednego procesu przez drugi, zarówno kolejno w jednym i tym samym punkcie, jak i jednocześnie w sąsiednich punktach (prawo wzajemnej indukcji procesów nerwowych) <sup>(21)</sup>. Zjawiska te występują często w bardzo skomplikowanej postaci, prawdopodobnie, jako czasowe fazy. Gdy bodziec wy-

wołujący pobudzenie lub hamowanie (w szczególności ten ostatni) narusza równowagę w korze, wówczas przebiega po niej jakby fala z grzbietem — procesem pobudzenia i doliną — procesem hamowania, która powoli się wygładza, t. j. ma miejsce promieniowanie tych procesów z udziałem ich wzajemnej indukcji.

Oczywiście, nie zawsze można wyjaśnić fizjologiczną rolę opisanych wyżej zjawisk. Np. pierwotne promieniowanie każdego nowego bodźca warunkowego można wytłumaczyć w ten sposób, że każdy czynnik zewnętrzny, który staje się bodźcem warunkowym, podlega wahaniom nie tylko pod względem natężenia, lecz i pod względem jakości przy najrozmaitszych warunkach otoczenia. Wzajemna indukcja powinna prowadzić do wzmocnienia i utrwalenia znaczenia fizjologicznego każdego oddzielnego bodźca, zarówno dodatniego, jak i ujemnego, co rzeczywiście występuje w naszych doświadczeniach. Lecz trudno np. wytłumaczyć, długo-trwałe rozprzestrzenianie się po całej korze mózgowej hamowania, wywołanego w określonym miejscu, przez określony czynnik. Czy mamy tu do czynienia z niedoskonałością aparatu, polegającą na zbytnej bezwładności, czy też jest to urządzenie specjalne, którego znaczenia biologicznego dotychczas nie rozumiemy, co jest oczywiście zupełnie możliwe.

W rezultacie opisanej wyżej pracy, kora mózgowa stanowi imponującą mozaikę, na której w danej chwili znajduje się ogromna ilość punktów zaczepienia bodź-



ców zewnętrznych bądź pobudzających różne czynności organizmu, bądź też je hamujących. Ponieważ jednak punkty te znajdują się między sobą w określonych stosunkach czynnościowych, kora mózgowa stanowi zarazem w każdym momencie układ w stanie równowagi chwiejnej, który możnaby nazwać stereotypem. Wahań w ustalonych granicach tego układu nie przedstawiają trudności, lecz włączenie nowych bodźców, szczególnie odrazu w dużej ilości, lub też przemieszczanie wielu starych bodźców stanowi wielki proces nerwowy, pracę, której nie każdy układ nerwowy może sprostać, kończąca się nieraz bankructwem układu i wyrażająca się niezdolnością w ciągu jakiegoś czasu do normalnej rzeczowej pracy.

Ale każdy żywy pracujący układ, tak samo, jak jego poszczególne elementy, musi odpoczywać, odnawiać się. Odpoczynek zaś tak bardzo reaktywnych elementów, jak komórki korowe, musi być zapewniony ze szczególną starannością. W korze mózgowej ochrona pracy i odpoczynku rzeczywiście istnieje w wysokim stopniu. Praca każdego elementu jest regulowana i pod względem jej natężenia i trwania. Widzieliśmy już przedtem, jak pobudzenie jakiejś komórki, trwające choćby tylko kilka minut wywołuje pojawienie się w niej procesu hamowania, który zmniejsza a następnie zupełnie przerywa jej pracę. Lecz istnieje i inny, niemniej wyraźny przykład ochrony komórki korowej — w wypadku silnego podrażnienia zewnątrz. Komórki korowe każdego

zwierzęcia posiadają swój kres nieszkodliwego napięcia czynnościowego, po przekroczeniu którego pojawia się hamowanie (prawo kresu natężenia podniety). Bodziec ponadkresowy natychmiast wywołuje hamowanie i przez to zostaje naruszone prawo zależności wielkości efektu od siły podniety: silny bodziec daje efekt równy lub mniejszy, niż słaby (t. zw. faza wyrównawcza i paradoksalna).

Jak mówiliśmy, hamowanie ma tendencję do rozprzestrzeniania się, jeśli nie napotyka przeciwdziałania ze strony danego otoczenia. Przejawia się ono wówczas w zjawiskach częściowego lub też zupełnego snu. Sen częściowy odpowiada temu, co zwykle nazywa się hypnozą. W naszych doświadczeniach można było zbadać u psów najrozmaitsze stopnie zarówno intensywności jak i ekstensywności hypnozy, która ostatecznie przechodziła w zupełny sen, jeśli nie istniały odpowiednie wpływy pobudzające.

Delikatny instrument, jakim jest kora mózgowa, okazał się, jak należało się spodziewać, bardzo różnorodnym u rozmaitych osobników tego samego gatunku. Mieliśmy podstawy do wyodrębnienia 4-ch rozmaitych typów kory mózgowej. Dwa skrajne — typ pobudzeniowy i zahamowany i dwa środkowe — typ spokojny i ruchliwy. Z pośród pierwszych dwóch typów u jednego przeważa proces pobudzenia, u drugiego — proces hamowania; u drugich dwóch typów oba procesy są mniej lub więcej zrównoważone. Jednocześnie mamy tu do

czynienia z kwestją wydolności komórek. Komórki typu pobudzeniowego są b. silne i mogą wytwarzać bez wielkiego trudu odruchy warunkowe na b. silne bodźce. Dla typu zahamowanego jest to niemożliwe. Typy środkowe mają zapewne (nie zostało to jeszcze wykazane) komórki średniej siły. Należy przypuszczać, że w związku z temi różnicami pozostaje fakt, iż typ pobudzeniowy posiada upośledzony proces hamowania, zaś u typu zahamowanego szwankuje proces pobudzenia. U typów pośrednich oba procesy są dostatecznie silne<sup>(32)</sup>.

Taka jest praca półkul mózgowych u zwierząt normalnych w stanie zdrowia. Ponieważ jednak mamy tu do czynienia z pracą niezmiernie subtelną, przeto łatwo przechodzi ona w stan chorobowy, szczególnie jeżeli chodzi o typy skrajne, niezrównoważone. Warunki powstawania stanu patologicznego są naogół określone. Dwa z tych warunków są dobrze znane: zbyt silne bodźce zewnętrzne oraz zderzenie się procesów pobudzenia i hamowania.

Silne bodźce są czynnikami chorobotwórczymi szczególnie u typu słabego, zahamowanego, który pod ich wpływem popada w stan stałego zahamowania. Zderzenie przeciwnych sobie procesów wywołuje różne stany patologiczne u typu silnego i słabego. Pierwszy typ zatracca całkowicie zdolności hamujące, u drugiego typu słabnie wybitnie proces pobudzeniowy. Wśród zjawisk patologicznych zasługuje na uwagę fakt, że nieraz chorobliwy stan może dotyczyć bardzo wąskiego odcinka

kory mózgowej, co niewątpliwie potwierdza jej charakter mozaikowy. W ostatnich czasach zdołaliśmy otrzymać w laboratorium wypadek analogiczny do nerwicy wojennej, gdy pacjent przy zasypianiu i w hypnozie, krzycząc i gestykulując, przeżywa straszliwe sceny wojenne.

Po zaznajomieniu się z działalnością kory mózgowej, zwróćmy się do ośrodków podkorowych, żeby móc ocenić, co otrzymują one od kory mózgowej i zobaczyć, jakie mają dla niej znaczenie.

Ośrodki podkorowe są w dużym stopniu bezwładne. Dobrze znany jest fakt, że pies bez kory mózgowej nie odpowiada na ogromną ilość padających nań ze świata zewnętrznego bodźców, na które stale i żywo reaguje zwierzę normalne. Dotyczy to zarówno jakości, jak i siły podniet zewnętrznych. Innemi słowy, świat zewnętrzny, tak samo jak i wewnętrzny psa bez kory mózgowej jest wybitnie zwięzony i ograniczony. Również ośrodki podkorowe są pozbawione reaktywnego i ruchliwego hamowania. Podczas gdy w działalności kory mózgowej hamowanie występuje tak często i szybko, ośrodki podkorowe, bardzo silne i wytrzymałe, nie są nań zbyt podatne. Oto przykłady. Odruch badawczy (orientacyjny) na słabe lub średniej siły podniety zewnętrzne u normalnego psa gaśnie, oczywiście przy pomocy hamowania, po 3—5 powtórzeniach, a niekiedy jeszcze prędzej. U psa bez kory mózgowej nie można doczekać się zaniku odruchu orientacyjnego przy pow-



tórzeniach odpowiedniej podniety. Pokarmowy odruch warunkowy, mający punkt wyjścia w korze mózgowej, u głodnego psa gaśnie po paru minutach, przytem dochodzi nawet do odmowy przyjmowania pokarmu; u równie głodnego psa po oesophagotomji i gastrotomji<sup>(33)</sup>, gdy jedzenie nie trafia do żołądka, pokarmowy odruch bezwarunkowy, t.j. jedzenie, trwa 3 — 5 godzin i ustaje prawdopodobnie tylko dlatego, że następuje zmęczenie mięśni, czynnych podczas żucia i połykania. To samo dotyczy odruchu wolności, t.j. reakcji polegającej na walce przeciwko ograniczeniu ruchów zwierzęcia. Podczas gdy normalny pies może bardzo łatwo powstrzymać ten odruch w ciągu długiego czasu, pies bez kory nie może tego uczynić. Pies taki, codziennie wyjmowany z klatki w celu nakarmienia, okazuje podczas tego wściekłą agresywną reakcję.

Kora mózgowa przewycięża jakoś opisaną bezwładność ośrodków podkorowych, zarówno w stosunku do pobudzenia, jak i hamowania, ponieważ, w większości wypadków, musi ona pobudzać organizm do czynności, lub też zatrzymywać tę lub inną jego działalność, za pośrednictwem ośrodków podkorowych. W jaki sposób słabe bodźce zewnętrzne i wewnętrzne, niedostateczne do bezpośredniego pobudzenia tych ośrodków, pobudzają je za pośrednictwem kory mózgowej? Fizjologia nie posiada na to określonej odpowiedzi. Być może, że w korze mózgowej odbywa się sumowanie nowego bodźca ze śladami starego, akumulacja podniet; być może

przytem pewną rolę odgrywa zwykle promieniowanie pobudzenia w korze i t. d. Również nie jest jasne, w jaki sposób zachodzi szybkie hamowanie ośrodków podkorowych przez korę mózgową, gdy pobudzenia tej ostatniej są słabe. Oczywiście, najprostszy wypadek mamy wówczas, gdy kora mózgowa stopniowo akumuluje hamowanie, żeby uczynić je dostatecznie silnem do przewyciężenia bezpośredniego silnego pobudzenia ośrodków podkorowych. Rzeczywiście, nieraz widzieliśmy w naszych doświadczeniach, że długo praktykowane i natężone hamowanie w korze mózgowej może silnie powstrzymywać efekt bodźca bezwarunkowego. W takim wypadku pokarm, znajdujący się już w pysku, długi czas nie wywołuje wydzielania śliny. Tak samo, wielokrotnie można było spostrzec, że chroniczne pooperacyjne podrażnienie kory hamuje zupełnie i na dłuższy okres czasu czynności ośrodków podkorowych. Zwierzęta stają się zupełnie ślepe lub głuche, podczas gdy zwierzęta, pozbawione zupełnie kory mózgowej, reagują jednak, aczkolwiek w sposób ograniczony, na silne bodźce świetlne, a zwłaszcza, słuchowe. Można sobie łatwo wyobrazić i to, że kora mózgowa, pobudzana stale w całej swej masie do stanu pewnego napięcia przez wielką ilość padających na nią bodźców, w myśl prawa ujemnej indukcji, kształci stale swój wpływ hamujący na ośrodki podkorowe i przez to ułatwia sobie wszelkie specjalne, dodatkowe hamowanie tych ośrodków.

