

P
A
N
11154

Prof. Dr. W. Dąbrowski

Kochańcem Kolejarz

Prof. Dr. Karłowicz

FIZYOLOGIA

Warszawskie

UKŁADU NERWOWEGO

z przyb
o przycie

ŚRODKOWEGO

11154 autor

NAPISAL

PROF. DR. ADOLF BECK.

KRAKÓW

DRUKARNIA UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO POD ZARZ. J. FILIPOWSKIEGO.

1913.

16

FIZYOLOGIA UKŁADU NERWOWEGO ŚRODKOWEGO

NAPISAŁ

PROF. DR. ADOLF BECK.

11154

Prof. Dr. K. Twardowski

KRAKÓW

DRUKARNIA UNIwersytetu Jagiellońskiego pod zarz. J. Filipowskiego.
1913.

11154



Osobne odbicie z podręcznika p. t. „Fizjologia człowieka“ 1913—1914.

PAN 11154



H- 121253

K
19.12.88
A.888

OGÓLNA FIZYOLOGIA UKŁADU NERWOWEGO ŚRODKOWEGO.

Napisał

Adolf Beck.

Pojęcie układu nerwowego środkowego wypływa z poznanych dotąd własności nerwów obwodowych. Zasadniczą bowiem funkcją nerwów obwodowych jest tylko przewodzenie stanów czynnych, które do nich się dostały z ich zakończeń naturalnych. Jeżeli to są nerwy dośrodkowe, to przewodzą one podniety z zakończeń czuciowych (np. narządów zmysłowych) i pośredniczą w powstawaniu wrażeń; nerwy odśrodkowe zaś mogą być pobudzone tylko przez jakieś narządy centralne, aby otrzymaną podniętę przenieść na narządy obwodowe (mięśnie, gruczoły) i w nich wywołać stan czynny. W ten sposób stan czynny nerwów obwodowych albo bywa następstwem czynności jakiegoś narządu centralnego, albo też sam w narządzie tym powoduje czynności. Miejscem, w którym powstają wrażenia i z którego powstają podniety do narządów obwodowych jest właśnie układ nerwowy środkowy, którego ukształtowanie zależy od stopnia rozwoju gatunku i przedstawia całą skalę od zwierząt najniższych, wyposażonych zaledwie zaczątkiem układu nerwowego, aż do człowieka.

Układ nerwowy środkowy składa się z mózgu i rdzenia pacierzowego oraz zwojów współczulnych. Części te odróżniają się od nerwów obwodowych przede wszystkim tem, że zawierają prócz białej substancji, składającej się wyłącznie z włókien nerwowych, także i substancję szarą, w skład której wchodzi prócz

włókien i komórki nerwowe. Dlatego też oddawna, t. j. od bliższego poznania mikroskopowej budowy układu nerwowego, uważamy powszechnie komórki nerwowe za te składniki układu nerwowego, za te pierwiastki, w których rozgrywają się t. zw. procesy ośrodkowe, to znaczy, w których następuje owa modyfikacja stanu czynnego włókien nerwowych dośrodkowych, której rezultatem jest wrażenie, a następnie ruch lub przejaw psychiczny. Zapatrywanie to tak ogromnie rozpowszechnione i prawie za pewnik przyjęte opiera się przedewszystkiem na poznaniu, że nerwy obwodowe są to twory zupełnie niesamodzielne, sznury włókien, których jedynym zadaniem jest przewodzenie bez zmiany stanu czynnego w nie wprowadzonego. A tę samą funkcję spełnia także i substancja biała układu nerwowego środkowego. Natomiast wszystkie te części układu nerwowego, w których powstają owe czynności ośrodkowe, obfitują w komórki nerwowe, a tem są one liczniejsze, im bardziej zawilą jest czynność, którą ta część układu nerwowego wywołuje. Takie miejsca nagromadzenia komórek nerwowych, do którego nerwy dośrodkowe doprowadzają udzielone im z zewnątrz podniety, lub z którego wychodzą podniety dla nerwów odśrodkowych, lub wreszcie, w których odbywa się czynność jednego i drugiego rodzaju, nazywamy ośrodkiem nerwowym.

Pamiętać jednak musimy, że to zapatrywanie, iż ośrodkami nerwowymi są tylko komórki nerwowe, opiera się jedynie tylko na tej koincydencji, że w miejscach, gdzie są ośrodki, znajdujemy i komórki nerwowe, bezpośredniego zaś dowodu na doświadczeniu opartego, że właśnie komórki nerwowe lub, że tylko one spełniają to zadanie, dotąd nikt nie dostarczył. Owszem — jak zobaczymy później — istnieją nawet spostrzeżenia, które na pierwszy rzut oka osłabiają to tak ugruntowane zapatrywanie o znaczeniu komórek nerwowych, jako pierwiastków ośrodkowych.

Budowa anatomiczna układu nerwowego środkowego.

Układ nerwowy środkowy czyli mózg i rdzeń składa się — jak już wspomnieliśmy — z dwóch substancji, które łatwo już gołym okiem można od siebie odróżnić, to znaczy: z substancji białej i substancji szarej.

W skład substancji białej wchodzi włókna nerwowe rdzenne, różniące się tem od rdzennych włókien nerwów obwodowych, że nie posiadają osłonki Schwanna (neurilemma).

Substancja szara, co do czynności właściwa część centralna układu nerwowego odznacza się tem, że zawiera ciała komórek nerwowych.

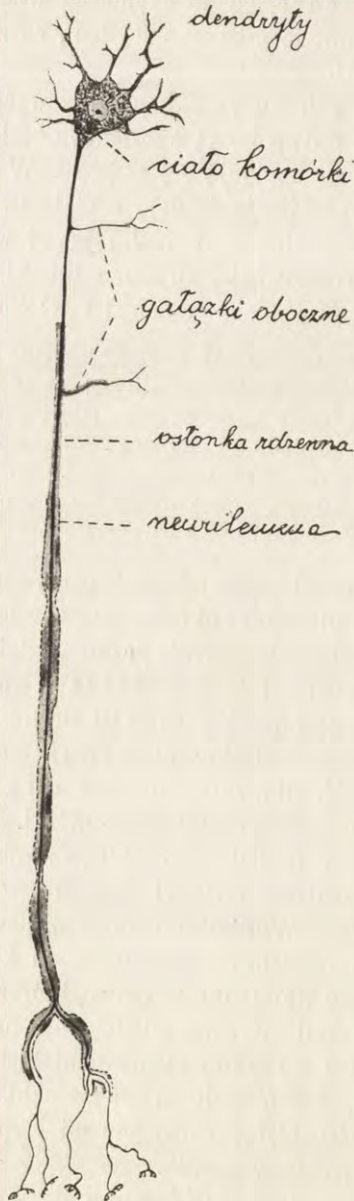
W mózgu szara substancja zajmuje przeważnie jego powierzchnię, tworząc korę mózgową; substancja biała i niektóre kompleksy szarej substancji znajdują się w głębi. W rdzeniu pacierzowym szara substancja zajmuje środek, a biała tworzy warstwę zewnętrzną. Zarówno w substancji białej jak i w szarej elementy nerwowe utrzymuje rusztowanie, złożone z tkanki glejowej (neuroglia), w skład której wchodzi komórki i włókna.

Glej spełnia tu zadanie tkanki łącznej, jednakże nie jest jednakiego z tkanką łączną pochodzenia. Podobnie jak cały układ nerwowy bierze ona początek z zewnętrznej warstwy zarodkowej (epiblast), podczas gdy tkanka łączna pochodzi z blaszki środkowej (mezoblast). W składzie chemicznym jest tkanka gleju również odmienną od tkanki łącznej. Zawiera bowiem złożone nierozpuszczalne ciało białkowe, zwane neurokeratyną, podobne do keratyny wchodzącej w skład powierzchownych warstw przyskórka.

Według powszechnie przyjętego zapatrywania podstawowym pierwiastkiem anatomicznym układu nerwowego, pierwiastkiem, który nosi w sobie własności fizjologiczne właściwe układowi nerwowemu, jest neuron złożony z ciała komórki i przynajmniej z dwóch, najczęściej zaś z wielkiej liczby wypustek. Wypustki te są dwojakiego rodzaju: a) wypustka osiowa, prowadząca w kierunku odśrodkowym, b) wypustki protoplazmatyczne, przewodzące w kierunku do komórki.

Wypustka osiowa posiada w przebiegu swoim na długiej przestrzeni jednakową grubość i wysyła czasem w swoim przebiegu liczne gałązki oboczne. Wypustka osiowa w pewnej odległości od komórki otacza się substancją rdzenną a na końcu rozdziela się drzewkowato na liczne włókienka końcowe, któremi wchodzi w związek bądź z komórkami nerwowymi lub ich protoplazmatycznymi wypustkami, bądź też z innymi elementami histologicznymi (n. p. w włóknach mięśni, komórkach gruczołowych), którym dostarcza podniety do czynności. Gałązki oboczne tej wypustki osiowej kończą się również w podobny sposób.

Wypustki przewodzące w kierunku do komórki, czyli dendryty, występują zazwyczaj w większej liczbie. Wypustka taka często gruba w miejscu, gdzie wychodzi z komórki, dzieli się wnet, oddając gałązki, i staje się coraz cieńszą. Zapomocą tych wypustek



Ryc. 94.

Neuron.

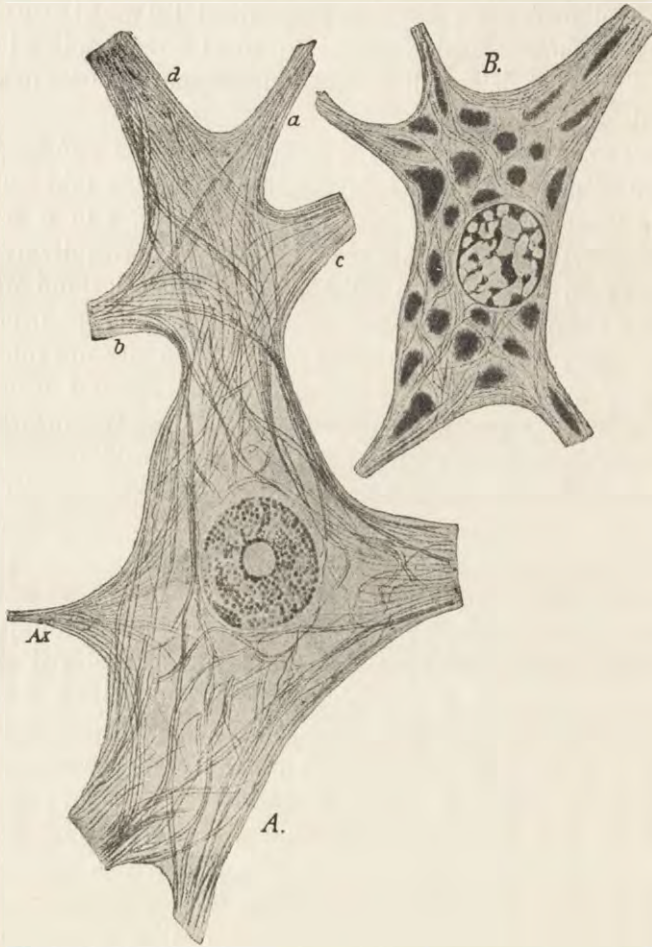
protoplazmatycznych neuron wchodzi w kontakt z zakończeniami wypustki osiowej innych neuronów, lub ich gałązek obocznych. Komórka nerwowa rozwinięta posiada zatem dwie wypustki: dokomórkową i odkomórkową, jest więc przynajmniej dwubiegunową. W ośrodkach mózgodzeniowych są komórki przeważnie wielobiegunowe, t. j. posiadają jedną lub dwie wypustki odkomórkowe a liczne dokomórkowe.

U zwierząt bezkręgowych znajdujemy też i komórki jednobiegunowe. Z punktu widzenia fizyologicznego można także uważać wszystkie komórki nerwowe jako jednobiegunowe, a to w ten sposób, że dendryty uważamy za część składową protoplazmy ciała komórki, której powierzchnię zetknięcia z rozgałęzieniami włókien nerwowych innych neuronów powiększają. W niektórych neuronach dendryty odgrywają rolę prawdziwych włókien nerwowych dokomórkowych, a to wtedy, gdy zetknięcie z gałązkami obocznymi neuronu odbywa się w znacznej odległości od ciała komórki tak, że wypustka protoplazmatyczna jest długą. Wypustki osiowe są za zwyczaj długie, u dużych zwierząt mogą dochodzić do kilku metrów (np. włókna piramidowe, wychodzące z komórek kory mózgowej, a kończące się w rdzeniu pacierzowym).

Według teorii neuronów cały układ nerwowy złożony jest z neuronów, które wchodzi z sobą w związek („artykuluja“ według Cajala). Między neuronami artykułującymi zachodzi ciągłość czynnościowa, niema zaś ciągłości anatomicznej. Stan czynny przenosi się z jednego neuronu na drugi nie bezpośrednio, lecz przez kontakt zapomocą drzewkowatych zakończeń wypustek w sposób bliżej nieznanym. Ciało komórki tworzy stację centralną czynności nerwowej, która się odbywa w zakresie neuronu. Do ciała komórki właśnie dochodzą podniety drogą wypustek protoplazmatycznych, a ono przenosi je na wypustkę osiową.

Dokładniejszy opis budowy komórki i jej wypustek przekracza ramy tego podręcznika, wspomnieć tylko należy, że w protoplazmie komórki wykryto budowę włókienkową (Apathy, Bethe), która przechodzi we wypustki osiowe (ryc. 95 A). Obok tej substancji włókienkowej, której przypisują właściwą czynność nerwową, zawiera protoplazma ziarna nieregularne, barwiące się chciwie błękitem metylenu (Nissl), ryc. 95 B; te ziarnka chromatyny uważają niektórzy za zapas substancji odżywczej dla całego neuronu.

Na podstawie powyższych badań Apathego i Bethego wypowiedzieli ci autorowie zapatrywanie o budowie komórek nerwo-



Ryc. 95.

Komórki nerwowe, w których uwidocznione są włókienka nerwowe. *A* — komórka przednich rogów rdzenia ludzkiego; *B* — komórka jądra nerwu twarozowego królika, w której uwidocznione są grudki Nissla (podług Bethego).

wych i ich wypustek, które stoi w sprzeczności z zapatrywaniami dotąd opisanymi, czyli t. zw. teorią neuronów. Zdaniem tych badaczy pomiędzy wypustkami jednego neuronu a neuronami sąsied-

dnimi zachodzi ciągłość anatomiczna (*continuitas*). Nie tylko ciało komórki, ale i jej wypustka osiowa posiada strukturę włókienkową, czyli fibrilarną. Włókienka, wchodzące w skład włókna, nerwowego, t. zw. neurofibrille, stanowią pierwiastek podstawowy nie tylko pod względem anatomicznym, ale i pod względem czynnościowym. Przechodzą one poprzez ciało komórki do innych jej wypustek, a przez nie znowu do innego włókna nerwowego (odśrodkowego). Przebieg zatem włókienka nerwowego według tego zapatrywania jest taki: Włókienko biegnące dośrodkowo z obwodu, przechodzi przez komórkę nerwową, dalej poprzez jej wypustki do drugiej komórki, ale nie przez kontakt, lecz przez ciągłość substancji, ewentualnie zaś w ten sposób przechodzi kolejno przez kilka neuronów i wychodzi w końcu z układu nerwowego środkowego jako włókienko odśrodkowe. Komórka nerwowa jest tylko miejscem przejścia włókienek, które pochodzą z obwodu i do obwodu wracają. Włókno nerwowe nie pochodzi zatem z jednej tylko komórki, lecz z większej ich liczby. Nie ma artykulacji (*contiguitas*) między neuronami, lecz istnieje ciągłość substancji (*continuitas*) za pośrednictwem włókienek. Słowem pojęcie samo neuronu jest w ten sposób zachwiane.

W ciele komórki nerwowej odkryto liczne anastomozy między samymi włókienkami, tworzącymi gęstą sieć. A według Bethego, ogromne znaczenie dla czynności ośrodkowej układu nerwowego posiada także sieć włókienek otaczających komórkę (*neuropil*), do której udają się włókienka dośrodkowe i z której wychodzą włókna. Bethe wykonał doświadczenia na rączku (*carcinus maenas*), które wywołały żywą dyskusję w neurofizjologii, a które miały wykazać, że czynność ośrodkowa może się odbyć, czyli stan czynny może przejść z włókna dośrodkowego na odśrodkowe, bez przejścia przez ciało komórki, a właściwie bez współdziałania jądra komórki. Bethe wypowiedział na podstawie tych doświadczeń mniemanie, że tylko włókienka nerwowe (*neurofibrille*) służą do przewodzenia i modyfikacji stanów czynnych, reszta zaś substancji komórki służy tylko do odżywiania tych włókienek i nie posiada wcale właściwej funkcji nerwowej.

Czynności układu nerwowego środkowego, zarówno niższe, proste, jak i najwyższe, najbardziej skomplikowane, mają pewne wspólne cechy, których omówienie ma być przedmiotem ogólnej fizjologii układu nerwowego środkowego. Cechy te,

własności ośrodków nerwowych najlepiej poznać możemy przez rozpatrywanie przedewszystkiem prostszych czynności ośrodkowych, t. zw. odruchów.

Odruchy.

Jedną z najprostszych czynności układu nerwowego środkowego jest odruch. Odruchem nazywamy reakcyę wywołaną działaniem podniety na powierzchnię czuciową i to reakcyę występującą regularnie i nieodzownie bezpośrednio po zadziałaniu podniety. Odruch objawia się bądź jako ruch (skurcze mięśni prążkowanych, lub gładkich), bądź jako zmiana rytmu pewnych istniejących już ruchów (np. zmiany częstości ruchów serca, oddychania), bądź wreszcie jako czynność gruczołów.

Jako reakcyę najprostszą na podniety zewnętrzne jest odruch właściwie podstawą wszystkich czynności układu nerwowego środkowego tak dalece, że z pewnego punktu widzenia możnaby całe ujawnianie się czynności systemu nerwowego — a zatem i czynności świadome — sprowadzić do wielkiej liczby skomplikowanych odruchów. Takie dążenie też istnieje u wielu fizyologów, a nie można mu zaprzeczyć słuszności, albowiem zgadza się ono z zasadą o znaczeniu stałej prawidłowości w przyrodzie dla zjawisk biologicznych. Z praktycznych jednak względów zmuszeni jesteśmy oddzielić odruchy od innych czynności układu nerwowego środkowego, a przedewszystkiem od czynności świadomych. Pojęcie też odruchu powstało właśnie i danem jest dla odróżnienia go od zjawisk psychicznych i przejawów dowolnych.

Do studyowania ogólnych cech odruchów nadają się najlepiej takie zwierzęta, u których wszystkie czynności układu nerwowego rozgrywają się jako odruchy, albo też takie, które drogą doświadczalną do tego doprowadzamy. Powstawanie stanów świadomych jest zależne, jak zobaczymy później, od obecności półkul mózgowych. Objawy, któreby nam pozwalały przyjąć istnienie tych stanów, występują tylko u tych zwierząt, które posiadają już wykształcone półkule mózgu, i to tem pewniej i tem wybitniej, im bardziej w stosunku do całego układu nerwowego są półkule mózgu rozwinięte. Z tego powodu dokładne badanie odruchów odbywa się bądź u zwierząt, u których układ nerwowy znajduje się jeszcze na niższym stopniu rozwoju, t. j. które nie posiadają mózgu, bądź też

u zwierząt, którym wycina się mózg, lub u których przerywamy związek między mózgiem a rdzeniem. Rdzeń jest częścią układu nerwowego środkowego, który pośredniczy już tylko w powstawa-



Ryc. 96.

Odruch łapki.

niu odruchów. Jeżeli zatem u żaby wytniemy mózg lub przerwiemy przez przecięcie rdzenia związek między dolnym jego odcinkiem, a mózgiem, otrzymamy preparat, na którym możemy doskonale obserwować wszelkie właściwości odruchów. Często też posługujemy się do badania odruchów żabami z wyciętym mózgiem, układ

nerwowy bowiem zwierząt zimnokrwistych, podobnie jak i inne tkanki tych zwierząt, będąc siedzibą słabszych o wiele procesów chemicznych niż tkanki zwierząt ciepłokrwistych, zachowują swą żywotność a więc i pobudliwość o wiele dłużej, tak, że czas jakiś — nieraz dość długi — mogą być przedmiotem badania. Ale i u zwierząt ciepłokrwistych oddzielenie pewnej części rdzenia, jako aparatu odruchowego, od reszty układu nerwowego, nie przedstawia trudności. Wystarczy przeciąć rdzeń pacierzowy psa lub kota np. na wysokości średnich kręgów piersiowych, aby przerwać związek między dolną częścią ciała, której nerwy odchodzą od rdzenia poniżej miejsca przecięcia a mózgiem, i w ten sposób usunąć tę dolną część ciała od wpływu mózgu.

Jeżeli zabę, pozbawioną mózgu, zawiesimy pionowo i drażnimy łapkę, uciskając lekko palce, to łapka ta wykonywa ruch skojarzony, a mianowicie zgina się w stawie biodrowym, kolanowym i skokowym (patrz ryc. 96). Ruch ten z regularnością powtarzać się będzie za każdym takim podrażnieniem, które nie zawiedzie dopóty, póki preparat zachowa swą pobudliwość. A jeżeli nie zmienimy siły podniety ani miejsca jej zadziałania, nie zmieni się także jakość ruchu i nie obejmie on też innych mięśni. Jestto właśnie charakterystyczne dla odruchu, że występuje z taką regularnością w tym samym aparacie końcowym, że zależy tylko od miejsca zadziałania podniety, a co najwyżej także od siły tej podniety.

Na tym samym preparacie przekonać się możemy, że skoro tylko zniszczymy rdzeń pacierzowy, np. przez wdrażenie drutu do kanału kręgowego, to od tej chwili już najsilniejsze podniety stosowane na skórę łapki, odruchu nie są w stanie wywołać. Doświadczenie to poucza nas przedewszystkiem, o czem już w XVII stuleciu wiedział Stefan Hales, że do powstania odruchu niezbędnie potrzebny jest współdziałanie układu nerwowego środkowego, i że nie może on przyjść do skutku przez przenoszenie się stanu czynnego, jak to sądzono przedtem, z nerwów czuciowych na ruchowe zapomocą anastomoz.

Łuk odruchowy. Oczywiście jest rzeczą, że do tego, aby odruch mógł przyjść do skutku, nie wystarcza całość samej tylko odpowiedniej części układu środkowego, czyli t. zw. ośrodka odruchowego, muszą bowiem i drogi, doprowadzające stan czynny do ośrodka, jako też i drogi odśrodkowe, prowadzące impuls do

mięśnia, być całe nienaruszone. Całą drogę, po której przechodzi stan czynny, objawiający się jako odruch, nazywamy łukiem odruchowym. Łatwo wywnioskować, że zależnie od elementów tkankowych, po których przebiega czynność odruchowa, podzielić możemy łuk odruchowy na 5 części:

1) Narząd odbiorczy czyli *receptor*, na który działa podnieta i w którym ruch fizyczny tej podniety zamienia się na swoją zmianę nerwową. Takim narządem odbiorczym są zatem zakończenia nerwów czuciowych i obwodowe narządy zmysłowe.