W ten sposób kora mózgowa nie tylko subtelnie

i w szerokim zakresie analizuje i syntetyzuje dla ośrodków podkorowych (jeśli można się tak wyrazić) zarówno zewnętrzny, jak i wewnętrzny świat zwierzęcia, lecz również stale koryguje ich bezwładność. I tylko wówczas, ważna dla organizmu działalność ośrodków podkorowych w należyty sposób odpowiada życiowemu otoczeniu zwierzęcia.

Działanie ośrodków podkorowych na korę mózgową jest nie mniej istotne, niż wpływ kory na te ośrodki. Stan czynny kory mózgowej utrzymuje się dzięki bodźcom, pochodzącym z ośrodków podkorowych. Zagadnienie to jest obecnie starannie opracowywane w prowadzonych przezemnie laboratorjach, przyczem największe znaczenie mają doświadczenia W. W. Rikmana, do omówienia których obecnie przejdę.

Weźmy za podstawę zwykłe, wystarczające odżywianie psa, przy którym występuje prawo zależności wielkości efektu od natężenia podniety. Jeżeli podwyższamy pobudliwość pokarmową zwierzęcia, bądź przez zmniejszenie dziennej porcji jedzenia, bądź przez wydłużenie odstępu czasu między ostatnim nakarmieniem, a początkiem doświadczenia, albo nawet przez podanie smaczniejszego pokarmu, wówczas obserwujemy bardzo ciekawe zmiany wielkości odruchów warunkowych. Prawo zależności wielkości efektu od natężenia podniety zostaje wyraźnie naruszone: obecnie bodźce słabe i silne dają ten sam efekt, lub też, częściej, silne bodźce wywołują mniejszy efekt niż słabe (faza wyrównawcza

i paradoksalna). Zachodzi to kosztem obniżenia efektu silnych bodźców i podwyższenia efektu słabych (faza wyrównawcza i paradoksalna na wysokim poziomie). U psów pobudliwych, z silnymi komórkami korowymi, w opisanych wyżej warunkach zachodzi także powiększenie efektu silnych bodźców, lecz powiększenie efektu słabych jest o wiele znaczniejsze tak, że mimo to występuje faza wyrównawcza (częściej) paradoksalna. Weźmy obecnie odwrotny przypadek. Obniżmy pobudliwość pokarmową. W ogólności otrzymujemy wtedy jakgdyby to samo, t. j. fazę wyrównawczą i paradoksalną: efekt silnych bodźców znów staje się równy efektowi słabych, lub też staje się mniejszy. Lecz istnieje tu bardzo istotna różnica. W tym wypadku bowiem, efekt słabych bodźców pozostaje bez zmiany, albo zmniejsza się jedynie pod koniec doświadczenia, po zastosowaniu silnych bodźców (faza wyrównawcza i paradoksalna na niskim poziomie). Dochodzi nawet do tego, że pies przy silnych bodźcach nie przyjmuje pokarmu, je zaś tylko przy słabych. Prócz tego u pobudliwych psów można zauważyć niepokój: pies wyje i kręci się w stojaku. Cały ten stan przypomina zbliżanie się stanu hypnotycznego (walka pobudzenia z hamowaniem). Jak należy rozumieć opisane fakty?

Ponieważ w obydwu wypadkach hamowanie obejmuje silne bodźce i powstałe w ten sposób hamowanie promieniując może wtórnie wpływać na słabe bodźce (co można było zauważyć szczególnie w doświadcze-



niach z obniżoną pobudliwością pokarmową), postanowiono wykonać takie same doświadczenia, wykluczając silne bodźce. Wynik był następujący: efekt słabych bodźców zmieniał się równoległe do pobudliwości pokarmowej, t.j., podwyższał się przy podwyższaniu tej pobudliwości i opadał przy jej obniżaniu. W ten sposób całe zjawisko można traktować, jako rozprzestrzenianie się takiej lub innej pobudliwości ze zwojów podkorowych na korę mózgową. Lecz cóż się staje z silnymi bodźcami? Rozpatrzmy najpierw pierwszy wypadek. Przy podwyższeniu pobudliwości pokarmowej efekt silnych bodźców albo nieznacznie tylko rośnie w porównaniu z powiększeniem się efektu słabych bodźców, albo, częściej, obniża się. Obniżenie to staje się szczególnie wyraźne przy powtórzeniu tych bodźców w ciągu doświadczenia. Jasnym jest, że przy podwyższeniu pobudliwości komórek korowych, o czym świadczy powiększenie się efektu słabych bodźców, poprzednie silne bodźce, jeżeli nie były jeszcze maksymalne, stają się niemi obecnie, zaś bodźce maksymalne, stają się ponadmaksymalnymi. Wówczas, w myśl prawa kresu siły pobudzania, rozwija się na te ostatnie bodźce hamowanie, gdyż mogą one być niebezpieczne w sensie funkcjonalnego przeciążenia komórki. Jest to zupełnie to samo, co dzieje się w zwykłych doświadczeniach, gdy nazbyt silne bodźce dają efekt nie większy, lecz mniejszy, w porównaniu z bodźcami silnymi, które jednak nie przewyższają kresu. To, co w ostatnim wypadku osiąga się dzięki absolutnej sile

bodźca, w pierwszym wypadku odbywa się na koszt podwyższenia labilności komórki. Że objaśnienie nasze jest prawidłowe, świadczy fakt, iż przy dalszym podwyższaniu pobudliwości pokarmowej również i poprzednio słabe bodźce, dochodząc do kresu, stają się ponadmaksymalnymi i wywołują hamowanie.

Jak jednak należy rozumieć wypadek, w którym silne bodźce zostają zahamowane przy obniżeniu pobudliwości pokarmowej? Skąd i dlaczego powstaje wtedy hamowanie? Mamy tutaj niewątpliwie do czynienia z faktem bardziej skomplikowanym. Wydaje mi się jednak, że można go w sposób wystarczający objaśnić, zestawiając go z następującymi dobrze znanymi faktami. Jakkolwiek różnorodne jest życie, jednak na każdego z nas, tak samo jak i na zwierzęta, działa wielka ilość podnięt powtarzających się, t.j., padających na jedne i te same elementy kory. Wskutek tego, elementy te prędzej czy później muszą przejść do stanu zahamowania, który rozprzestrzenia się po masie półkul mózgowych i prowadzi do stanu hypnotycznego i sennego. Zjawisko to widzimy stale zarówno w naszym życiu, jak i w naszych doświadczeniach z psami, specjalnie odizolowanymi od różnorodności bodźców. Dlatego też często jesteśmy zmuszeni walczyć z przeszkodą, wynikającą z rozwijającego się stanu hypnotycznego. Hypnotyzacji tej przeciwdziałają oczywiście przedewszystkiem odruchy bezwarunkowe, stosowane przez nas w doświadczeniach głównie przez perjodyczne podawanie

pokarmu. Wynika stąd, że przy obniżeniu pobudliwości pokarmowej dajemy przewagę bodźcom warunkującym stan hypnotyczny i powinniśmy otrzymać hypnozę, która, jak wyżej wykazano, rzeczywiście się pojawia. Lecz to jeszcze nie wszystko. Należy jeszcze wyjaśnić, dlaczego przy hypnozie hamowaniu podlegają przedewszystkiem silne bodźce, wskutek czego występuje faza wyrównawcza i paradoksalna. W tym wypadku można skorzystać z następującej obserwacji, w której mechanizm zjawisk jest mniej więcej zrozumiały. W doświadczeniach naszych dawno już zapoznaliśmy się z faktem, że przy rozpoczynającym się stanie hypnotycznym występuje rozbieżność między składnikami wydzielniczym i ruchowym odruchu pokarmowego. Przy podnieciu warunkowej sztucznej lub naturalnej (widok, zapach jedzenia) ślina wydziela się obficie, a pies nie bierze pokarmu, t. j., rozwijające się w korze mózgowej hamowanie obejmuje z jakiegoś powodu przedewszystkiem sferę ruchową. Dlaczego? Przypuszczamy, iż ta część kory mózgowej podczas doświadczeń pracuje najwięcej, ponieważ pies musi czuwać przez cały czas. Przypuszczenie to zostało wzmocnione przez następującą dalszą obserwację. Przy pierwszych objawach hypnotyzacji, pies na bodziec warunkowy zwraca się w stronę jedzenia. Jeżeli podaje się jedzenie, pies porusza głową, obserwując przesuwanie się miseczki, gdy się ją podnosi lub opuszcza, albo gdy się ją odsuwa na bok. Jedzenia jednak nie bierze, nieznacznie tylko otwiera

pysk, przyczem z pyska często wysuwa język, jakby spalizowany, bez ruchu. Tylko przy dalszem podrażnieniu przez podawany pokarm, pysk otwiera się szerzej i wreszcie pies chwyta jedzenie, lecz i wtedy podczas gryzienia występują kilkosekundowe zabawne przerwy, aż w końcu rozpoczyna się energiczny i chciwy akt jedzenia. Przy dalszym rozwoju hypnotyzacji zwierzę śledzi jedynie ruchami głowy za pokarmem, lecz pyska nie otwiera. Następnie zwraca się tylko samem ciałem ku pokarmowi i wreszcie nie przejawia żadnej reakcji ruchowej. Następność hamowania rozmaitych części sfery ruchowej kory, stosownie do ich pracy w danych doświadczeniach, jest oczywista. Podczas doświadczenia z odruchami pokarmowymi najwięcej pracują mięśnie żucia i język, następnie mięśnie szyi i w końcu tułowia. W takim właśnie porządku obejmuje je proces hamowania. A więc, ten organ, który najwięcej pracował, przedewszystkiem zostaje poddany działaniu rozprzestrzeniającego się hamowania. Fakt ten w zupełności zgadza się z tem, że wyczerpanie w komórce korowej stale prowadzi do powstania w niej procesu hamowania. W ten sposób, hamowanie, promieniujące z komórek stale pobudzanych przez otoczenie, sumuje się z właściwem hamowaniem dodatkowo pracującej komórki i osiąga tu największe napięcie. Takie objaśnienie zjawisk mamy prawo przenieść na analizowany przez nas wypadek, dotyczący obniżenia pobudliwości pokarmowej. Hypnotyzujące działanie otoczenia występuje wyraźnie przy



obniżeniu pobudliwości pokarmowej i w sposób naturalny daje o sobie znać przedewszystkiem w tych komórkach, do których dochodzą najsilniejsze bodźce warunkowe i które dzięki temu najwięcej pracują. W ten sposób, ośrodki podkorowe w większym lub mniejszym stopniu określają czynny stan kory mózgowej i dzięki temu zmieniają w różnorodny sposób stosunek organizmu do otoczenia.