2) Nerw dośrodkowy, po którym przebiega stan czynny, wywołany podnieta i dostaje się do

3) ośrodku odruchowego. Tu następuje owa modyfikacja stanu czynnego, dzięki której prznosi się on zapomocą czwartego (4) składnika łuku odruchowego, t. j. nerwu ośrodkowego, na piąty (5), t. j. na narząd wykonawczy (*effektor*), w którym występuje właściwa reakcja. Tym efektem bywa najczęściej mięsień lub gruczoł.

Ad 1) Co się tyczy narządu odbiorczego, to rzeczą jest stwierdzoną, że z przeróżnych miejsc powierzchni czuciowej można wywołać odruch. Jednakże są pewne ograniczone miejsca powierzchni czuciowej, których drażnienie powoduje powstanie pewnego znowu ściśle oznaczonego odruchu. I tak klucie skóry podszewy powoduje cofanie kończyny, dotknięcie spojówki lub rogówki oka odruchowe zamknięcie oka, drażnienie błony śluzowej nosa kichanie, błony śluzowej krtani kaszel, i t. d. Zakończenia nerwowe danych okolic ciała są niejako dostosowane do spowodowania, aby ustrój pod wpływem podniety działającej na nie wykonywał celowy ruch, którego zadaniem jest bądź usunięcie się z pod wpływu podniety, bądź też zużytkowanie podniety dla dodatnich celów organizmu (np. odruch połknięcia lub wydzielania śliny wskutek podrażnienia błony śluzowej jamy ust pokarmami).

Wystąpienie danego odruchu zależy jednak nie tylko od miejsca, na które działa podnieta, ale także od jej jakości i natężenia. W innych działach fizjologii znajdziemy wiele przykładów takiego zachowania się, z których przekonać się można, że gdy np. słaba podnieta zastosowana na powierzchnię czuciową powoduje ściśle oznaczony odruch, silna podnieta go nie powoduje lub wywołuje inny odruch; albo odruch, który da się z łatwością wywołać przez

drażnienie chemiczne, nie przyjdzie do skutku, gdy tę samą powierzchnię uczuciową drażnić będziemy np. prądem elektrycznym.

I tak u psa z przeciętym rdzeniem wywołuje silny ucisk lub szczypanie skóry wyprostowanie kończyn, powierzchowne zaś ukłucie powoduje zgięcie kończyn. Słabe łaskotanie przewodu usznego powoduje kaszel, gdy ucisk silniejszy nie daje tego odruchu. Drażnienie siatkówki wtedy tylko daje zwięźlenie źrenicy, gdy podnieta działająca na siatkówkę jest światło. Odruchowego wydzielania soku żołądkowego, które łatwo otrzymać można, gdy błonę śluzową jamy ust drażni się chemicznie pokarmem, nie wywoła się ani przez mechaniczne, ani też przez elektryczne drażnienie tej błony śluzowej lub jej nerwów uczuciowych. Widzimy tu celowe dostosowanie się odruchu do podniety.

Zgodnie z tem, wiadomo oddawna, że łatwiej wywołać odruch przez drażnienie zakończeń nerwowych niż przez drażnienie pnia odpowiedniego nerwu dośrodkowego. Wskazuje to, że zakończenia nerwowe są lepiej dostosowane do przekształcenia ruchu fizycznego, pochodzącego od podniety, w ruch nerwowy, niż same włókna nerwowe. Na uwagę jeszcze zasługuje spostrzeżenie, że w przebiegu samego pnia nerwu dośrodkowego jedna i ta sama podnieta zastosowana na część nerwu bliżej rdzenia położoną, wywołuje odruch silniejszy, niż gdy działa bardziej obwodowo. Spostrzeżenie to przemawia przeciw teorii Pflügera o narastaniu stanu czynnego w nerwie w postaci lawiny. Jeżeli stosujemy jako podnieta prąd elektryczny, to zauważamy, że łatwiej otrzymać odruch przez kilkakrotne działanie słabego prądu, niż przez jedno uderzenie choćby bardzo silnego prądu.

Ad 2) i 4). Przebieg stanu czynnego w drugiej i czwartej części łuku odruchowego, t. j. w nerwie dośrodkowym i odśrodkowym, nie przedstawia żadnych cech, któreby nas zajmować mogły ze względu na odruchy. Stan czynny przenosi się tu według praw poznanych w ogólnej fizjologii nerwów obwodowych.

Ad 3). Najważniejszym natomiast, i jak się zdaje istotnie odmiennym jest proces, który się rozgrywa w środkowej (trzeciej) części łuku odruchowego, t. j. w ośrodkach nerwowych. Tu następuje właśnie modyfikacja podniety, a raczej stanu czynnego dośrodkowego w impuls odśrodkowy. Istoty tego procesu nie zdołano dotąd poznać. Nie wiemy nawet z wszelką pewnością, jakiego rodzaju jest udział, który w czynności tej biorą komórki nerwowe, jakkolwiek nie ulega wątpliwości, że udział ten jest bardzo ważny, że gdzie tylko jest ośrodek odruchowy, tam anatomycznie znajdować się muszą komórki nerwowe. Skonstatować tylko można było, że stan czynny ulega w ośrodkach odruchowych znacznemu opóźnieniu. Helmholtz dowiódł, że czas, który upływa od chwili zadrażnienia zakończenia

nerwowego, aż do chwili powstania odruchu, jest 13 razy dłuższy od czasu, który byłby potrzebny do przejścia tej samej podniety od zakończeń nerwowych do mięśnia, gdyby stan czynny przebiegał tylko po włóknie nerwowem obwodowem. Czas ten nazwano czasem odruchu; wynosi on dla odruchu najprostszego żaby około 0·008—0·015'', czas odruchu zaś, który przenosi się na drugą stronę, jest dwa razy dłuższy. Opóźnienie to stanu czynnego w ośrodkach odruchowych wskazuje, że przekształcenie ruchu dośrodkowego w odśrodkowy polega na procesie zupełnie odmiennym od przewodzenia stanu czynnego we włóknie nerwowem, a daje to nam przecież pewne podstawy do przyjęcia, że to przekształcenie odbywa się właśnie w komórkach nerwowych. Czas odruchu zależy oczywiście od drogi, którą stan czynny ma do przejścia w układzie nerwowym środkowym. Nadto zależy czas odruchu od niektórych czynników zewnętrznych, jak od siły podniety, ciepłoty i t. d. Wogóle czynniki, zwiększające pobudliwość odruchową (np. strychnina), skracają ten czas.

Ad 5). Ostatnią częścią łuku odruchowego jest organ wykonawczy, którym ustrój odpowiada na podniecie. Może nim być mięsień prążkowany, sercowy, lub gładki, albo też gruczoł. Najłatwiejsze do badania ruchy mięśni prążkowanych powstają zazwyczaj nie w jednym mięśniu, lecz w całej grupie i tworzą ruch skoordynowany, a więc np. zgięcie kończyny, wyprostowanie, odwiedzenie lub znowu zgięcie z przywiedzeniem i t. d. Badaniem zaś za pomocą galwanometru prądów czynnościowych, które powstają w kurczących się mięśniach, przekonano się, że podobnie, jak ruchy dowolne, tak i odruchowe są wynikiem skurczów tężcowych o liczbie 30 oscylacji na sekundę u żab, a około 50 u człowieka.

Ruch odruchowy odznacza się tem, że postać jego pozostaje zawsze stałą i niezmienną. Taka sama podnieta zadziaławszy na te same zakończenia czuciowe, wywoła zawsze taki sam, a nigdy inny ruch odruchowy. I tak np. mruganie powieką pod wpływem dotknięcia spojówki oka, kaszel, kichanie i cały inny niezliczony szereg odruchów występuje zawsze w tej samej postaci. I tem właśnie różni się odruch od świadomego, dowolnego ruchu, który pod wpływem jednaki podniety może obejmować różne mięśnie i przybierać rozmaity formę.

Jakość ruchu odruchowego, ilość mięśni, które w nim biorą udział, porządek, w jakim one się kurczą, zależą nie tylko od ja-

kości podniety, jej siły i miejsca zadziałania, ale oczywiście od właściwości zwierzęcia, sposobu życia jego i t. d. Wynika to z tego, że czynności odruchowe są to urządzenia, które służą zachowaniu osobnika lub gatunku i — bez myśli teleologicznych — noszą cechę reakcyi celowych, pożytecznych dla ustroju. Na tem polega ich znaczenie biologiczne. Celowość leży w tem, że jedne odruchy służą do zbliżenia się do takich podniet, które organizmowi są korzystne (szukanie pożywienia, osobnika płci drugiej, szukanie miejsca odpowiedniego do złożenia jaj i t. d.), inne zaś służą do obrony od czynników szkodliwych. Tu należy cały szereg urządzeń, które posiadają zwierzęta jako obronę przed wrogiem, tu też należą t. zw. odruchy ochronne, jak kaszel, kichanie, mruganie powiekami, zwięźlenie źrenic. Cały szereg odruchów wegetatywnych, w których biorą udział bądź mięśnie gładkie, bądź też gruczoły (odruchy wydzielnicze) ma znaczenie bądź odruchów ochronnych, bądź też w inny sposób ustrojowi korzystnych.

W rozdziale o mięśniach i nerwach dowiedzieliśmy się, że między wielkością, (siłą) podniety, a energią zawartą w ruchu przez tę podniety wywołaną, zachodzi znaczny niestosunek. Niestosunek ten jest o wiele większy jeszcze w czynnościach układu nerwowego środkowego i widoczny jest wyraźnie w zjawiskach odruchowych.

Gdybyśmy obliczyli tę ogromnie małą pracę mechaniczną palców, którymi dotykamy się łapki żaby, lub energię zawartą w działaniu słabego roztworu (0.5%) kwasu siarkowego stykającego się na niewielkiej powierzchni ze skórą tej łapki i porównali z pracą, którą wykonywa zwierzę kureząc mięśnie jednej a nawet czasem wszystkich czterech kończyn, okaże się, że praca zawarta w ruchu odruchowym jest ogromną w porównaniu z energią podniety. Siłę podniety elektrycznej, potrzebnej u żaby do wywołania odruchu, obliczono na 0.0003 ergi, podniety mechanicznej na 212 erg. U zwierząt ciepłokrwistych niestosunek ten jest o wiele większy, wystarczają tam podniety o wiele słabsze, a ruch jest znacznie silniejszy.

Widzimy z tego, że w ośrodkach nerwowych znajdują się urządzenia, które pozwalają na nagromadzenie znacznej ilości energii, mogącej być pod wpływem słabej nawet podniety jakby eksplozywnie wyładowaną.

O pobudliwości odruchowej. Stosunkiem wielkości ruchu odruchowego do wielkości podniety określamy pobudliwość odruchową; oczywistą bowiem jest rzeczą, że im większą będzie pobudliwość ośrodków odruchowych, tem będzie silniejszy odruch pod

wpływem tej samej podniety, albo tem słabszej będzie potrzeba podniety do wywołania odruchu o tej samej sile. Mówiąc o pobudliwości odruchowej, mamy wprawdzie na myśli pobudliwość tylko samych ośrodków odruchowych, jednak rozumie się samo przez się, że wszelkie zmiany pobudliwości, powstałe w innych częściach łuku odruchowego odbić się muszą także i na wielkości odruchu.

Do mierzenia pobudliwości odruchowej posługujemy się bądź metodą określenia progu pobudliwości t. j. oznaczenia minimalnej podniety, która odruch jest jeszcze w stanie wywołać, albo też staramy się zastosować podniety o jednakowem natężeniu a wnosimy o pobudliwości z wielkości odruchu.

W badaniu jednak odruchów u człowieka ta druga metoda o wiele częściej jest stosowaną, albowiem wiele jest takich odruchów, które, jak to wyżej mówiliśmy, występują wogóle tylko pod wpływem słabych podniet, a zwiększenie podniety nietylko nie wzmacnia odruchu, lecz owszem osłabia go lub znosi. Inne odruchy okazują często zjawisko znane we fizyologii pod nazwą: „wszystko albo nic“, t. j., jeżeli podniety doprowadzimy do siły, która wogóle da odruch, to już odruch ten będzie maksymalny, powiększenie siły podniety już odruchu nie zwiększy.

U żab badamy odruchy najczęściej metodą Türcka, t. j. w ten sposób, że zanurzamy końce łapek do słabego roztworu (0·5%) kwasu siarkowego i mierzymy czas, który upływa od chwili zanurzenia łapki aż do chwili, kiedy zwierzę wyciąga ją z cieczy. Czas ten wynosi zazwyczaj kilka do kilkunastu sekund¹⁾. Jeżeli następnie łapkę opłukamy wodą i powtórnie zanurzymy ją do takiego samego roztworu kwasu siarkowego, to żaba wyciągnie łapkę po upływie mniej więcej takiego samego czasu, który tem jest krótszy, im większą jest pobudliwość odruchowa.

Wpływ różnych czynników na pobudliwość odruchową. Warunkiem niezbędnym utrzymania prawidłowej pobu-

¹⁾ Czas, który tu mierzymy, badając metodą Türcka, nie jest identyczny z omawianym wyżej czasem odruchu. Mamy tu tylko przed sobą to zjawisko, że rozcieńczony kwas siarkowy, działając np. przez jedną sekundę na zakończenie czuciowe skóry, jest za słabą podniety do wywołania odruchu, do tej jednak podniety przyłącza się druga, t. j. działanie tego kwasu przez dalszą sekundę, potem trzecia i t. d. Mamy tu więc przed sobą zjawisko t. zw. sumowania podniet tak powszechne w fizyologii układu nerwowego środkowego (patrz str. 283).

długości ośrodków odruchowych jest normalne ich odżywienie krwią tętniczą. Wstrzymanie dowozu krwi do ośrodków nerwowych powoduje, po chwilowem podwyższeniu, upośledzenie, a nawet zupełną utratę pobudliwości. Na tem polega np. znane doświadczenie Sten-sona, opisane w fizyologii mięśni. Porażenie tylnych kończyn po chwilowem zaciśnięciu aorty u królika jest w pierwszym rzędzie następstwem utraty pobudliwości ośrodków nerwowych rdzenia pacierzowego, a dopiero po dłuższem trwaniu powoduje to zaciśnięcie także utratę pobudliwości mięśni. Takie czasowe podwiązanie aorty pociąga też za sobą wyraźne zmiany w komórkach nerwowych rdzenia pacierzowego. W związku z tem jest spostrzeżenie, że pobudliwość odruchowa żab jesiennych jest większa niż wiosennych, gdyż gorsze odżywienie w ciągu zimy i skierowanie odżywienia na narządy płciowe na wiosnę powoduje mniejszy dowóz materiału odżywczego do ośrodków nerwowych.

U żab pociąga za sobą obniżenie ciepłoty podwyższenie pobudliwości odruchowej. Gdy jednak temperatura dojdzie do 0°, podwyższenie to ustępuje miejsca obniżeniu, a nawet zupełnej utracie pobudliwości, nadto obniżenie ciepłoty sprawia przedłużenie czasu odruchu, który może być 5—6 razy większy od prawidłowego. Podobnie i podniesienie ciepłoty powyżej 25° C wzmacnia pobudliwość odruchową, która wzrasta wraz z podniesieniem się ciepłoty do 30—35° C. Przy tej ciepłocie (35°) jednak następuje porażenie, które jest następstwem zbyt szybkiego wyczerpania się materiału zdolnego do dyssymilacji.

Do czynników, wpływających na zachowanie się odruchów, należą także niektóre środki farmakologiczne: jedne z nich, jak strychnina, antyaryna, morfina, podnoszą pobudliwość odruchową, inne, jak np. chloral, chloroform i t. d. pobudliwość tę obniżają lub zupełnie znoszą. Od podobnych toksycznych wpływów zależą niewątpliwie także zmiany pobudliwości odruchowej, występujące w przebiegu niektórych chorób (np. w tężcu), a polegające bezwzględnie na działaniu toksyn, wytworzonych pod wpływem danego czynnika chorobotwórczego.

Rozprzestrzenianie się odruchów. Odruchy nie zawsze pozostają miejscowymi, t. zn. nie zawsze ograniczają się do tej części ciała, na którą działa podnieta. Szczególnie, gdy podnieta jest silna, obejmują ruchy odruchowe i inne części ciała, a rozszerzają się

one w porządku, który Pflüger ujął w pewne prawa. A jakkolwiek w dalszym ciągu okazało się, że prawa te mają liczne wyjątki, to w każdym razie pouczają one nas w przybliżeniu, w jakim kierunku rozszerza się w układzie nerwowym środkowym czynność odruchowa, jeżeli się nie ogranicza do jednego tylko ośrodka odruchowego. Prawa te Pflügera w znacznym skróceniu brzmią: 1) Jeżeli podnieta jakaś wywoła odruch po jednej stronie ciała, to odruch ten wystąpi zawsze po tej stronie, na którą działa podnieta (prawo odruchu jednostronnego). 2) Jeżeli podnieta, która wywołała tylko odruch miejscowy, t. j. ograniczający się do kończyny drażnionej, tak wzmocnimy, że odruch przeniesie się na drugą stronę, to po tej drugiej stronie przedewszystkiem tylko takie same mięśnie wejdą w czynność, które po stronie drażnienia były czynne, to znaczy wystąpi odruch w kończynie przeciwległej symetrycznej (prawo odruchu symetrycznego). 3) A gdy wywołane w ten sposób odruchy symetryczne nie będą równe co do siły, to zawsze ruch odruchowy silniejszy znajdzie się po stronie drażnienia (prawo niejednakowo silnych odruchów). 4) Dalsze rozszerzanie się czynności odruchowej odbywa się według Pflügera w mózgu ku dołowi, w rdzeniu pacierzowym zaś ku górze, a więc zawsze ku rdzeniowi przedłużonemu (prawo irradycyi odruchów). Drażniąc np. kończynę tylną, otrzymamy najpierw odruch w kończynie drażnionej, potem w kończynie tylnej drugiej, potem w przedniej tej samej strony, dalej w przedniej skrzyżowanej. A gdy podnieta coraz silniejsza działa na kończynę przednią, to odruch obejmie najpierw kończynę przednią tej samej strony, potem przeniesie się na kończynę przednią strony drugiej, dalej wzmacniając podnieta otrzymamy odruchy mięśni szyi, twarzy, a potem dopiero, gdy stan czynny dojdzie do ośrodków odruchowych rdzenia przedłużonego i wywoła ogólne kurcze wszystkich mięśni, obejmą one też i kończynę tylną.

Z tego wynika 5) prawo, że gdy podnieta, działająca na nerw dośrodkowy, wywoła odruch, to odruch ten może objąć albo tylko takie mięśnie, których nerwy wychodzą z układu nerwowego w tej samej wysokości, co nerw dośrodkowy (odruch miejscowy czyli odcinkowy), albo mięśnie unerwione przez rdzeń przedłużony, albo wreszcie wszystkie mięśnie ciała.

Prawa te Pflügera (1860), wysnute z spostrzeżeń na chorych ludziach przez dziesiątki lat też uważane były jako słuszne i do-

piero liczne wyjątki zauważone w dokładnych badaniach na zwierzętach przekonały, że twierdzeń tych nie można uogólnić.

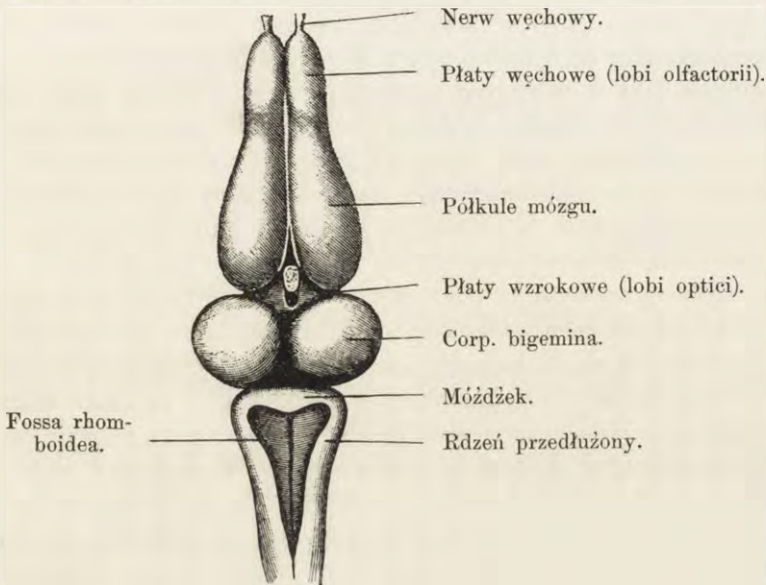
Hamowanie i torowanie odruchów. Doświadczenie życia codziennego poucza nas, że zapomocą woli jesteśmy w stanie niejednokrotnie odruchy niektóre stłumić, t. j. sprawić, aby podnieta, która zazwyczaj wywołuje odruch, w danej chwili tego odruchu nie spowodowała. I tak np. możemy wstrzymać odruchowe mrużenie powiekami, wywołane zazwyczaj dotknięciem powieki, możemy do pewnego czasu wstrzymać się od kaszlu, śmiechu i t. d. Ten wpływ na odruchy nazywamy hamowaniem. Badania dokonane na zwierzętach wyższych, których układ nerwowy jest bardziej rozwinięty, wykazały, że mózg w ogólności — a szczególnie kora mózgowa — posiada w wysokim stopniu rozwiniętą własność hamowania odruchów w niższych częściach układu nerwowego.

Własność hamowania spotykamy jednak także już u bezkręgowców. I tak mózg członkonogów jest w pierwszej linii narządem hamującym odruchy rdzenia brzuszego. Po usunięciu mózgu występują wszystkie odruchy normalnego zwierzęcia o wiele łatwiej i żywiej (odruch czyszczenia, jedzenia, pływania itd.). Podobnie i u głowonogów stają się po usunięciu mózgu odruchy żywszymi.

U zwierząt kręgowych objaw hamowania odruchów ze strony mózgu występuje bardzo wybitnie. U żab np. szereg odruchów, które u prawidłowego zwierzęcia wprawdzie często otrzymać można, ale też i równie często nie występuje, można wywołać te odruchy z regularnością mechanizmu po wycięciu półkul mózgowych. Tu należy np. odruch skrzeczenia Goltza, który wywołać łatwo u żab pozbawionych półkul mózgowych, jeżeli się skórę grzbietu głaska lub lekko uciska, podobnie odruch obejmowania samicy, który u samca w czasie rui występuje a polega na tem, że samiec obejmuje samicę silnie przednimi łapkami. Odruch ten jest ogromnie silny po odcięciu główki, żaba taka obejmując i ściska silnie każdy przedmiot, który wejdzie w styczność ze skórą brzucha, podczas gdy żaba nie pozbawiona mózgu oddziaływała tylko na podniecie pochodzącą od osobnika drugiej płci. Żaba prawidłowa ma możność dopuszczenia lub niedopuszczenia do powstania odruchu, zwierzę zaś pozbawione półkul mózgowych straciło zdolność hamowania odruchu.