Posiadamy jednak i inne doświadczenia (coprawda niektóre w nieco sztucznej postaci), wskazujące również na ważne znaczenie ośrodków podkorowych dla działalności kory mózgowej.

Oto doświadczenie D. J. Sołowiejczyka, dotyczące wpływu na działalność warunkowo-odruchową przewiązania powrózka nasiennego i jednoczesnego przeszczepienia kawałka gruczołu płciowego młodego zwierzęcia<sup>(34)</sup>. Doświadczenia były wykonane przedewszystkiem na psie, u którego oddawna już (ok. 5—6 lat) komórki korowe były b. słabe. Przy zderzeniu procesu pobudzenia z procesem hamowania otrzymywało się objawy nerwicy, trwającej około 5 tygodni. Spoczątku zanikały wszystkie wytworzone odruchy warunkowe, następnie stopniowo wracały one, lecz wykazywały zniekształconą zależność między natężeniem podniety i jej efektem i tylko bardzo powoli, poprzez szereg faz, czynności kory mózgowej powracały do normy. Z czasem u psa tego czynność warunkowo-odruchowa obniżała się coraz bardziej. Efekty bodźców warunkowych były

coraz mniejsze. Trzeba było podwyższać pobudliwość pokarmową w najrozmaitszy sposób. Bodziec, który dawniej był najsilniejszy, obecnie dawał najmniejszą reakcję. Wszystkie bodźce po jednym zastosowaniu znacznie obniżały swe działanie. Zmiana zwykłego porządku stosowania bodźców warunkowych pociągała za sobą zanik wszystkich odruchów warunkowych na kilka dni. W 2—3 tygodnie po operacji „odmładzającej” stan rzeczy zaczął się gwałtownie zmieniać. Wszystkie odruchy wybitnie się podniosły. Powróciły do normy stosunki między siłą bodźca i wielkością efektu. Przy powtarzaniu odruchy nie obniżały się i zmiany porządku bodźców obecnie nie były szkodliwe. Nawet zderzenie procesu pobudzenia i hamowania, wielokrotnie stosowane, pozostawało po tym zabiegu bez najmniejszego wpływu na działalność kory. Powyższy stan utrzymywał się około 2—3 miesięcy, następnie zaś szybko nastąpił powrót do stanu, który obserwowano przed operacją. Operacja, powtórzona na drugim gruczole płciowym tego samego psa, pociągnęła za sobą podobny skutek. Te same wyniki otrzymano i na drugim psie.

W ten sposób procesy o charakterze nerwowym, jak i chemicznym, które zaszły w gruczole płciowym, odbiły się nadzwyczaj wyraźnie na działalności kory mózgowej. Lecz w jaki sposób to się stało, czy na drodze nerwowej, czy też chemicznej, czy może dzięki współdziałaniu obu tych czynników, na to pytanie nie możemy obecnie jeszcze znaleźć odpowiedzi. Oczywiście to sa-

mo pytanie może dotyczyć wpływu pobudliwości pokarmowej na korę mózgową. Biorąc jednak pod uwagę działanie zarówno zewnętrznych, jak i wewnętrznych bodźców bezwarunkowych, padających niewątpliwie wprost na ośrodki podkorowe, uwzględniając znaczny czas trwania działania tych bodźców (co dla komórek korowych byłoby niemożliwe) oraz niezwykle napięcie działalności ośrodków podkorowych przy zniesieniu lub osłabieniu kontroli nad nimi kory mózgowej, możemy uważać za bardzo prawdopodobne, że opisane wyżej zmiany działalności kory są (przeważnie przynajmniej) wtórne, a nie pierwotne, t. zn., zachodzą one pod wpływem zmian pobudliwości ośrodków podkorowych.

Wreszcie przytoczę jeszcze doświadczenie G. P. Konradi, odnoszące się do tego samego tematu. U psa zostały wytworzone trzy odruchy warunkowe z trzech tonów jednego i tego samego instrumentu na trzy różne bodźce bezwarunkowe: z niskiego tonu — na wlewanie do pyska kwasu, ze środkowego — na pokarm, z wysokiego — na silny prąd elektryczny, działający na skórę podudzia. Gdy odruchy te ustaliły się, wówczas można było zauważyć następujące ciekawe zjawiska. Po pierwsze, na ton niski i środkowy, przy początku ich działania, można było obserwować reakcję obronną, która następnie dopiero, przy dalszym trwaniu podniety, przekształcała się bądź w kwasową, bądź w pokarmową. Po drugie, okazało się, że tony pośrednie głównie były związane z reakcją obronną. Zakresy uogólnione-

go odruchu kwasowego i pokarmowego były bardzo ograniczone. Cała skala tonów zarówno poza obydwoma skrajnymi tonami, jak i w odstępie między niskim tonem i środkowym, wywoływała reakcję obronną. Ponieważ względne natężenie fizyczne działających warunkowo tonów nie mogłoby spowodować tak wielkiej między nimi różnicy, musimy zjawisko to przypisać różnicy w natężeniu podniet, działających na ośrodki podkorowe.

Na zakończenie musimy jednak zaznaczyć, że opisane wyżej doświadczenia stanowią jedynie pierwszy próbny atak doświadczalny na jedno z najważniejszych zagadnień fizjologii, wzajemnego oddziaływania między korą mózgową i najbliższymi ośrodkami podkorowymi.



## FIZJOLOGJA WYŻSZYCH CZYNNOŚCI UKŁADU NERWOWEGO \*

**P**RZYPUSZCZAM, że mam okazję po raz ostatni występować przed ogólnym zgromadzeniem moich kolegów i dlatego pozwolę sobie przedłożyć uwadze Państwa w ogólnej, najbardziej usystematyzowanej i krótkiej postaci wyniki pracy mojej i moich drogich współpracowników do ostatnich czasów, pracy, która stanowi połowę mej działalności na polu fizjologicznym. Oczywiście będę musiał przytem powtarzać wiele z opublikowanych już materiałów. Wyniki te przedstawiam z gorącą wiarą w to, że coraz rozleglejsze horyzonty otwierają się przed naszą nauką i coraz bardziej pogłębia się jej wpływ na naturę i losy człowieka.

Dla anatoma i histologa kora mózgowa była zawsze rzeczą tak samo dostępną i dotykalszą, jak każdy inny narząd lub inna tkanka, t. j., była ona w ten sam sposób badana i opracowywana, oczywiście z uwzględnieniem jej specjalnych własności i konstrukcji. W zupełnie innym położeniu w stosunku do kory mózgowej pozostawał fizjolog. Gdy weźmiemy pod uwagę jakikol-

\* Przemówienie wygłoszone na posiedzeniu ogólnym XIV Międzynarodowego Zjazdu Fizjologów w Rzymie, w dn. 2 września 1932 r.

wiek narząd ustroju, właściwa czynność jego wraz z warunkami, w jakich się ona odbywa, może być przedmiotem badania, jeżeli tylko rola tego narządu w organizmie jest dostatecznie znana. Co się zaś tyczy kory mózgowej, rola jej jest znana — narząd ten służy do utrzymywania najbardziej złożonych stosunków organizmu ze światem otaczającym — mimo to jednak fizjolog nie miał dotychczas zupełnie do czynienia z jej właściwą pracą. Badanie kory mózgowej nie rozpoczynało się od opracowania konkretnej czynności, po czym dopiero mogła nastąpić stopniowa analiza jej mechanizmu i warunków, w jakich się ta czynność odbywa. Fizjolog posiada wiele danych o korze mózgowej, lecz dane te nie pozostają w jasnym i bliskim związku z jej codzienną pracą.

Obecnie, po trzydziestoletniej nateżonej i nieustannej pracy wraz z moimi licznymi współpracownikami, mam odwagę powiedzieć, że stan rzeczy radykalnie się zmienił i że, pozostając na gruncie fizjologii, t. j. podobnie, jak w innych jej dziedzinach, studjując zjawiska obiektywnie, badamy obecnie działalność kory mózgowej i przeprowadzamy coraz głębszą jej analizę.

O niewątpliwej powadze takiego badania świadczy fakt, że spełnione są w niem ogólnie uznane kryteria prawdziwej działalności naukowej: ściśle przewidywanie zjawisk i ich opanowanie. Badanie to bez najmniejszych trudności niepowstrzymanie posuwa się naprzód, rozwijają się przed nami coraz dłuższe szeregi zwią-

ków, stanowiące niezmiernie złożoną działalność zewnętrzną wyższego organizmu zwierzęcego.

Centralnem zjawiskiem fizjologicznem normalnej pracy kory mózgowej jest to, co nazwalibyśmy *odruchem warunkowym*. Jest to czasowe połączenie nerwowe niezliczonych czynników świata otaczającego, odbieranych przez zwierzę przy pomocy receptorów, z określonymi czynnościami organizmu. Zjawisko to psychologowie nazywają *asocjacją*. Bardzo ważne znaczenie fizjologiczne tego połączenia jest następujące. Jak wykazały w swoim czasie doświadczenia Goltza nad usuwaniem kory mózgowej u wyższego zwierzęcia, np. psa (będącego przedmiotem wszystkich naszych badań), złożone stosunki ze światem zewnętrznym, służące do zachowania osobnika i gatunku, zależą głównie od działalności najbliższych korze mózgowej zwojów podkorowych. Czynności te są następujące: szukanie jedzenia — czynność pokarmowa, usuwanie czynników szkodliwych — czynność obronna i in. Nazywają się one zwykle instynktami, popędami, psychologowie przyswoili im nazwę *emocyj*, my nazywamy je terminem fizjologicznym — *najbardziej złożonych odruchów bezwarunkowych*. Istnieją one od chwili urodzenia i stale są wywoływane przez określone, niezbyt liczne podniety, które mogą wystarczyć tylko we wczesnem dzieciństwie, przy opiece rodzicielskiej. Dzięki powyższej okoliczności zwierzę bez kory mózgowej jest inwalidą, niezdolnym do samodzielnego istnienia. Zasadnicza funkcja fizjolo-



giczna kory mózgowej w ciągu dalszego indywidualnego życia polega na stałym przyłączaniu niezliczonych sygnałowych bodźców warunkowych do ograniczonej liczby zasadniczych, wrodzonych bodźców bezwarunkowych, innymi słowy, na dopełnianiu odruchów bezwarunkowych przez warunkowe. W ten sposób organizm jest powiadamiany o przedmiotach, na które skierowane są instynkty, w coraz szerszym zakresie w postaci coraz różnorodniejszych znaków zarówno najdrobniejszych, jak i bardziej zawiłych. Dzięki temu, czynności instynktowe mogą być coraz lepiej zaspakajane i organizm coraz dokładniej przystosowuje się do otaczających warunków.

Zasadniczym warunkiem wytworzenia się odruchu warunkowego jest skojarzenie raz lub kilka razy bodźców obojętnych z odruchami bezwarunkowymi. Dzięki takiemu skojarzeniu zwierzę potrafi również syntetyzować grupy najrozmaitszych czynników, elementów przyrody, występujących zarówno jednocześnie, jak i następujących po sobie. W ten sposób więc odbywa się czynność syntetyczna wogóle.

Ponieważ jednak zjawiska przyrody są w stałym ruchu i podlegają ciągłym wahaniom, odruch warunkowy musi także ulegać zmianom i być stale korygowany. Jeżeli bodźcowi warunkowemu, z jakichkolwiek przyczyn, w danych warunkach nie towarzyszy jego bodziec bezwarunkowy, wówczas przy powtórzeniach reakcja na bodziec warunkowy szybko zanika; zanik ten jest

przejściowy i odruch warunkowy po pewnym czasie samoistnie się odnawia. Jeżeli między chwilą rozpoczęcia bodźca warunkowego, a nastąpieniem bodźca bezwarunkowego upływa zbyt wielki odstęp czasu, wtedy początkowy okres bodźca warunkowego, będąc jakgdyby przedwczesnym i naruszającym zasadę ekonomji, okazuje się nieczynny. Jeżeli bodźcowi warunkowemu, gdy występuje on wraz z pewnym innym bodźcem obojętnym, nie towarzyszy bodziec bezwarunkowy, pozostaje on w kombinacji tej bez działania. I na koniec, o ile pokrewne bodźce, zbliżone do danego wytworzonego bodźca warunkowego (np. podobne tony, drażnienie innych miejsc skóry i t. d.), zaraz po wyrobieniu tego ostatniego zazwyczaj są czynne, to stopniowo tracą one swe działanie, jeżeli powtarza się je bez bodźca bezwarunkowego, t. j., jak zwykle powiadamy, bez wzmocnienia. Dzięki powyższemu dochodzi do skutku zróżnicowanie, *analiza* świata otaczającego wraz ze wszystkimi jego elementami i stosunkami czasowymi.

W wyniku ostatecznym kora mózgowa wykonywa stale w najrozmaitszym stopniu *analizę i syntezę* podnieć, które na nią padają, co może i powinno być nazwane *elementarnem, konkretnem myśleniem*. Myślenie to umożliwia doskonale przystosowanie i ścisłą równowagę między organizmem i otoczeniem.

Powyżej naszkicowana przezemnie w ogólnych zarysach czynność kory mózgowej i najbliższych jąder podkorowych, zabezpieczająca normalne stosunki między

organizmem i światem zewnętrznym, powinna być nazywana *wyższą czynnością układu nerwowego*, zamiast dawnego terminu „czynności psychicznej”, zewnętrznym zachowaniem się zwierzęcia, w przeciwieństwie do *niższej czynności układu nerwowego*, zależnej od pozostałych odcinków mózgu i rdzenia, kierujących przeważnie stosunkami i integracją części organizmu między sobą.

Powstaje obecnie pytanie: dzięki jakim wewnętrznym procesom i na zasadzie jakich praw odbywa się wyższa działalność nerwowa, co ją łączy z niższą czynnością nerwową, która dotychczas była głównie przedmiotem badania fizjologicznego, i czym się ona od niej różni?

Zasadnicze procesy całego układu nerwowego są niewątpliwie jedne i te same: pobudzenie i hamowanie. Są również dostateczne podstawy do przyjmowania, że i zasadnicze prawa rządzące temi procesami są identyczne — są to promieniowanie i koncentracja tych procesów i ich wzajemna indukcja.

Wydaje mi się, że doświadczenia, dotyczące kory mózgowej, przeprowadzane w naturalnych warunkach przy pomocy metody odruchów warunkowych, pozwalają formułować te prawa w sposób bardziej zupełny i dokładny, niż to było zrobione dotychczas na podstawie doświadczeń, wykonywanych głównie na niższych odcinkach ośrodkowego układu nerwowego i najczęściej w warunkach ostrego doświadczenia.

Co się tyczy kory mózgowej, możemy stwierdzić co następuje: przy słabem natężeniu zarówno procesu pobudzenia, jak i hamowania, jakie otrzymuje się pod wpływem odpowiednich podniet, zachodzi promieniowanie, rozlewanie się procesów z punktu wyjściowego; przy średnim natężeniu — koncentracja, ześrodkowanie procesów w punkcie zaczepienia podniety, zaś przy niezwykle silnem natężeniu — znów promieniowanie.

W całym ośrodkowym układzie nerwowym dzięki promieniowaniu pobudzenia zachodzi odruch sumacyjny, t. j. sumowanie rozlewającej się fali pobudzenia z miejscowym pobudzeniem, jawnem lub ukrytem. W ostatnim wypadku zostaje ujawniony ukryty stan toniczny ośrodka — zjawisko znane już oddawna. Podczas gdy w korze mózgowej spotkanie fal, promieniujących z różnych punktów, szybko prowadzi do wytworzenia się czasowego połączenia, asocjacji tych punktów, w pozostałych częściach ośrodkowego układu nerwowego spotkanie to pozostaje zjawiskiem chwilowem i szybko mija. Wytwarzanie się połączeń w korze mózgowej jest prawdopodobnie wynikiem jej niezwyklej wrażliwości na podniety i zdolności utrwalania powstałych zmian. Stanowi ono stałą i charakterystyczną właściwość tej części ośrodkowego układu nerwowego. Prócz tego w korze mózgowej promieniowanie procesu pobudzenia usuwa i jakby zmywa na krótki przeciąg czasu hamowanie z punktów, w których proces ten istnieje, nieja-



ko ujemnie naładowanych, czyniąc te punkty na ten czas dodatnimi. Zjawisko to nazywamy rozhamowaniem.

Przy promieniowaniu procesu hamowania obserwujemy obniżanie lub nawet zupełne zanikanie czynności punktów naładowanych dodatnio i wznowianie czynności punktów naładowanych ujemnie.

Gdy proces pobudzenia lub hamowania koncentruje się, indukuje on przeciwny proces zarówno na obwodzie, podczas swego działania, jak i w miejscu działania, po jego zakończeniu. Jest to prawo wzajemnej indukcji.

Na przestrzeni całego ośrodkowego układu nerwowego przy koncentracji procesu pobudzenia spotykamy się ze zjawiskami hamowania. Punkt, w którym koncentruje się pobudzenie na większej lub mniejszej przestrzeni otacza się procesem hamowania — zjawisko indukcji ujemnej. Zjawisko to daje się obserwować na wszystkich odruchach; pojawia się ono odrazu w całej pełni i trwa pewien czas po ustaniu pobudzenia. Występuje ono zarówno między oddzielnymi punktami, jak i między wielkimi odcinkami mózgu. Nazywamy to hamowanie zewnętrznem, biernem, bezwarunkowem. Jest ono znane oddawna, zazwyczaj oznaczano je jako współzawodnictwo ośrodków.

W korze mózgowej występują również inne rodzaje hamowania, które zresztą nie różnią się zapewne pod względem fizyko-chemicznej istoty od hamowania, opisanego poprzednio. Przedewszystkiem — istnieje hamo-

wanie, przy pomocy którego odbywa się korygowanie odruchów warunkowych. O hamowaniu tem była wyżej mowa; powstaje ono wówczas, gdy bodźcowi warunkowemu przy wymienionych wyżej warunkach nie towarzyszy bodziec bezwarunkowy. Hamowanie to stopniowo narasta, staje się silniejsze, można je trenować i doskonalić. Dzieje się to znowu dzięki zupełnie niezwyklej wrażliwości komórek korowych i wynikającej stąd labilności zachodzącego w nich procesu hamowania. Nazywamy to hamowanie wewnętrznem, czynnem, warunkowem. Bodźce, które stają się w ten sposób stałymi wywołującami stanu hamowania w korze mózgowej, nazywamy bodźcami ujemnymi, hamulcowymi. Z bodźców obojętnych możemy uczynić bodźce hamulcowe również i wtedy, gdy będziemy je stale stosować podczas stanu hamowania kory mózgowej (doświadczenie G. W. Folborta). Pierwotne odruchy hamulcowe można, jak wiadomo, otrzymać również i w niższych odcinkach mózgu a także w rdzeniu kręgowym; występują one tam odrazu, w gotowej postaci i w sposób stereotypowy, podczas gdy odruchy takie w korze mózgowej powstają stopniowo i trzeba je specjalnie wytwarzać.

W korze mózgowej istnieje jeszcze jeden rodzaj hamowania. Zasadniczo, reakcja na bodziec warunkowy zmienia się *caeteris paribus* równoległe do fizycznego natężenia bodźca. Dzieje się to jednak tylko do pewnej górnej (być może i dolnej) granicy. Poza tą górną granicą reakcja już więcej nie rośnie, lecz albo pozo-

staje bez zmiany, albo też zmniejsza się. Mamy powody przypuszczać, że poza tą granicą bodziec wywołuje nie tylko proces pobudzenia, lecz i hamowania. Objasniamy fakt ten w następujący sposób. Komórki korowe posiadają swój kres wydolności, poza którym następuje hamowanie, nie dopuszczające do ich zbytniego czynnościowego zużycia. Kres wydolności nie jest wielkością stałą, lecz zmienia się w sposób ostry lub chroniczny: przy wyczerpaniu, w stanie hipnotycznym, w stanach chorobowych i w starości. Hamowanie to, które możnaby nazwać pozakresowem, czasami występuje odrazu, czasem zaś ujawnia się dopiero przy powtórzeniach bodźców ponadmaksymalnych. Należy przyjąć, że i w niższych częściach ośrodkowego układu nerwowego istnieje analogiczne hamowanie.

Można przypuszczać, że specyficzne hamowanie wewnętrzne jest również odmianą hamowania pozakresowego, w którym, zamiast natężenia podniety, odgrywa rolę jej długotrwałość.

Hamowanie, podobnie jak i pobudzenie, promieniuje po korze mózgowej, przyczem rozprzestrzenianie się hamowania wewnętrznego występuje niezwykle wyraźnie i łatwo daje się obserwować w najrozmaitszych stopniach i postaciach.

Nie może ulegać wątpliwości, że hamowanie, rozszerzając się i pogłębiając, tworzy rozmaite stopnie stanu hipnotycznego, zaś przy maksymalnym rozprzestrzenieniu się wdół od kory mózgowej po całym mózgu po-

woduje normalny sen. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że nawet u psów występuje wielka ilość i różnorodność stadiów stanu hipnotycznego, który w początkach swych niczem prawie się nie różni od stanu jawy. Z rozmaitych stadiów intensywności hamowania należy wspomnieć o fazach: wyrównawczej, paradoksalnej i ultraparadoksalnej. W fazach tych albo bodźce warunkowe o różnej sile fizycznej dają jednakowe efekty, albo też otrzymane efekty są odwrotne w stosunku do siły, albo wreszcie, w rzadkich wypadkach, bodźce hamulcowe działają tak, jak dodatnie, natomiast bodźce dodatnie zostają zahamowane. Jeżeli chodzi o rozpiętość procesu hamowania, to możemy obserwować dysocjacje funkcjonalne zarówno w samej korze mózgowej, jak i między korą i częściami mózgu, leżącymi poniżej. W korze mózgowej szczególnie często następuje izolacja sfery motorycznej od pozostałych części, a w samej tej sferze występują nieraz wyraźnie rozszczępienia funkcjonalne.