Ale nietylko półkule mózgowe, także i niższe części mózgu mają własność hamowania odruchów rdzeniowych, jak to wykazał Sיעzenow (1863). Opisał on następujące doświadczenie: Jeżeli u żaby z wyciętymi półkulami, u której badamy odruchy, zadrażnimy śródomózgowie, czyli t. zw. płaty wzrokowe (*lobi optici*) (rycina 97), bądź mechanicznie przez wykonanie ponownego przekroju, przechodzącego przez te same płaty, bądź też chemicznie przez przyłożenie kryształka soli kuchennej, to odruchy ustają, albo przynaj-

mniej stają się znacznie słabsze, względnie o wiele trudniej je wywołać. A gdy następnie wytniemy zupełnie te płaty wzrokowe, odruchy występują znowu z łatwością i są znacznie żywsze, niż po wycięciu tylko półkul mózgowych. Na podstawie tych doświadczeń Sieczenow twierdził, że istnieją osobne ośrodki hamujące (w płatach wzrokowych), które stale znajdują się w stanie czynnym (*tonus*) i dlatego stale wpływają hamująco na odruchy. Doświadczenia późniejsze licznych badaczy nie potwierdziły zapatrywania Sieczenowa, którego



Ryc. 97.

Mózg żaby (według Steinera).

nazwisko jednak trwale jest związane z odkryciem tego ważnego w fizjologii układu nerwowego zjawiska: hamowania, o istnieniu osobnych ośrodków hamujących. Doprowadziły one owszem do poznania, że cały mózg żaby, nie tylko półkule, lecz także i śródmozgowie a nawet i rdzeń przedłużony posiadają zdolność hamowania odruchów.

Badania dokonane na zwierzętach ssących doprowadziły do wyników podobnych, a to z tem, że zgodnie z silniejszym wykształceniem kory mózgowej u tych zwierząt ona to właśnie obej-

muje wybitny wpływ hamujący. U psów można z łatwością obserwować po odcięciu rdzenia od mózgu, lub po zniszczeniu kory mózgowej cały szereg odruchów, które u zwierzęcia zdrowego tylko czasem lub zupełnie nie występują. Tu należy t. zw. odruch skrobania, t. j. ruchy skrobania wykonane kończyną tylną wskutek głaskania skóry brzucha z boku (Goltz), odruch zgięcia palców i zgięcia grzbietnego stopy przy słabem ukluciu stopy (Bikeles) itd.

Hamowanie odruchów może być wywołane, względnie wzmożone, przez drażnienie nerwów dośrodkowych, a więc właściwie też na drodze odruchowej. I tak możemy bardzo łatwo zahamować opisany wyżej odruch skrzeczenia u żab, pozbawionych półkul mózgowych przez to, że uciśniemy silnie łapkę, albo przez przyłożenie do skóry kończyn lub tułowia papierka, napojonego kwasem siarkowym. Odruch, który z łatwością u żaby otrzymać można przez mechaniczne drażnienie łapki, ustaje lub przynajmniej staje się znacznie słabszym, gdy równocześnie drażnimy dośrodkowy koniec nerwu kulszowego drugiej łapki.

Obecność mózgu lub nawet śródomózgowia do tego nie jest konieczną potrzebną. Objawy bowiem hamowania obserwować możemy także u żab, u których pozostawiono tylko rdzeń pacierzowy. Podobne hamowanie odruchowe występuje i u zwierząt ssących. Jeżeli umieścimy psa z przeciętym rdzeniem pacierzowym w ten sposób, aby tylne kończyny wolno wisiały, występują u niego rytmiczne ruchy wahadłowe tych kończyn. Są to ruchy odruchowe spowodowane przez mechaniczną podniecie, jaką tworzy samo ciążenie łapek. Otóż te ruchy zastanowić można przez ucisk ogona. Podobnie można przez drażnienie skóry zahamować i inne odruchy (odruchy sięgnięte, erekcyjną i t. d.). Hamowanie odruchów przez drażnienie nerwów dośrodkowych jest oddawna znane, a posługujemy się nierzadko niem w życiu codziennem. Znany jest sposób stłumienia kichania przez tarcie nosa; niektóre osoby chcąc wstrzymać się od płaczu zagryzają wargi, inni, aby stłumić śmiech, szczypią się i t. d. Fakt, że hamowanie odruchów występuje także po zupełnem odcięciu rdzenia od wyższych części układu nerwowego, wskazuje dowodnie, że zjawisko to nie zależy od jakichś osobnych ośrodków, których specjalną funkcją byłoby tłumienie czynności ośrodków odruchowych lub obniżanie ich pobudliwości, lecz że jest zjawiskiem ogólnej natury, własnością wszystkich, lub przynajmniej znacznej części ośrodków odruchowych.

Wpływ wyższych ośrodków układu nerwowego na odruchy nie zawsze jednak bywa ujemny. Zdarza się niekiedy, że stan czynny tych ośrodków ułatwia właśnie występowanie odruchów. Zjawisko to badał dokładnie Exner i nadał mu nazwę torowania (*Bahnung*). O torowaniu odruchów poucza nas np. następujące doświadczenie: Jeżeli na skórę kończyny królika lub psa stosować będziemy podniety subminimalne, t. j. o takim natężeniu, które jeszcze nie daje odruchu, to drażniąc równocześnie albo bezpośrednio przedtem lub potem tę część kory mózgowej, która zaopatruje daną kończynę (p. niżej) również podniętą subminimalną, a więc też jeszcze nie skuteczną, wywołamy przez to prawidłowy odruch. Mamy tu właściwie do czynienia z pewną formą sumowania, tylko że tu (podobnie jak w hamowaniu) dwie podniety zaczepiają układ nerwowy w dwóch różnych miejscach (w nerwie obwodowym i w układzie nerwowym środkowym), a działają pośrednio na jeden i ten sam ośrodek. Podobnego rodzaju torowanie odruchów może się odbyć działaniem podniety i na obwodowe zakończenia nerwowe. Liczne spostrzeżenia dowodzą, że niektóre podniety, działające na zmysły, jak np. podniety słuchowe i wzrokowe zwiększają odruchy lub sprawiają ich zjawianie się tam, gdzie ich niema. Tyczy się to zarówno zwierząt jak i człowieka, u którego n. p. udaje się czasem łatwiej wywołać t. zw. odruch kolanowy przez równoczesne pocieranie skóry.

Wola, której wpływ hamujący na odruchy poznaliśmy wyżej, może też czasem i odruch torować, jakkolwiek daleko częstszym jest jej wpływ hamujący, tak, że odwrócenie uwagi od odruchu czyni jego wystąpienie pewniejszym i regularniejszym. Są odruchy, które nie występują we śnie, a więc przy zniesieniu świadomości, jak np. kaszel lub kichanie.

W ogólności mogą te same wpływy, które hamują odruchy, w innych przypadkach działać wprost przeciwnie, t. j. odruchy torować, i nie zawsze jesteśmy w stanie wpływ ten przewidzieć z góry lub określić, od czego on zależy. Nie zależy on od siły podniety, albowiem zarówno silne, jak i słabe podniety mogą i hamować i torować odruchy. Nie zależy też i od miejsca działania, albowiem oba rodzaje wpływów osiągnąć można z drażnienia różnych okolic ciała bez względu na to, czy należą do tego samego łuku odruchowego, czy są od niego mniej lub więcej odległe. To tylko można powiedzieć, że wpływ, jaki wywrze owa dodatkowa

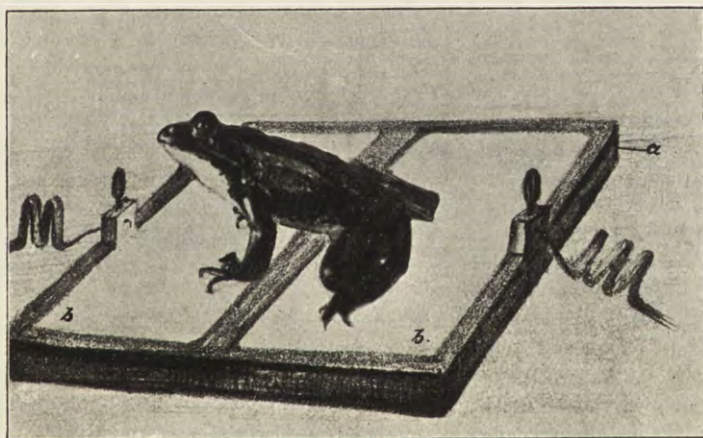
podnieta na ośrodki odruchowe, zależy od stanu, w jakim się te ośrodki znajdują. Ośrodek odruchowy, znajdujący się w stanie czynnym — a więc stale drażniony (toniczny) — łatwiej ulegnie zahamowaniu, ośrodek zaś nieczynny lub słabo podrażniony będzie w czynności swej przez nową podniętą pobudzony. I tak n. p. w cytowanym wyżej doświadczeniu, w którym można na szczytaniu z przeciętnym rdzeniem pacierzowym zahamować ruch automatyczny łapek przez ucisk ogona, udaje się właśnie przez taki ucisk wywołać ten ruch wahadłowy, jeżeli samoistnie nie wystąpił.

Celem wytlómaczenia zjawiska hamowania odruchów wypowiedziano różne hipotezy, które jednak w następstwie nie zdołały się utrzymać wobec odkrytych faktów i poczynionych spostrzeżeń. Wytlómaczenie to przedewszystkiem oprzeć się musi na przyjęciu, — za czem przemawiają wszystkie dotąd poznane fakta—, że właściwy proces hamowania odbywa się nie w innej części łuku odruchowego, jak tylko w samych ośrodkach odruchowych, że tam właśnie ulega stłumieniu stan czynny pod wpływem danego procesu hamującego; opieramy się dalej na ogólnie znanym fakcie, że wszystkie części układu nerwowego środkowego znajdują się w pewnym czynnościowym związku wzajemnym tak, że każda taka część może być pobudzoną do współdziałania w czynności innej części. Wiemy wreszcie, że w ośrodkach (komórkach) nerwowych podobnie jak w ogóle w każdej substancji żyjącej odbywają się stale i równocześnie dwojakiego rodzaju procesy t. j. proces rozpadu (dyssymilacji) i odbudowy (assymilacji). Wyrazem pierwszego rodzaju procesów jest czynność, wyrazem zaś drugiego rodzaju odpoczynek. Czynniki, które powodują lub wzmacniają proces rozpadu, działają jako podniety, czynniki zaś wywołujące assymilację, hamują czynność ośrodków. Jeżeli podnieta zdolna do wywołania odruchu działa na nerw dośrodkowy, to spowoduje ona w odpowiednim odcinku układu nerwowego proces dyssymilacji, którego wynikiem będzie pobudzenie odpowiednich aparatów końcowych i powstanie odruchu. Jeżeli równocześnie lub nieco wcześniej zadziała inna podnieta na inne włókno nerwowe dośrodkowe (lub inny ośrodek nerwowy), to wynik tego zadziałania może być dwojaki: albo podnieta ta działa także dyssymilacyjnie, a wtedy choć sama nie wystarcza do wyładowania czynności, przecież wprawi ośrodki nerwowe w taki stan, że będą przystępniejsze dla właściwej podniety, która wtedy zastaje ośrodki w stanie większej chwiej-

ności i odruch jest wtedy wzmocony lub łatwiej występuje. W tym przypadku podnieta dodatkowa działa torująco. W innym przypadku może ta podnieta spowodować procesy asymilacji. Wtedy proces dyssymilacji wywołany przez podniętę właściwą ma do pokonania procesy asymilacji i jeżeli im nie przeciwważy, to odruch nie powstanie wcale a w najlepszym razie będzie on słabszy. Wtedy ta podnieta dodatkowa działa hamująco.

Sumowanie podniet. Zjawisko sumowania podniet występuje już do pewnego stopnia i w czynności nerwów obwodowych a zdaje się, że w ogóle każda protoplazma opatrzona pobudliwością, posiada też i zdolność sumowania podniet. Najwybitniej jednak posiada tę zdolność układ nerwowy środkowy. Zdolność sumowania widzimy już w właściwości wspomnianej wyżej, że odruchy o wiele łatwiej otrzymać można przez zastosowanie kilkakrotnych słabych podniet, niż jednej choćby bardzo silnej podniety, że powtórzenie kilku podniet nieskutecznych może wywołać ruch odruchowy.