Niestety fakty powyższe nie są powszechnie przyjęte ani też należycie wykorzystane dla zrozumienia wielu zjawisk z zakresu fizjologii i patologji, gdyż na przeszkodzie temu stoi tak zwany „ośrodek snu”, uznawany przez klinicystów i niektórych eksperymentatorów. Nie trudno jednak uzgodnić i połączyć fakty, należące do tych dwóch kategorii. Sen może posiadać dwojaki pochodzenie: może on powstać albo przez rozprzestrzenianie się hamowania z kory mózgowej, albo też przez ograni-



czenie podniet, dochodzących do wyższych odcinków mózgu zarówno od zewnątrz, jak i od wewnątrz organizmu. W swoim czasie Strümpell spowodował u swego chorego sen przez nagłe ograniczenie podniet zewnętrznych. W ostatnich czasach A. D. Speranski i W. S. Gałkin otrzymali głęboki i chroniczny sen (trwający tygodnie i miesiące) przez obwodowe zniszczenie receptorów: węchowego, słuchowego i wzrokowego. Można przypuścić, że w niektórych z tych wypadków sen powstaje również dzięki takiemu samemu hamowaniu, które uzyskuje przewagę wskutek ograniczenia dochodzących do kory podniet.

Podobnie, jak przy koncentracji procesu pobudzenia, również i przy koncentracji procesu hamowania pojawia się zjawisko wzajemnej indukcji. Wznowienie pobudliwości występuje natychmiast lub też narasta powoli i pozostaje nietylko podczas działania czynnika hamującego, ale również i potem, niekiedy w ciągu dość długiego czasu. Indukcja dodatnia przejawia się zarówno między drobnymi odcinkami kory, przy ograniczonym hamowaniu, jak i między wielkimi częściami mózgu, przy hamowaniu bardziej rozlanem.

Przy pomocy przytoczonych praw możemy objaśnić pochodzenie i mechanizm wielu różnych zjawisk wyższych czynności układu nerwowego (wśród nich niektóre są dość szczególne i na pierwszy rzut oka zagadkowe), na czem jednak nie mam możliwości się obecnie zatrzymywać. Dla przykładu przytoczę tylko jedno zja-

wisko z kategorii tych, które przez długi czas pozostawały dla nas zupełnie niejasne. Przykład ten dotyczy skomplikowanego wpływu, jaki mają bodźce postronne na opóźniony odruch warunkowy (dawne doświadczenie naszego współpracownika I. W. Zawadzkiego).

Wytwarzamy opóźniony odruch warunkowy, przy czem bodziec warunkowy stale trwa 3 minuty, zanim przyłącza się do niego bodziec bezwarunkowy. Po wytworzeniu się takiego odruchu, w pierwszej minucie działania bodźca warunkowego nie daje on żadnego widocznego efektu; w drugiej minucie bodziec warunkowy zaczyna działać dopiero przy końcu, zaś maksymalny efekt występuje w trzeciej minucie. W ten sposób odruch warunkowy składa się z dwóch faz: nieczynnej i czynnej. Przy pomocy jednak specjalnych doświadczeń można wykazać, że pierwsza faza nie jest zerowa, lecz ma charakter hamulcowy.

Jeżeli teraz będziemy stosowali jednocześnie z bodźcem warunkowym bodźce postronne o rozmaitem natężeniu, wywołujące jedynie reakcję orientacyjną, wówczas występuje w odruchu opóźnionym szereg zmian. Przy słabej podniecie faza nieczynna staje się czynną, t. j. występuje zwykły efekt bodźca warunkowego; efekt drugiej fazy bądź pozostaje bez zmian, bądź też nieznacznie wzrasta. Przy silniejszej podniecie, z pierwszą fazą dzieje się to samo, co w poprzednim wypadku, natomiast efekt fazy czynnej silnie się zmniejsza. Wreszcie, przy bardzo silnych ponietach, pierwsza fa-

za znów pozostaje nieczynną, zaś efekt drugiej fazy znika zupełnie. Obecnie, na podstawie najnowszych doświadczeń naszego współpracownika W. W. Rikmana, powyższe zjawiska zrozumiemy jako wynik działania czterech praw: 1) promieniowania procesu pobudzenia, 2) indukcji ujemnej, 3) sumowania i 4) kresu wydolności. Przy słabym odruchu orientacyjnym hamowanie pierwszej fazy zostaje usunięte przez rozlewającą się falę pobudzenia; odruch ten przy dalszym trwaniu podniety szybko zanika prawie zupełnie, wskutek czego efekt drugiej fazy pozostaje bez zmiany, albo też, dzięki nieznacznemu sumowaniu, nieco się zwiększa. Przy znacznie silniejszym odruchu orientacyjnym efekt jego utrzymuje się dłużej i wskutek tego, prócz rozhamowania pierwszej fazy, następuje znaczna sumacja fazy czynnej odruchu warunkowego. To pociąga za sobą hamowanie pozakresowe w ostatniej minucie odruchu opóźnionego. Wreszcie, przy bardzo silnym odruchu orientacyjnym, następuje pełna koncentracja pobudzenia wraz z silną indukcją ujemną, która dodaje się do hamowania pierwszej fazy i znosi fazę czynną.

Aczkolwiek zbadaliśmy już obecnie wielką ilość poszczególnych zależności między procesem pobudzenia i hamowania, to jednak ściśle sformułowanie ogólnego prawa, dotyczącego wzajemnej zależności tych obydwóch procesów, wciąż jeszcze natrafia na poważne trudności. Co się tyczy głębszego mechanizmu tych procesów, to wiele naszych danych doświadczalnych

przemawia za tem, że proces hamowania posiada prawdopodobnie związek z asymilacją, podczas gdy proces pobudzenia, co się rozumie samo przez się, jest związany z dyssymilacją<sup>(35)</sup>.

Co się tyczy tak zwanych *ruchów dowolnych*, i o nich posiadamy pewne dane. Zgodnie z wynikami, otrzymanymi przez niektórych poprzednich badaczy, wykazaliśmy, że sfera ruchowa kory mózgowej przedewszystkiem posiada charakter odbiorczy, t. j. nie różni się pod tym względem od pozostałych sfer: wzrokowej, słuchowej i innych. Za tem przemawia fakt, że z biernych ruchów zwierzęcia, t. j. podmiot kinestetycznych, przyjmowanych przez tę sferę, mogliśmy uczynić takie same bodźce warunkowe, jak ze wszystkich podmiot zewnętrznych. Do tego dołącza się fakt, znany potocznie i otrzymany przez nas również w pracowni, który polega na wytworzeniu czasowego połączenia między jakimikolwiek bodźcami zewnętrznymi i ruchami biernymi, wskutek czego na określone sygnały otrzymujemy ruchy czynne zwierzęcia. Pozostaje jednak zupełnie niewyjaśnionem, w jaki sposób podnieta kinestetyczna związana jest z odpowiednim aktem ruchowym: warunkowo, czy bezwarunkowo? Poza tym punktem końcowym cały *mechanizm ruchu dowolnego* sprowadza się do *procesu warunkowego, asocjacji* i podlega wszystkim opisanym wyżej prawom wyższych czynności układu nerwowego.

Na korę mózgową padają bezustannie niezliczone



podniety zarówno ze świata zewnętrznego, jak i z wnętrza organizmu. Podniety te są przewodzone z obwodu przy pomocy mnóstwa specjalnych dróg i po dojściu do mózgu trafiają do określonych punktów i rejonów. Mamy więc przed sobą, po pierwsze, mozaikę o b. skomplikowanej budowie. Po drogach przewodzących płyną do kory mózgowej niezliczone ilości najrozmaitszych procesów dodatnich, do których w korze dołączają się procesy hamowania. Z każdego poszczególnego stanu komórek korowych (a stanów tych również może być niezliczone mnóstwo), jak to stale obserwujemy w ciągu całej naszej pracy nad odruchami warunkowymi, może wytworzyć się specjalny bodziec warunkowy. Powstające w ten sposób procesy spotykają się, zderzają się wzajemnie i muszą się jakoś układać i systematyzować. Po drugie więc, stoimy w obliczu olbrzymiego układu dynamicznego. W pracy nad odruchami warunkowymi u normalnych zwierząt mamy możliwość obserwować i badać owo nieprzerwane systematyzowanie się procesów, jak moglibyśmy powiedzieć, stałą dążność do osiągnięcia dynamicznego stereotypu. Oto fakt, który może służyć nam, jako przykład. Jeżeli wytworzyliśmy u zwierzęcia szereg dodatnich i ujemnych odruchów warunkowych z bodźców o różnym natężeniu i stosujemy je codziennie w określonych jednakowych odstępach czasu między bodźcami oraz zawsze w określonym porządku, wytwarzamy w ten sposób w korze mózgowej stereotyp procesów. Można to z łatwością wykazać. Je-

żeli bowiem w ciągu całego doświadczenia będziemy powtarzali tylko jeden z dodatnich bodźców warunkowych (najlepiej słaby) w jednakowych odstępach czasu, wówczas okaże się, że odtworzy on w prawidłowym porządku wahania wielkości efektów tak samo, jak to powodował stosowany stale układ różnych bodźców.

Nietylko wytworzenie się dynamicznego stereotypu, ale i jego utrzymywanie w ciągu dłuższego lub krótszego czasu stanowi dla układu nerwowego poważną pracę, różną, w zależności od stopnia złożoności stereotypu i od właściwości indywidualnych zwierzęcia. Istnieją oczywiście tak trudne zadania, że nawet zwierzęta o silnym układzie nerwowym jedynie przy wielkim wysiłku mogą sobie z nimi poradzić. Inne, nawet na tak proste zmiany układu odruchów warunkowych, jak wprowadzenie nowego bodźca albo nieznaczne przesunięcie starych bodźców, reagują utratą całej działalności warunkowo-odruchowej, niekiedy w ciągu dłuższego czasu. Niektóre osobniki mogą zachowywać prawidłowy układ jedynie przy robieniu przerw między doświadczeniami, t. j. przy stosowaniu pewnych odpoczynków. I nakoniec, są takie zwierzęta, które mogą regularnie pracować tylko przy b. uproszczonym układzie odruchów, składającym się np. z dwóch bodźców o jednakowym natężeniu.

Należy przypuszczać, że procesy nerwowe, jakie powstają w korze mózgowej przy wytwarzaniu się i podtrzymywaniu dynamicznego stereotypu, stanowią to, co

zazwyczaj oznacza się jako *uczucia* w ich dwóch zasadniczych kategoriach — dodatniej i ujemnej i w ich olbrzymim stopniowaniu pod względem natężenia. Procesy, prowadzące do wytworzenia się stereotypu, osiągnięcie stereotypu, jego utrzymywanie lub naruszenie są to, z punktu widzenia subiektywnego, dodatnie i ujemne uczucia, co zresztą zawsze przejawiało się w ruchowych reakcjach zwierzęcia.