Najwyraźniej zjawisko sumowania obserwować można, stosując do wywołania odruchu podniętę elektryczną. W tym celu umieszczamy żabę pozbawioną półkul mózgowych na płytce szklanej lub ebonitowej (fig. 98 *a*), pokrytej częściowo dwoma płatkami cynfolii (fig. 98 *b*), od siebie izolowanymi, tworzą-



Ryc. 98.

Sumowanie.

a — płytka szklana lub ebonitowa, *b* — blaszki cynfolii.

cymi bieguny cewki indukcyjnej. Można się wtedy przekonać, że jedno uderzenie silnego prądu indukcyjnego nie wywołuje wcale odruchu; jeżeli zaś za-

stosujemy szereg podrażnień prądem o wiele słabszym, otrzymamy odruch (żaba odskoczy). Im częściej powtarzają się podrażnienia, tem są one skuteczniejsze, a zwiększenie częstości podrażnień jest o wiele pewniejszym środkiem do wywołania odruchu niż ich wzmocnienie. Regularność, z jaką odruch wtedy występuje za każdym razem po jednakiej liczbie podniet, jest wprost uderzająca. Nietylko wobec podniet elektrycznych, ale także i mechanicznych lub chemicznych i termicznych sumowanie w układzie nerwowym środkowym jest widoczne. Na własności sumowania n. p. polega, jak mówiliśmy, badanie odruchów metodą Türeka.

Zjawisko sumowania występuje nietylko wtedy, gdy podniety pojedyncze działające na nerw dośrodkowy, leżą poniżej progu pobudliwości, to znaczy są subminimalne, ale także często i wtedy, gdy każda z tych podniet wywołuje wyraźny ruch odruchowy. Odruchy stają się czasem, gdy stosujemy szereg jednakowych podniet coraz silniejsze. Zjawisko to występuje nieraz n. p. przy wywoływaniu tzw. odruchu kolanowego. Jako własność ogólną układu nerwowego środkowego spotykamy zdolność sumowania także wybitnie wykształconą w tych ośrodkach nerwowych, które są siedzibą czynności świadomych i psychicznych.

Słabe podniety działające na zakończenie nerwowe, z których każda sama przez się nie daje żadnego wrażenia (n. p. bólu) mogą następując po sobie lub działając równocześnie, takie wrażenie wywołać. Wiemy n. p., że mierne uciskanie zdrowego zęba nie jest bolesne, ale gdy okostna zęba wskutek rozpoznającego się zapalenia obrzęknie tak, że uciśnięte są zakończenia nerwowe w niej zawarte, to jeszcze w okresie gdy stan zapalny nie doszedł do tego stopnia, by podrażnienie tych zakończeń już samo przez się ból sprawiało, ucisk zęba już wywołuje ból gwałtowny. Tu więc dwie subminimalne podniety sumują się ze sobą, dając stan czynny ośrodków, którego wynikiem jest odpowiednie wrażenie. Gdy na który narząd zmysłowy działa równocześnie szereg podniet o różnej lokalizacji, to nie naraz powstaje zupełnie dokładnie określone wrażenie świadome, a dopiero powtórzenie dwu lub wielokrotne czyni wrażenie coraz bardziej dokładnem.

Przykładów podobnych możnaby przytoczyć wiele, a podobnie rzecz się ma i w dziedzinie afektów. Każdemu wiadomo z przeżytych doświadczeń życia, jak często się zdarza, że gdy w ciągu pewnego czasu działa na nas szereg przykrych podniet psychicznych, wyprowadzi nas z równowagi i wywoła reakcję z naszej strony dopiero czwarta, piąta lub dalsza z rzędu, niejednokrotnie może bardzo słaba ostatnia podnieta, która zastała już ośrodki nerwowe w stanie znaczniejszego podrażnienia, wywołanego poprzedniemi, stanowi ona w codziennem życiu tak nazwaną „kroplę, która dopełnia miarę“.

Zdolność sumowania podniet należy, jak już wyżej podnosiliśmy, do właściwości, któremi układ nerwowy centralny odróżnia się znacznie od nerwów obwodowych tak, że służy ona czasem do

określenia i rozstrzygnięcia pytania, czy pewną czynność należy uważać za czynność układu nerwowego środkowego. We włóknie nerwu obwodowego stan czynny wywołany podniętą znika szybko, pozostawiając za sobą co najwyżej tylko przelotny ślad. W komórce zaś nerwowej, o której przypuszczamy, że właśnie warunkuje różnicę między czynnościami układu nerwowego środkowego a nerwami obwodowymi, pozostaje po każdym podrażnieniu pewna zmiana stanu, która trwa czas dłuższy, a która czyni ją zdolniejszą do danej czynności. Komórka nerwowa staje się w ten sposób zdolniejszą do odpowiedzenia stanem czynnym na szereg podnieć, z których każda z osobna jest niewystarczającą do sprowadzenia reakcji, albo z dwóch lub więcej działających skutecznych zresztą podnieć odpowiedzieć na późniejsze silniejszymi wyładowaniami. W tem też leży i wytłómaczenie zjawiska sumowania podnieć. Nie mamy tu oczywiście do czynienia z zatrzymywaniem i niejako przechowywaniem podnieć w ośrodkach nerwowych, lecz z pozostawieniem w nich pod wpływem tych podnieć pewnej zmiany stanu, która powiększając zapewne lub ułatwiając proces dyssymilacji, czyni ten ośrodek pobudliwszym dla podrażnień następnych. Pod tym względem stanowi więc sumowanie podnieć wyraźne podobieństwo do zjawiska opisanego wyżej pod nazwą torowania odruchów.

Zdolność kształcenia czyli wprawa. Jedną z najosobliwszych, a niewątpliwie najkorzystniejszych dla rozwoju ludzkości, jest owa własność ośrodków nerwowych, dzięki której, im częściej one wykonywują czynność jaką, tem ta czynność łatwiej i sprawniej przychodzi do skutku, tem to wykonanie staje się dokładniejsze i lepsze. Własność tę nazywamy kształceniem się lub wprawą, a posiadają ją zarówno ośrodki odruchowe, jak i wyższe. Tylko dzięki tej własności ośrodków psychicznych mógł człowiek osiągnąć ten stopień kultury, posiadać tę potęgę ducha, który mu umożliwił panowanie na ziemi. Już w badaniu własności sumowania widzieliśmy, że gdy podnieta wywoła odruch, pozostawia za sobą zmianę stanu w ośrodkach nerwowych, dzięki której drugie takie samo drażnienie powoduje odruch żywszy. Zdolność kształcenia się tworzy niejako dalsze stadyum tej własności. Gdy ośrodek często wchodzi w stan czynny, coraz częściej też powstają w nim owe zmiany stanu, które zarazem stają się coraz trwalsze, aż wynika z tego takie powiększenie pobudliwości i sprawności tych ośrodków, że stale otrzymywać będziemy z danej podniety żywszą re-

akeję niż przedtem. Z dziedziny czynności psychicznych nasuwają się nam tak liczne przykłady kształcenia, że wystarczy tylko wskazać, że pamięć, zdolność uczenia się i nabycia wiedzy, na tej własności polegają. Ile początkowo pracy i wysiłku potrzeba, aby wyuczyć się pierwszych ruchów gry na fortepianie lub skrzypcach a jaki olbrzymi rezultat ćwiczenia, a więc zdolności kształcenia, znajdujemy już nie u artystów wirtuozów, ale nawet u osób mierną biegłość w grze posiadających. Najtrudniej wyuczone ruchy, z wielkim wysiłkiem wykonywana początkowo zawodowa praca fizyczna czy umysłowa, staje się łatwiejszą i lepszą dzięki rutynie, która jest wyrazem owej własności kształcenia się. Nie mniej i w odruchach znajdujemy przykłady, które wskazują, że im częściej się je wywołuje, tem łatwiej powstają a nawet powstawać mogą nowe odruchy dla danego organizmu pożyteczne. Tu należą n. p. odruchy potrzebne nam dla utrzymania równowagi ciała przy staniu, chodzeniu, jeździe na rowerze i t. d. Odruchy te składają się z całego szeregu skojarzonych ruchów kompensacyjnych, których uczymy się z początku z pewną trudnością, a które nabyte i wykształcone przez ćwiczenie stają się doskonale sprawnymi. Historia rozwoju organizmów obfituje w liczne tego rodzaju przykłady.

Na określenie tego zjawiska łatwiejszego powstawania częściej powtarzających się odruchów używa się często porównania z drogami wygładzonymi, po których ciężar łatwiej przesuwac się może. Wyobrażając sobie, że przejście stanu czynnego po drodze łuku odruchowego natrafia na pewien opór, przedstawiamy sobie dalej, że opór ten w miarę częstszego pokonywania go staje się coraz mniejszym, czyli używając owego wyrażenia zapożyczzonego z techniki mówimy, że stan czynny powoduje „wyszlifowanie drogi, po której przechodzi“. To utarte w fizjologii obrazowe przedstawienie trzeba o tyle tylko uzupełnić, że zmniejszanie danego oporu odbywa się nie po całej drodze łuku odruchowego, lecz w centralnej jego części: w ośrodkach odruchowych.

Poznawszy czynności odruchowe, oraz własności fizjologiczne środkowego układu nerwowego, możemy bliżej nieco dotknąć pytania, jaka jest **anatomiczna podstawa ośrodków odruchowych**.

Niemal tak dawno, jak znane są komórki nerwowe i ich związek z włóknami nerwowymi, przypisuje się właściwości narządów centralnych komórkom nerwowym w ścisłym znaczeniu, to znaczy właściwie ciałom komórek (boć i wypustki

tak protoplasmatyczne jak i osiowe są także częścią składową komórki). Opiera się to zapatrywanie — jak we wstępie zaznaczono — na tem, że wszędzie, gdzie tylko są ośrodki w znaczeniu fizyologicznem, tam znajdujemy anatomicznie komórki nerwowe, dalej także na pewnych właściwościach fizyologicznych układu nerwowego środkowego, których nie posiadają włókna nerwów obwodowych, lub posiadają je w małym tylko stopniu rozwinięte. Do takich własności, które posiada układ nerwowy środkowy, obfitujący w komórki nerwowe, należą: zdolność sumowania, zdolność kształcenia, łatwość nużenia się, znaczne zwolnienie przewodnictwa.

To tak rozpowszechnione zapatrywanie zachwiał jednak Bethe, (1898) swoim znanem doświadczeniem nad krabem („*carcinus maenas*“). Skorupiak ten posiada niektóre zwoje nerwowe (*ganglia*) tak zbudowane, że w pewnych częściach tych zwojów znajdują się tylko konglomeraty ciał komórek nerwowych. Komórki te są jednobiegunowymi, posiadają jedną tylko wypustkę, która w dość znacznej dopiero odległości od ciała komórki rodziła się w kształcie litery *T* na włókno dośrodkowe i odśrodkowe. Rozdział ten przypada w miejscu, gdzie znajduje się obfita sieć włókienek nerwowych (*neuropil*).

Budowa tego rodzaju jest bardzo korzystna do wykonania doświadczenia, zapomocą którego usunąć można ciała komórek od pośredniczenia w odruchach.