Cała nasza praca stopniowo doprowadziła nas do odrębnienia u naszych zwierząt różnych typów układu nerwowego. Ponieważ kora mózgowa jest najbardziej wrażliwym i najwyższym odcinkiem układu nerwowego, przeto jej właściwości indywidualne muszą przede wszystkim określać zasadniczy charakter ogólnej działalności każdego zwierzęcia. Nasza systematyzacja typów odpowiada klasyfikacji, powstałej w starożytności, tak zwanych temperamentów. Istnieje typ o silnym procesie pobudzeniowym i stosunkowo słabym hamulcowym. Zwierzęta tego typu są agresywne i nieokiełznane. Nazywamy je silnymi i pobudliwymi, t. j. „cholerykami”. Następnie istnieje typ zwierząt silnych i jednocześnie zrównoważonych, u których obydwa procesy stoją na tej samej wysokości. Jest to typ karny i nadzwyczaj rzeczowy; spotykamy go w postaci dwóch odmian: należą tu bądź zwierzęta spokojne, solidne, bądź też ruchliwe i ożywione. Nazywamy je odpowiednio „flegmatykami” i „sangwinikami”. Wreszcie istnieje typ słaby, łatwo poddający się hamowaniu, u którego

obydwa procesy są słabe. Nazywamy te zwierzęta słabymi, zahamowanymi; zahamowanymi dlatego, że bardzo łatwo ulegają hamowaniu zewnętrznemu. Są one lękliwe i niespokojne. Można by je nazwać „melancholikami”, ponieważ lękają się one stale wszystkiego.

Że nasze badania wyższych czynności układu nerwowego są na prawidłowej drodze, że konstatawane przez nas zjawiska, dotyczące tych czynności, są ścisłe, a analizowane mechanizmy prawdziwe, o tem najdobitniej świadczy fakt, że możemy obecnie w wielu przypadkach z wielką ścisłością wywoływać na drodze funkcjonalnej chroniczne stany patologiczne czynności nerwowych, a następnie, według własnej woli, przywracać stan normalny. Wiemy, jakiego typu zwierzęta umiemy łatwo uczynić neurotykami i jak tego dokonać, wiemy również, jakiego rodzaju stany chorobowe przytem otrzymamy. Najbardziej poddają się nerwicom doświadczalnym typy silne, lecz niezrównoważone, nadmiernie pobudliwe oraz typy słabe, zahamowane. Jeżeli zwierzęciu pobudliwemu dajemy ustawicznie zadania, przy których potrzebne jest silne hamowanie, zwierzę to zatraci niemal zupełnie zdolność hamowania i zostaje pozbawione możliwości korygowania odruchów warunkowych, t. j. przestaje analizować i rozróżniać otrzymane podniety oraz stosunki czasowe. Natomiast stany pobudzenia, wywoływane przez b. silne czynniki, nie powodują u nich szkodliwego, patologicznego działania. Typ słaby, zahamowany, tak samo łatwo choruje wskutek niewielkiego



naprężenia hamowania, jak i wskutek b. silnych bodźców, przyczem, bądź jego działalność warunkowo-odruchowa w warunkach naszych doświadczeń urywa się zupełnie, bądź też przejawia się ona w sposób chaotyczny. Co się tyczy zwierząt o typie zrównoważonym, to nie udało nam się uczynić ich neurotykami nawet przy zastosowaniu specjalnie silnego czynnika chorobotwórczego, zderzenia dwóch przeciwnych sobie procesów.

Najlepszym środkiem leczniczym przeciw nerwicom okazał się, w zgodzie z danymi klinicznymi uzyskanymi na człowieku, brom, który na zasadzie naszych licznych i pod wielu względami pouczających doświadczeń, wywiera wpływ przedewszystkiem na proces hamowania, wybitnie go tonizując. Wymagany jest jednak ścisły sposób dawkowania, mianowicie, słaby typ musi otrzymywać 5—8 razy mniej bromu, niż silny. Również pomaga często zwierzętom odpoczynek, t. j. przerwa w doświadczeniach.

Między zwierzętami o typie słabym często spotyka się gotowych neurotyków.

Potrafimy również wywoływać poszczególne objawy chorób psychicznych: stereotypję, negatywizm i zmiany okresowe<sup>(36)</sup>.

Po zaznajomieniu się w ciągu zeszłego roku specjalnie z kliniką ludzkiej hysterji, którą uważa się za chorobę psychiczną, powstającą przedewszystkiem, albo nawet wyłącznie, wskutek psychopochodnej reakcji na warunki otoczenia, przyszedłem do przekonania, że jej sympto-

matologia może być bez naciągania zrozumiana fizjologicznie, z punktu widzenia fizjologii wyższych czynności układu nerwowego. Pozwoliłem sobie przedstawić mój pogląd w druku\*. Jedyne w niektórych punktach należało wprowadzić pewne przypuszczenia na temat tych dodatków, które są potrzebne dla przedstawienia sobie w ogólnych zarysach wyższych czynności układu nerwowego człowieka. Dotyczą one czynności mówienia, wnoszącej nową zasadę do działalności kory mózgowej. Jeżeli nasze czucia i wyobrażenia, odnoszące się do świata zewnętrznego, są dla nas pierwotnymi sygnałami rzeczywistości, sygnałami konkretnymi, to mowa, specjalnie zaś podniety kinestetyczne, płynące do kory mózgowej od narządów mowy, stanowią wtórne sygnały — sygnały sygnałów. Przedstawiają one oderwanie się od rzeczywistości i umożliwiają uogólnienie, co stanowi treść naszego *dotatkowego, specjalnie ludzkiego myślenia*, stwarzającego najpierw ogólnoludzki empiryzm, a następnie naukę — narzędzie wyższej orientacji człowieka, dotyczącej świata otaczającego jak i jego samego. Niezwykła skłonność do fantazjowania i stany zamroczeniowe hysterków, a także marzenia senne u wszystkich ludzi polegają na ożywieniu pierwotnych sygnałów z ich obrazowością, konkretnością, jak również i emocyj. Rozpoczynający się stan hypnotyczny wyłą-

\* I. P. P a w ł o w. Próba fizjologicznego objaśnienia symptomatologii i hysterji. Wyd. Akad. Nauk. Leningrad, 1932. (Polski przekład Warsz. Czas. Lek., 1933, Nr. 1).

cza wówczas przede wszystkim odcinek, kierujący układem sygnałów wtórnych, jako najbardziej wrażliwą część mózgu, najbardziej pracującą w stanie jawy i regulującą, a jednocześnie hamującą do pewnego stopnia zarówno sygnały pierwotne, jak i działalność emocjonalną.

Prawdopodobnie płaty czołowe stanowią narząd owego dodatkowego, czysto ludzkiego myślenia, dla którego jednak prawa ogólne wyższych czynności układu nerwowego powinny pozostawać te same.

Przytoczone fakty i oparte na nich rozważania powinny prowadzić do ustanowienia najściślejszego związku fizjologii z psychologią. Daje się to rzeczywiście zauważyć w znacznej części amerykańskiej psychologii. W moim Waltera Huntera, prezydenta Amerykańskiego Stowarzyszenia Psychologów na 1931 r., nawet mimo wielkich wysiłków prelegenta, psychologa - behawiorysty, zmierzających do oddzielenia fizjologii od psychologii behawiorystycznej, nie można dostrzec najmniejszej różnicy między temi dziedzinami. Zresztą i psychologowie z obozu nie-behawiorystów przyznają, że nasze doświadczenia nad odruchami warunkowymi udzieliły, na przykład, znacznej pomocy nauce o psychicznych asocjacjach. Można również przytoczyć i inne podobne przykłady.

Przekonany jestem, że zbliża się ważny etap ludzkiej myśli, kiedy to, co fizjologiczne i to, co psychiczne, obiektywne i subiektywne w rzeczywistości zleją się ze

sobą, kiedy męczące przeciwieństwo, czy też przeciwstawienie mej świadomości mojemu ciału zostanie faktycznie rozwiązane i odpadnie w sposób naturalny. W istocie bowiem, gdy badanie obiektywne zwierzęcia wyższego, na przykład psa, dojdzie do tego stopnia — a to niewątpliwie nastąpi — że fizjolog będzie mógł w sposób zupełnie ścisły przewidywać we wszelkich warunkach zachowanie tego zwierzęcia, cóż wówczas zostanie dla samodzielnego, niezależnego istnienia jego stanu subiektywnego, które oczywiście posiada ono tak samo, jak my? Czyż wówczas działalność każdej istoty żyjącej do człowieka włącznie nie stanie się w sposób konieczny dla naszej myśli jedną nierozdzielną całością?



## PRZYPISY

(<sup>1</sup>) Przypominamy na tem miejscu, że włókna nerwowe, wchodzące w skład t. zw. nerwów obwodowych i rozproszone po całym ustroju są wypustkami protoplazmatycznymi komórek nerwowych (neuronów), znajdujących się w mózgu i rdzeniu kręgowym. Po włóknach przebiegają t. zw. impulsy nerwowe, t. j. swojego rodzaju zakłócenia, objawiające się zmianami elektrycznymi, chemicznymi i termicznymi. Włókna nerwowe przewodzą impulsy bądź ku ośrodkom mózgu i rdzenia (włókna dośrodkowe), bądź też od tych ośrodków ku narządom wykonawczym (włókna odśrodkowe). Adrian i Sherrington na oznaczenie impulsów nerwowych używają często synonimów: sygnały (signals), zlecenia (messages) i t. p.

(<sup>2</sup>) Mezoderma — środkowy listek zarodkowy. Autor przeciwstawia tu pochodzenie mięśni w rozwoju embrjologicznym pochodzeniu układu nerwowego, który powstaje z zewnętrznego listka zarodkowego (ectodermy).

(<sup>3</sup>) Przy skurczu mięśnia pojawiają się w nim impulsy, przebiegające wzdłuż włókien mięśniowych. O ile jednak impulsy we włóknach nerwowych zwierząt ciepłokrwistych rozchodzą się z szybkością dochodzącą do 80 m. na sek., to impulsy mięśniowe posiadają szybkość 7—10 razy mniejszą. Również szybkość narastania i zanikania poszczególnych impulsów jest znacznie mniejsza w mięśniach, niż we włóknach nerwowych.

(<sup>4</sup>) Autor ma tu na myśli uszkodzenie czynności włókna mięśniowego, spowodowane zmęczeniem. Jeżeli drażnimy mięsień przez dłuższy przeciąg czasu, zaczyna on przewodzić impulsy wolniej i wreszcie wskutek zmęczenia staje się na jakiś czas zupełnie niebudliwy. W przeciwieństwie do tego włókno nerwowe niemal zupełnie nie poddaje się zmęczeniu.

(<sup>5</sup>) Szara substancja jestto część tkanki nerwowej, zawierająca skupienia komórek nerwowych. Odcina się ona od reszty tkanki nerwowej, zawierającej przeważnie włókna, swem szarem zabarwieniem. Kora mózgowa, wielkie zwoje podkorowe oraz środkowa część rdzenia kręgowego należą do szarej substancji.

(6) Sfera wzrokowa kory mózgowej znajduje się w płacie potylicznym. Dochodzą do niej drogi dośrodkowe, idące od siatkówki oka.

(7) Komórka nerwowa posiada w zasadzie jedno długie włókno nerwowe, t. zw. neuryt, po którym przebiegają impulsy, idące od tej komórki, oraz wiele krótkich odgałęzień, czyli t. zw. dendrytów. Dendryty wychodzą jakgdyby na spotkanie tym włóknom nerwowym, które przewodzą impulsy od innych komórek nerwowych ku danej komórce. W ten sposób włókno nerwowe jednej komórki styka się z dendrytami innej komórki. Jaka jest budowa anatomiczna tego zetknięcia i w jaki sposób odbywa się przenoszenie impulsów z jednego neuronu na drugi, są to najaktualniejsze i jedne z najbardziej istotnych zagadnień nauki o układzie nerwowym.

(8) Lashley — wybitny współczesny psycholog amerykański, reprezentujący t. zw. kierunek behawiorystyczny w psychologii (behaviour — zachowanie się). Badania jego dotyczą w przeważnej mierze mechanizmów mózgowych zachowania się zwierząt, przyczem usiłuje on wykazać, że zachowanie to nie da się sprowadzić wyłącznie do działalności odruchowej.

(9) Teoria postaci — Gestalttheorie — kierunek psychologii, rozwijający się przedewszystkiem w Niemczech. Jest on reakcją przeciw psychologii asocjacyjnej i występuje przeciw „atomizowaniu“ działalności psychicznej i sprowadzaniu jej do pierwotnych elementów, jakimi są czucia i odpowiadające im wyobrażenia. Według teorii postaci pierwotną funkcją umysłu jest ujmowanie całkowitych sytuacji, natomiast ich analiza i rozczłonkowanie jest procesem późniejszym i hierarchicznie wyższym. O ile psychologia asocjacyjna w znacznym stopniu opiera się na ścisłej lokalizacyjnej funkcji kory mózgowej i związana jest poniekąd z przyjmowaniem sztywnych „modeli anatomicznych“, o tyle teoria postaci wyklucza powyższe stanowisko w fizjologii i odpowiada raczej nowym poglądom na funkcje kory mózgowej (jak np. pogląd, reprezentowany przez Lashleya).

(10) Sfera motoryczna kory mózgowej jest to ta okolica, od której zależy nabyta w ciągu życia (t. j. nie wrodzona) działalność ruchowa organizmu. Sfera ta znajduje się w tylnej części płata czołowego.

(11) Labirynt doświadczalny jestto złożony system korytarzy, który służy do badania nawyków ruchowych u zwierząt. Metoda ta została wprowadzona w Ameryce na początku bieżącego stulecia i obecnie jest nader rozpowszechniona w badaniach nad zachowaniem się zwierząt.

(12) Dla uniknięcia nieporozumień należy tutaj zaznaczyć, że przez

„sieciami nerwowymi“ Sherrington oznacza rozmaite odcinki ośrodkowego układu nerwowego, wględnie cały ten układ. Tak więc, kora mózgowa, zwoje podkorowe, ośrodki rdzeniowe będą nazywane „sieciami nerwowymi“. „Punkty węzłowe“, „punkty łączności“, lub „punkty przełączania“ są to komórki nerwowe. Od każdego „punktu węzłowego“ odchodzą włókna, t. j. neuryty i dendryty (por. przypis 7), które punkty te łączą między sobą.

„Nową wielką siecią nerwową“ nazywa w dalszym ciągu Sherrington korę mózgową.

(13) Stan polaryzacji włókna nerwowego oznacza, że przy jego błonie powierzchniowej, po wewnętrznej i zewnętrznej stronie, istnieje różnica potencjałów elektrycznych; strona zewnętrzna posiada ładunek dodatni, wewnętrzna — ujemny. Gdy impuls („sygnał“) przebiega przez włókno nerwowe, w danym miejscu własności błony powierzchniowej zmieniają się w ten sposób, że przepływa przez nią prąd elektryczny i różnica potencjałów wyrównywa się; mamy wówczas do czynienia z depolaryzacją. Repolaryzacja oznacza powrót do pierwotnego stanu polaryzacji.

(14) „Ustabilizowanie“ (stabilisation) błony powierzchniowej polega na tem, że nie jest ona zdolna do depolaryzacji pod wpływem przychodzących impulsów nerwowych, wskutek czego te ostatnie zostają w danym miejscu zatrzymane.

(15) We śnie, lub po usunięciu kory mózgowej wychodzą na jaw liczne odruchy podkorowe i rdzeniowe, które w normalnych warunkach nie występują, gdyż są hamowane przez czynność kory.

(16) Mowa tu o receptorach, przyjmujących bodźce, wywoływane przez przedmioty z odległości, t. j. bodźce wzrokowe, słuchowe i węchowe.

(17) Mowa tu o mechanizmie odruchu warunkowego, który obszernie i bardziej przystępnie będzie wyjaśniony w artykułach Pawłowa.

(18) Autor przeciwstawia tu połączeniu morfologicznemu połączenie funkcjonalne, oparte nie na odpowiedniej budowie dróg przewodzących, lecz na właściwościach czynnościowych ośrodków.

(19) Sherrington mówi o wytwarzaniu się odruchów warunkowych 2-go i 3-go rzędu (u psa) oraz o odruchach warunkowych wyższych rzędów (u człowieka). Odruch warunkowy 2-go rzędu jest to odruch wytworzony nie przy pomocy odruchu bezwarunkowego, lecz przy pomocy odruchu warunkowego, t. j. przez dołączanie bodźca obojętnego do bodźca warunkowego. W podobny sposób można otrzymywać odruchy 3-go, 4-go rzędu i t. d. Początkowo myślano, że wyższość człowieka nad



zwierzęciem polega na jego zdolności wytwarzania odruchów warunkowych wysokich rzędów. Pogląd ten okazał się mylny i dlatego to, co mówi na tem miejscu Sherrington, należy uważać za przestarzałe.

(20) Przepowiednia Pawłowa sprawdziła się w zupełności. Badanie ślinowej reakcji wydzielniczej stało się najklasycyjnniejszą i najdoskonalszą metodą fizjologii wyższych czynności układu nerwowego. Olbrzymia większość wykonanych w tej dziedzinie prac oparta jest na tej metodzie i najważniejsze prawa działalności kory mózgowej zostały wykryte przy jej pomocy. Wybitną swą wartość naukową zawdzięcza powyższa metoda następującym jej własnościom: 1) reakcja ślinowa jest b. prosta i może być w sposób ścisły badana ilościowo, 2) jest ona nadzwyczaj czuła, silnie i szybko reaguje na zmiany w układzie nerwowym, 3) jest ona związana z niezmiernie ważną funkcją organizmu — funkcją odżywiania.

Nie należy przypuszczać, że t. zw. „metoda ślinowa“ jest jedyną metodą, zdatną do badania wyższych czynności układu nerwowego. „Wskaźnikami“ działalności kory mózgowej mogą być również i inne reakcje ustroju: ruchy zwierzęcia, wydzielanie innych gruczołów, rozszerzenie i zwężanie się naczyń krwionośnych i t. p. Ostatnio daje się zauważyć coraz silniejsza tendencja porzucania metody ślinowej i poszukiwania nowych metod badań. Niemniej jednak metoda ta pozostanie niewątpliwie w dalszym ciągu klasyczną i dla badania pewnych zjawisk działalności korowej — niezastąpioną.

(21) Jak wiadomo, czynność ośrodka oddechowego zależy od zawartości kwasu węglowego (ściślej jonów wodorowych) we krwi. Jeżeli np. wskutek sztucznego zatrzymania oddechu, nagromadzi się we krwi nadmierna ilość tego kwasu, lub wskutek pracy nastąpi zakwaszenie krwi, wywoła to wzmogoną działalność ośrodka oddechowego. Jeżeli naodwrot przy pomocy umyślnie wzmogonego oddechu wydalimy znaczną ilość dwutlenku węgla, nastąpi zwolnienie oddechu, dopóki wytwarzający się w ustroju kwas węglowy na nowo nie pobudzi ośrodka oddechowego.

(22) Tropizmy są to ogólne tendencje ruchowe istot żyjących w pewnym kierunku. Istnieje np. heliotropizm dodatni i ujemny, t. j. posuwanie się lub zwracanie w kierunku słońca, względnie w kierunku przeciwnym, chemotropizm — posuwanie się ku jakiejś substancji chemicznej, oddziaływującej na zwierzę, lub w odwrotnym kierunku i t. d.

(23) Chodzi tu przede wszystkim o badania wybitnego fizjologa rosyjskiego Siczzenowa, nauczyciela Pawłowa, który pierwszy zwrócił

uwagę na fakt hamowania odruchów rdzeniowych przez wyżej położone ośrodki i wyprowadził stąd szereg ogólnych wniosków, dotyczących pracy mózgu. Słynne dziełko Siczzenowa „Odruchy mózgu“ zawiera w zarodku te myśli, które następnie Pawłow rozwinął i wprowadził w czyn przez swe badania.

(24) Pawłow mówi tu o kierunku badań, który zaczął się rozwijać na przełomie 19-go i 20-go wieku w Ameryce pod nazwą behawioryzmu (patrz przypis 8), zapoczątkowany przez Thorndike'a, Yerkes'a i in. Istota tego kierunku polega na badaniu całokształtu zachowania się zwierząt od strony czysto obiektywnej. Behawiorysta zbiera i systematyzuje materiał doświadczalny, nie stosując zupełnie interpretacji psychologicznych, t. j. nie wnikając w przeżycia subiektywne zwierzęcia. Aczkolwiek behawioryzm rozwinął się na gruncie psychologii i uważany jest przeważnie za jeden z kierunków psychologicznych, między nim, a fizjologią kory mózgowej istnieje wyraźna wspólność ogólnych stanowisk i podobieństwo w metodach badań.

(25) Jeżeli jednocześnie z działaniem pokarmowego bodźca warunkowego zastosujemy bodziec, wywołujący jakiś inny odruch, np. podrażnimy łapę psa prądem elektrycznym, wówczas efekt odruchu warunkowego zmniejszy się lub zniknie zupełnie; drażnienie prądem będzie hamulcem prostym. Bodźce, wywołujące odruch orjentacyjny (silne dźwięki, hałasy, błyski i t. p.) mają specjalne właściwości: zastosowane poraz pierwszy z bodźcem warunkowym silnie hamują jego działanie, przy powtarzaniu ich jednak wpływ hamujący powoli znika i wreszcie stają się dla zwierzęcia najzupełniej „obojętnymi“. Z powyższych powodów Pawłow nazwał je „hamulcami gasnącymi“.

Jeżeli jakiś bodziec obojętny stosować stale z pokarmowym bodźcem warunkowym i do kombinacji tej nigdy nie dołączać podawania pokarmu, wówczas przestanie ona wywoływać wydzielanie śliny. Powiemy, że stosowany bodziec obojętny zaczął hamować odruch warunkowy. Taki hamulec został nazwany warunkowym. Dalsze badania wykazały, że hamulce warunkowe nie należą do grupy hamulców zewnętrznych (do których Pawłow je początkowo zaliczał), lecz do następnej grupy hamulców wewnętrznych.