Otóż Bethemu udało się odciąć tę część zwoju, do której dochodzą nerwy drugiego czułka (*antenna*) tego kraba, i to tylko tę część, w której znajdują się same ciała komórek, a przez to mógł zostawić nietkniętym neuropil tych komórek. I okazało się, że po usunięciu ciał komórek z pozostawieniem neuropilu, odruch zwyyczajny, który otrzymuje się z dotknięcia czułka (zginanie, następnie prostowanie) na jeden dzień ustaje, potem jednak wraca, jest nawet żywszy niż prawidłowo, ale utrzymuje się tylko przez 3 dni, poczem ustaje bezpowrotnie. Z tego doświadczenia wysnuł Bethe wniosek, że przewodnictwo i modyfikacja stanu czynnego w układzie nerwowym środkowym odbywa się nie w ciałach komórek nerwowych, lecz w otaczających je sieciach włókienek nerwowych, które bezpośrednio łączą się z włókienkami nerwowymi przechodzącymi przez same komórki. Ciału komórek przypisuje Bethe tylko funkcję odżywczą dla włókien nerwowych, choć i ta funkcja zdaniem jego nie jest wyłącznym atrybutem komórek nerwowych.

Te obserwacje dostarczone przez doświadczenia wykonane na bezkręgowcach, nie mogą jeszcze obalić ogólnie przyjętego zapatrywania o roli, jaką komórki nerwowe odgrywają jako t. zw. ośrodki nerwowe. A powiedzieć można, że więcej jest argumentów, które za tem zapatrywaniem przemawiają, niż takich, któreby przeciw niemu przytoczyć można. Prócz wyżej wyliczonych własności fizyologicznych, któremi układ nerwowy środkowy różni się od obwodowego, a które każą przyjąć, że w czynnościach ośrodkowych biorą udział prócz włókien nerwowych inne pierwiastki nerwowe, należy jeszcze podnieść tę własność układu nerwowego środkowego, że przewodzenie w niem odbywa się tylko w jednym kierunku i nie da się odwrócić (*irreciprocitas*). Ogólna fizyologia nerwów poucza nas, że włókna nerwów obwodowych mogą przewodzić stan czynny w obydwu kierunkach. Gdyby więc stan czynny w układzie nerwowym środkowym przechodził tylko przez włókienka nerwowe, nie byłoby przeszkody, aby i tu przewodzenie odbywało się w obu kierunkach. Tymczasem doświadczenie poucza, że przez drażnienie korzonków tylnych, które zawierają włókna dośrodkowe, można wywołać elektryczne zmiany czynnościowe w komórkach przednich zawierających włókna odśrodkowe, nie zaś w kierunku odwrotnym, t. j. drażnienie przednich korzonków nie wywołuje stanu czynnego w tylnych (Bernstein, Cybulski i Kirkor). Podobnie i odprowadzając prąd od rdzenia pacierzowego i drażniąc nerw dośrodkowy, obserwuje się zmiany czynnościowe tylko wtedy, gdy tylne korzonki są nienaruszone (Beck).

Zmiany czynnościowe w układzie nerwowym środkowym.

Czynność układu nerwowego łączy się oczywiście z procesami chemicznymi, których następstwem są zmiany zarówno chemiczne, jak i fizyczne w składnikach tego układu. Gdy stan czynny powstaje dzięki rozpadowi substancji wchodzących w skład elementów układu nerwowego, nie ulega wątpliwości, że zarówno skład chemiczny substancji nerwowej musi się zmienić, że pozostaje prawdopodobnie przy tym rozpadzie ciepło, że występują też i zmiany elektryczne.

Że układ nerwowy środkowy, a szczególnie szara substancja jest siedzibą żywych procesów chemicznych, wskazuje już wielka zależność jej od krążenia krwi. W cytowanym wyżej doświadcze-

niu Stensona porażenie tylnych kończyn i utrata czucia po podwiązaniu aorty jest w pierwszej linii następstwem ustania krążenia w szarej substancji rdzenia, która o wiele bogatszą jest w naczynia krwionośne, szczególnie włosowate, niż substancja biała. Jeżeli zamknięcie aorty trwało dłużej, restytucja staje się już niemożliwą: szara substancja uległa obumarciu. Podobnie podwiązanie lub ucisk tętnic szyjnych i kręgowych powoduje natychmiast utratę świadomości wskutek ustania krążenia krwi w mózgu. To upośledzenie czynności układu nerwowego środkowego wskutek ustania krążenia krwi jest w pierwszej linii następstwem braku tlenu, którego szara substancja podczas czynności swej bardzo wiele zużywa i chętnie też z krwi pobiera. Energiczny ten proces utleniania, tak żywy w substancji szarej a o wiele leniwszy w białej, udało się bezpośrednio wykazać zapomocą wstrzykiwań błękitu metylenu do obiegu krwi. Ciało to ma tę własność, że oddaje z łatwością tlen substancjom redukującym, przez co się odbarwia; jeżeli je zatem wstrzykniemy do obiegu krwi, to barwi wszystkie tkanki na niebiesko, a zabarwienie to znika w miarę pochłaniania tlenu przez niektóre składniki tych tkanek. Otóż substancja biała pozostaje niebieską, podczas gdy substancja szara się odbarwia i to powoli, gdy znajduje się w spoczynku, tem szybciej zaś, im energiczniejszą jest czynność układu nerwowego środkowego (Hill). Doświadczenia te tyczyły się szczególnie kory mózgowej i wykazały w dalszym ciągu, że powinowactwo substancji szarej do tlenu zmniejsza się lub ustaje w narkozie chloroformowej, w której utrata czucia jest właśnie następstwem zniesienia procesu utleniania.

Doświadczenia Verworna wykonane inną metodą na rdzeniu żaby wykazały również istnienie żywych procesów utleniania w szarej substancji. Produktami tego utleniania czyli oddychania wewnętrznego są: CO_2 , kwas mlekowy i prawdopodobnie cholina, które powstają ze spalania nukleoproteidów i innych ciał wysoko złożonych, wchodzących w skład komórek i włókien nerwowych. Powstawanie bezwodnika kwasu węglowego widoczne jest z tego, że krew wpływająca z mózgu jest bardziej żylną. Dzięki zaś powstawaniu kwasu mlekowego substancja szara już w stanie spoczynku oddziałuje słabo alkalicznie lub obojętnie, a reakcja staje się kwaśną, gdy wprawimy ją w energiczny stan czynny, jak to wykazano w rdzeniu zwierząt zatrutych strychniną lub w zwoju współczulnym drażnionym bezpośrednio albo pośrednio prądem indukcyjnym lub wreszcie w płatach wzrokowych zwierząt, których oczy wystawiono na działanie silnego światła. Cholina znajduje się w wyciągach tkanki nerwowej, w płynie mózgo-rdzeniowym, a pochodzi prawdopodobnie z rozpadu lecytyny. Żywe procesy chemiczne, które towarzyszą stanowi podrażnienia układu nerwowego

środkowego w niektórych chorobach tego układu objawiają się też m. i. znacznym rozpadem lecytyny, co widać ze zwiększenia się ilości fosforanów w moczu.

Opisanym procesom chemicznym towarzyszą też zmiany termiczne, objawiające się w podwyższeniu się ciepłoty, które jest też i znaczniejsze podczas stanu czynnego substancji szarej. Stwierdził to doświadczeniami Mosso, badając ciepłotę kory mózgowej w czasie spoczynku i podczas drażnienia nerwów dośrodkowych. Zaznaczyć jednak należy, że doświadczenia te wobec występowania zmian w krążeniu krwi podczas stanu czynnego mózgu pozostawiają pod względem dokładności wiele do życzenia.

Zjawiska elektryczne w układzie nerwowym środkowym przedstawiają się jako prądy czynnościowe, które tu, podobnie jak w nerwach i mięśniach, towarzyszą stanom czynnym (Beck). Posłużyły te zjawiska do badania szeregu pewnych własności układu nerwowego środkowego, szczególnie zaś do badania lokalizacji czynności kory mózgowej, o czym mowa będzie w szczegółowej fizjologii układu nerwowego środkowego.

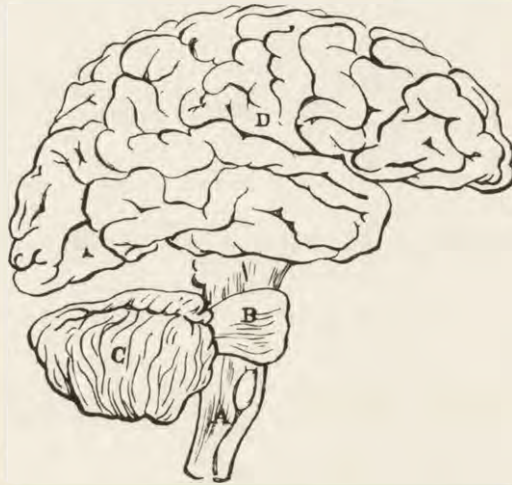
Niektórzy badacze opisywali także i zmiany morfologiczne, które występują w komórkach nerwowych podczas czynności ośrodków nerwowych, i to zarówno w samym ciele komórek, jak i w jej wypustkach, szczególnie w dendrytach. Ze względu na brak zgodności pomiędzy różnymi autorami co do samej postaci tych zmian, jak i co do ich znaczenia, możemy bliższy ich opis pominąć.

SZCZEGÓŁOWA FIZYOLOGIA UKŁADU NERWOWEGO ŚRODKOWEGO.

Poznanie czynności układu nerwowego środkowego opiera się nie tylko na doświadczeniach fizyologicznych, lecz także i na dokładnych badaniach budowy anatomicznej. Odwrotnie posługuje się i badanie anatomiczne tego układu stosowaniem metod fizyologicznych. Stąd to pochodzi, że w tym dziale fizjologii więcej niż w innych staje się koniecznym wprowadzenie dat anatomicznych. Idąc za tą koniecznością, musimy się jednak ograniczyć do najważniejszych szczegółów i to takich, które mają znaczenie dla funkcji.

Układ nerwowy środkowy umieszczony w jamie czaszkowej i kanale kręgowym składa się z mózgu (mózgowia) i rdzenia pacierzowego. Te dwie części przechodzą jedna w drugą a jako linię graniczną między nimi przyjęto dowolnie miejsce, w którym oś mózgo-rdzeniowa opuszcza czaszkę a więc linię otworu potylicznego (*foramen occipitale*). Mózg i rdzeń okryte są trzema oponami łącznotkankowymi licząc od zewnątrz ku wewnątrz: oponą twardą (*dura mater*), pajęczą (*arachnoidea*) i miękką (*pia mater*). Budowa i ukształtowanie mózgu są bardzo skomplikowane. Dla zrozumienia podziału całego mózgowia na części, z których się składa, przyjrzymy się półschematycznej ryc. 99, w której pojedyncze części oddzielone są od siebie nieco więcej niż to odpowiada naturalnym stosunkom. Najniższą część mózgowia jako przedłużenie rdzenia pacierzowego stanowi rdzeń przedłużony (*medulla oblongata*) A. Następuje most Varola (*pons*) B, który zawiera połączenia między rdzeniem przedłużonym a wyższymi częściami mózgowia i między mózgdzkiem (C) a resztą układu nerwowego środkowego. Powyżej mostu znajduje się śródmoźgowie (*mesencephalon*), a najwyższą część stanowi właściwy mózg (*cerebrum*) D. Po

przez mózgowie biegnie kanał wysłany przybłonkiem migawkowym a wypełniony płynem mózgo-rdzeniowym; kanał ten rozszerza się miejscami tworząc komory i przechodzi w kanał środkowy (*canalis centralis*) rdzenia pacierzowego. W każdej półkuli mózgu znajduje się po jednej komorze, są to komory boczne, które komunikują z komorą trzecią. Stąd prowadzi wąski kanał zwany wodociągiem Sylwiusza (*aquaeductus Silvii*) poprzez śródomóz-



Ryc. 99.

Schemat mózgowia (wedł. Quaina).