(26) Zjawisko rozhamowania polega na tem, że jeżeli, jednocześnie z zahamowanym wewnątrznie (np. wygasłym) bodźcem warunkowym, zastosujemy jakiś niezbyt silny bodziec obojętny, wówczas wygasły bodziec warunkowy stanie się chwilowo czynny i da nam efekt ślinowy, choć poprzednio nie wywoływał już wydzielania śliny.

(<sup>27</sup>) Mowa tu przede wszystkim o Helmholtzu, który zbadał własności fizyczne oka i ucha, jako narządów recepcyjnych dla fal świetlnych i dźwiękowych.

(<sup>28</sup>) Wezwanie Pawłowa nie pozostało bez echa. Dzięki staraniom „Towarzystwa pomocy dla nauk przyrodniczych“ im. Ledencowa, które wyasygnowało odpowiednie fundusze, w r. 1912 zostało wybudowane w Petersburgu specjalne laboratorium, zwane powszechnie „wieżą milczenia“, przeznaczone dla badań nad odruchami warunkowymi. W laboratorium tem mieszczą się akustycznie izolowane kamery dla doświadczeń. Obecnie oddzielne kamery dla badań nad odruchami warunkowymi są już dość rozpowszechnione, znajdują się one szczególnie w Rosji i Ameryce, jednak „wieża milczenia“ jest w dalszym ciągu największym i najklasyczniejszym ośrodkiem badań tego rodzaju.

(<sup>29</sup>) Zjawisko sumacji odruchów polega w ogólności na tem, że jeżeli stosujemy jednocześnie lub szybko po sobie bodźce, wywołujące jeden i ten sam odruch, wówczas łączny efekt zespołu bodźców jest większy, niż poszczególnych jego elementów.

(<sup>30</sup>) Ustęp powyższy wymaga wyjaśnienia. Gdy dany bodziec warunkowy w określonych okolicznościach lub stosowany wraz z jakimś bodźcem obojętnym nie pociąga za sobą bodźca bezwarunkowego, wówczas zostaje on w tych okolicznościach lub przy tym bodźcu obojętnym zahamowany (hamowanie warunkowe, por. przypis (<sup>28</sup>)). Jeżeli bodziec bezwarunkowy następuje nie natychmiast po rozpoczęciu bodźca warunkowego, lecz po upływie 2—3 min., wówczas bodziec warunkowy na początku swego działania jest nieczynny, t. j. nie powoduje odpowiedniej reakcji (hamowanie opóźniające).

(<sup>31</sup>) Jeżeli natychmiast po hamulcu zastosujemy bodziec warunkowy, okaże się, że efekt jego jest wzmożony, gdyż proces hamowania w jednym punkcie kory mózgowej wywoła pobudzenie w sąsiednich punktach (indukcja dodatnia). Naodwrot, gdy zastosujemy jakiś silny bodziec, wywołujący określoną reakcję, wówczas występujące zaraz po nim bodźce warunkowe zostaną zahamowane, gdyż pobudzenie jednego punktu wywołuje hamowanie punktów sąsiednich (indukcja ujemna).

(<sup>32</sup>) Podział typów, przedstawiony na tem miejscu należy uważać za przestarzały; nowsze poglądy Pawłowa na tę sprawę znajdują się w ostatnim artykule.

(<sup>33</sup>) Przecięcie poprzeczne przelyku wzgl. żołądka, wskutek czego pokarm przez zwierzę pokarm wypada nazewnątrz.

(<sup>34</sup>) Na przewiązywaniu powrózka nasiennego polega słynna operacja odmładzająca Steinacha. Przeszczepianie jądra młodych osobników stanowi istotę operacji odmładzającej Woronowa.

(<sup>35</sup>) Asymilacja i dyssymilacja są to dwa przeciwne sobie procesy przemiany materji. Proces dyssymilacji polega na rozpadzie, wzgl. niszczeniu nagromadzonych w komórce substancyj, proces asymilacyjny — na ich gromadzeniu i odbudowie.

(<sup>36</sup>) Stereotypja — powtarzanie przez chorego w sposób stały i niezmienny jakiegoś ruchu lub słowa.

Negatywizm polega na tem, że chory wykonywuje nie to, co mu się poleca, wzgl. czego wymagają w danej chwili okoliczności życiowe, lecz coś wręcz przeciwnego.

Zmiany okresowe w nastroju i temperamencie chorego występują w t. zw. psychozie manjakkalno-depresyjnej.





## Z DZIEDZINY NAUKI I TECHNIKI

Biblioteka popularno-naukowa

- Tom 1. NIEBO. Astronomja dla laików. Napisał Sir James Jeans. Przetłumaczył *Dr Wł. Kapuściński*. Str. XII, 196. 47 talic i 2 mapy nieba. W opr. pł. zł 9,60.
- Tom 2. NOWE DROGI NAUKI. Kwanty i materja. Napisał Dr Leopold Infeld, doc. Uniw. J. K. Str. X, 283, 27 fig. w tekście i na tabl. oraz 3 portr. W opr. pł. zł 11,60.
- Tom 3. CZŁOWIEK USTOKROTNIONY. Dzieje cywilizacji na wesoło. Napisał Hendrik van Loon. Przetłumaczył *P. Hulka-Laskowski*. Str. VIII, 250. Ze 181 rys. autora. W opr. pł. zł 11,60.
- Tom 4. ZAGADNIENIA WSPÓŁCZESNEJ NAUKI. Indeterminizm. Zależność przyrodoznawstwa od środowiska. Trzy odczyty prof. M. Plancka i prof. E. Schrödingera, laureatów Nobla. Przetłumaczył *Edw. Poznański*, Str. VIII, 93. W opr. pł. zł 6,20.
- Tom 5. ŻYWE MASZYNERJE. Napisał Prof. A. V. Hill, laureat Nobla. Przetłumaczył *Dr J. Dembowski*. Str. XVI, 222 z 105 fig. w tekście oraz na 24 tabl. W opr. pł. zł 11,60.
- Tom 6. W POSZUKIWANIU ISTOTY ŻYCIA. Napisał Dr Jan Dembowski, prof. W. W. P., doc. U. W. Str. XII, 356 z 98 fig. i 8 tabl. W opr. pł. zł 14.
- Tom 7. STARE RZEMIOSŁA A NOWA WIEDZA. Napisał prof. W. H. Bragg, laureat Nobla. Przetłumaczyła inż. *M. Kubaszewska*. Str. XII, 218 z 59 fig. i 41 tabl.
- Tom 8. ŚWIAT DRGAŃ ŚWIETLNYCH. Napisał W. H. Bragg. Przetłumaczył *Dr Wł. Kapuściński*. Z 103 fig.
- Tom 9. ŚWIAT DŹWIĘKÓW. Napisał W. H. Bragg, Przetłumaczył i uzupełnił inż. *dr J. Roliński*. Z 110 fig.
- Tom 10. NA POGRANICZU MATERJI I PSYCHIKI. Mózg i jego czynności. Napisali *Dr Jerzy Konorski* i *Dr Stefan Miller*. Z licznymi figurami.
- Tom 11. ZIEMIA. Atmosfera - Oceany - Wnętrze Ziemi. Napisał *Dr Edward Stenz*. Z licznymi figurami.
- Tom 12. BIOLOGJA. Napisali prof. J. B. S. Haldane i prof. J. Huxley. Przetłumaczyła *Dr L. Lubińska*. Z 122 fig.
- Tom 13. MÓZG I JEGO MECHANIZM. Napisali prof. E. D. Adrian, Sir Charles Sherrington i prof. I. P. Pawłow, laureaci Nobla. Przetłumaczyli, wstępem oraz objaśnieniami zaopatrzyli *dr J. Konorski* i *dr S. Müller*. Z 3 portretami.
- Tom 14. ŚWIAT KRYSZTAŁÓW. Napisał *dr Z. Weyberg*, prof. Uniw. J. K. Str. 289 z 250 fig. i 6 tabl.
- Tom 15. KLASYCZNE OBLCZE NATURY. Napisał *dr L. Wertenstein*, prof. W. W. P.
- Tom 16. PODRÓŻ W PRZESTRZENI I W CZASIE. Napisał Sir James Jeans, F. R. S. Ze 106 fig. i 43 tabl.

BIBLIOTEKA „MATHESIS POLSKIEJ“

- Tom 1 i 2. DZIEJE ROZWOJU FIZYKI w zarysach. Napisali Dr M. Grotowski, M. Sadzewiczowa, Dr W. Werner i Dr S. Ziemecki. Wydanie nowe, całkowicie przerobione. Tom I. Str. VIII, 430. Z 78 fig. i 10 portretami. Zł 30, w opr. pł. zł 35. Tom II. Str. IV, 706. Z 214 fig., 10 tabl. i 14 portretami. Zł 48, w opr. pł. zł 53. Tania edycja: 2 tomy brosz (bez portretów) — zł 50.
- Tom 3. FIZYKA WSPÓŁCZESNA. Wykład przystępny nowych pojęć fizyki współczesnej. Napisał Prof. O. D. Chwolson. Z 3-go znacznie uzupełnionego wydania oryginału przełożył *St. Warhaftman*. Str. VIII, 390. Z 41 fig. W opr. pł. zł 25.
- Tom 4. WSZECHŚWIAT. Gwiazdy — Mgławice — Atomy, Napisał *Sir James Jeans*. Z 2-go uzupełnionego wydania oryginału przeł. *Dr Wł. Kapuściński*, Str. VIII, 306. Z 24 fig. i 24 talicami. W opr. pł. zł 21,60.
- Tom 5. NOWE OBLCZE NATURY. Światopogląd fizyki współczesnej. Napisał *Sir Arthur Eddington*. Przełożył *Dr A. Wundheiler*. Str. XX, 336. W opr. pł. zł 14,60.
- Tom 6. TŁO NOWEJ NAUKI. Napisał *Sir James Jeans*. Przełożył *Prof. Dr Sz. Szczeniowski*.

WIELCY LUDZIE — WIELKIE DZIEŁA

- Tom 1. EPOKOWE WYNAŁAZKI W AMERYCE I W EUROPIE. Historia ich powstania i ich twórców. Napisał *Waldemar Kaempffert*, inż. rzecznik patent. U.S.A. Przełożył i uzupełnił *Dr A. Kojrański*. Str. VIII, 552. 350 ilustr. Cz. I. (str. 1-306) zł 16, cz. 2 (str. 307-552) zł 14. Całość w opr. pł. zł 33,80.
- Tom 2. TOMASZ EDISON. Życie i dzieła. Napisał *W. H. Meadcroft*. Przełożył i uzupełnił *Dr E. Stenz*. Str. XII, 282 z 15 tabl. W opr. pł. zł 13,40.





BIBLIOTEKA PEDAGOGICZNA  
W CHEŁMIE

---

**CZYTELNIA**

---

PAW  
MÓZ

61



BIBLIOTEKA PEDAGOGICZNA  
W CHEŁMIE

**CZYTELNIA**

PAW  
MOZ

61

PAWŁÓW  
SERGIJEWICZ  
ADRIAN  
—  
MÓZG  
I JEJEGO  
MECHANIZM

Z DZIEDZINY NAUKI I TECHNIKI

TOM XII

DIATRYSIS  
POLSKA  
WARSZAWA