A — rdzeń przedłużony, B — most Varola,
C — mózdzek, D — mózg właściwy.

gowie do czwartej komory, znajdującej się na grzbietnej powierzchni rdzenia przedłużonego i mostu; dach zaś tej komory utworzony jest częściowo przez pokrywający ją mózdzek, częściowo przez oponę miękką. Komora czwarta prowadzi dalej do kanału centralnego rdzenia przedłużonego.

W układzie nerwowym środkowym znajdują się dwa główne nagromadzenia szarej substancji. Jedno na powierzchni tworzy korę mózgową (*cortex*), drugie zaś wewnątrz układu nerwowego otacza kanał mózgordzeniowy i podzielone jest na różne masy (szara substancja rdzenia, dno komory czwartej, ciała prążkowane, wzgórki wzrokowe i t. d.).

Zrozumienie wzajemnego stosunku pojedynczych części mózgu oraz ich budowy ułatwia nam studyowanie mózgu niższych kręgowców oraz mózgu płodów ludzkich. U płodu cały układ nerwowy centralny rozwija się przez wypuklenie pewnej części zewnętrznej blaszki zarodkowej (*ectoderma*), która tworzy rurę z substancji nerwowej. Przednia część tej rury staje się znacznie grubsza i tworzy mózgowie, jego jamy to komory mózgowie, reszta tej rury tworzy rdzeń pacierzowy. Mózgowie pierwotne jest z początku podzielone na trzy części t. zw. pierwotne pęcherzyki mózgowie. Pierwszy i trzeci później jeszcze dzieli się dalej tak, że całe mózgowie podzielone jest na 5 części:

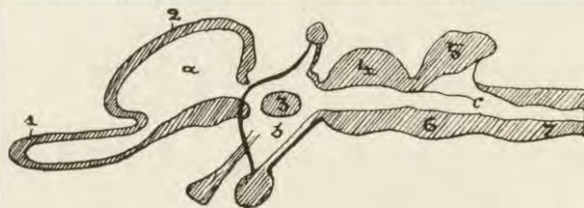
1. Przodomózgowie (*prosencephalon* lub *telencephalon*), z którego rozwijają się półkule mózgu i ciałka prążkowane. Przodomózgowie zawiera komory boczne.

2. Międzymózgowie (*diencephalon*), w skład którego wchodzi wzgórkę wzrokowe (*thalami optici*), a które zamykają komorę trzecią.

3. Środomózgowie (*mesencephalon*) składa się z części mózgowia, otaczających wodociąg Sylwiusza a mianowicie ze wzgórek czworaczych (*corpora quadrigemina*) po stronie grzbietnej i szypulek mózgowych (*crura cerebri*) po stronie brzusznej. Wzgórki czworacze u niektórych niższych zwierząt występują zamiast czterech, w liczbie dwóch i nazywają się wzgórkami wzrokowymi (*lobi optici*).

4. Tyłomózgowie (*metencephalon*), które tworzy mózdzek (*cerebellum*) i most (*pons Varoli*).

5. Rdzeniomózgowie lub zamózgowie (*myelencephalon-rhombencephalon*), które tworzy rdzeń przedłużony (*medulla oblongata*). Ryc. 100 przedstawia schematyczny obraz mózgu krę-



Ryc. 100 (wedł. Huxleya).

gowców, wraz z wypukleniem węchowym (1) i wzrokowym. Podobne ukształtowanie mózgowia, jakie ontogenetycznie znajdujemy u pło-

dów wyższych kręgowców lub człowieka, przedstawia filogenetycznie mózg dojrzałych już najniższych kręgowców n. p. ryb, u których na tym stopniu pozostaje przez całe życie. U tych zwierząt rozwinięte są znacznie opuszka węchowa (*bulbus olfactorius*), dalej inne opuszki szarej substancji znane pod nazwą *lobus parolfactorius* a będący w połączeniu z nerwem trójdzielnym, czuciowym nerwem jamy ust. Nerw wzrokowy kończy się u nich w zwojach niższych, które pośredniczą w odruchach wzrokowych. Półkul mózgowych, kory mózgowej w właściwym znaczeniu nie ma, przodomózgowie jest właściwie tem samym, co u zwierząt wyższych ciała prążkowane. W miarę jak postępujemy do zwierząt coraz wyższych zastajemy coraz znaczniejszy rozrost półkul mózgowych, które u człowieka osiągają największy rozwój i nakrywają prawie całkowicie resztę mózgowia. Mózg pierwotny taki jak opisano wyżej nazwano *pala-encephalon*, półkule mózgowe tworzą t. zw. *neo-encephalon*.

O czynności mózgu.

Zapatrywanie, że mózg jest siedzibą myśli, jest tak ogólnie znane, że niektórzy badacze (Exner) rozpatrują pytanie, czy człowiek sam przez się ma poczucie tego, że myśli mózgiem, a choćby tylko, że myśl usadowiona jest w głowie. Odpowiedź na to pytanie wypada przecząca, inaczej bowiem nie mógłby tak znakomity obserwator, jakim był Arystoteles, wypowiedzieć dziwnego zdania o mózgu, że jest on zimną masą umieszczoną w głowie na to, aby chłodziła opary wznoszące się z serca. Siedziby duszy i myśli szukali starożytni Grecy w piersi, bohaterzy bowiem homerowi rozważali swoje zamiary *κατὰ φρένα καὶ κατὰ θυμόν*, między przeponą a grasicą, hebrajczycy zaś umieszczali myśl i uczucie w nerkach.

Z tego oczywiście wynika, że poznanie czynności mózgu jest dopiero następstwem obserwacji, datujących się zresztą od bardzo dawna, a utwierdzonych dokładnymi doświadczeniami czasów naszych.

Pierwszy, który wypowiedział zapatrywanie, że mózg jest narządem świadomości, był Alkmeion z Krotonu (w VI w. przed Chr.), o którego zapatrywaniu dowiadujemy się z pewnego ustępu dzieła Hippokratesa: „*de morbo sacro*“. Zapatrywanie to jednak nie od razu się przyjęło między filozofami i lekarzami starożytności i dopiero znakomity lekarz szkoły aleksandryjskiej Herphilos, który żył około r. 300 przed Chr. wywalczył mu uznanie. Był on pierwszym, który wykazał różnicę między nerwami a ścięgnami, a poznawszy znaczenie nerwów i skonstatowawszy, że wszystkie nerwy łączą się bądź bezpośrednio, bądź też za pośrednictwem rdzenia z mózgiem, dowiódł w ten sposób, że mózg należy uznać za główny ośrodek układu nerwowego.

Fakt, że wprost z mózgu wychodzą nerwy czterech zmysłów (zwroku, słuchu, smaku i powonienia) sam przez się nasunął przypuszczenie, że wrażenia powstają za pośrednictwem zmysłów w mózgu, który jest więc siedzibą czynności psychicznych.

Badania porównawczo-anatomiczne wnet też na to dostarczyły dowodów. Porównując mózgi zwierząt kręgowych o różnym stopniu rozwoju między sobą oraz z mózgiem człowieka, przekonano się, że ze wzrostem czynności psychicznych idzie i wielkość mózgu i jego rozwój. Mózgi wszystkich prawie kręgowców są w życiu płodowym do siebie podobne, ale podczas gdy mózg najniższych kręgowców płazów, ryb, pozostaje w okresie jakby płodowym w porównaniu z mózgiem kręgowców wyższych, widzimy, że u tych ostatnich mózg a szczególnie półkule mózgowe oddalają się w szeregu wstępującym aż do człowieka coraz więcej od tego stanu i rozwijają się coraz bardziej zarówno pod względem masy jak i ukształtowania. Tego stanu rozwoju mózgu nie można poprostu mierzyć, oznaczyć przez określenie absolutnego jego ciężaru, albowiem jasną jest rzeczą, że większe zwierzęta mają mózg większy niż małe. Nawet oznaczenie stosunku ciężaru mózgu do ciężaru ciała zgadza się tylko w ogólnych zarysach ze stopniem psychicznego rozwoju zwierząt.

Zwierzę	Ciężar mózgu w gramach	Stosunek ciężaru mózgu do ciężaru ciała
Karp	0.93	1 : 860
Zaba	0.095	1 : 398
Zółw	7.5	1 : 10280
Struś	29.0	1 : 1200
Kaczka	4.65	1 : 317
Kur domowy	3.4	1 : 447
Gołąb	1.775—2.02	1 : 116—192
Wróbel	0.795—0.877	1 : 26—33
Wieloryb grenlandzki	2490.0	1 : 25000
Owea	130.0	1 : 377
Koń	448.0—592.0	1 : 534
Słoń	4660.0	1 : 439
Mysz	0.376—0.415	1 : 36—55
Kot	32.0	1 : 128
Pies	68.53—135.0	1 : 106—437
Małpy	małe	1 : 72
	Makakus	1 : 88
	Orangutan	1 : 134
	Goryl	1 : 213
Człowiek	1400.0	1 : 42

Z zestawienia powyższego widać, że człowieka prześcigają co do absolutnego ciężaru mózgu tylko słoń i wieloryb, u których już z powodu ogromnej masy i powierzchni ciała liczba ogólna włókien nerwowych mających bezpośrednio czy pośrednio połączenie z mózgiem, musi być o wiele większą, niż u człowieka. Natomiast względny ciężar mózgu do ciężaru ciała jest u człowieka 10 razy większy, niż u słonia a 600 razy większy, niż u wieloryba. Wszystkie inne zwierzęta mają mózg bezwzględnie mniejszy, niż człowiek, jednakże małe ptaki i zwierzęta ssące mają mózg względnie większy niż człowiek, co znowu można tłumaczyć tem, że małe zwierzęta mają w stosunku do swego ciężaru ciała większą powierzchnię a zatem i większą stosunkowo liczbę włókien nerwowych. Należy zwrócić uwagę, że małpy najwyższe, stoją w tyle za człowiekiem zarówno pod względem bezwzględnego jak i względnego ciężaru mózgu.

Od przeszło 80 lat ze szczególnem zajęciem zaczęto badać ciężar i wielkość mózgu ludzi różnych ras, a w rasie kaukazkiej ludzi, którzy za życia rozmaity stopień rozwoju intelektualnego okazywali. Chodziło o sprawdzenie, czy zachodzi związek między rozwojem umysłu a ciężarem mózgu. Z całego szeregu oznaczeń dokonanych przez licznych badaczy wynika, że średni ciężar mózgu dorosłego mieszkańca środkowej Europy wynosi u mężczyzn 1372 gr., u kobiet 1231 gr. Wyższy ciężar mózgu mężczyzny tłumaczy się już tem, że ciężar przeciętny ciała jego jest większy. U ludzi mniejszych, podobnie jak u zwierząt mniejszych wypada względny ciężar mózgu większym, to też stosunek ciężaru mózgu do ciężaru ciała u mężczyzn wynosi 1:42, u kobiet 1:41.

Różnica w ciężarze mózgu różnych ras przedstawia się według Dawisa tak :

R a s a	Ciężar mózgu -		Różnica
	mężczyzn	kobiet	
Kaukazka	1367 g.	1206 g.	161 g.
Azyatycka	1304 "	1194 "	110 "
Afrykańska	1293 "	1211 "	82 "
Amerykańska	1308 "	1187 "	121 "
Australiska	1214 "	1111 "	103 "

Przeciętny ciężar mózgu ludów słowiańskich i germańskich ma być większy od ciężaru mózgu ludów romańskich. Zajmujące są obliczenia ciężaru mózgu człowieka pierwotnego z objętości znalezionych czaszek. I tak objętość znalezionej na Jawie czaszki *Pithecanthropus erectus*, o którym przyjmują, że stanowi owo

ogniwo łączące w historii rozwoju małpę z człowiekiem, obliczono na 900 cm³, z czegooby wynikało, że mózg jego ważył około 800 gramów. Czaszka neandertalska, którą przypisują człowiekowi pierwotnemu, posiada objętości 1233 cm³, co odpowiada ciężarowi mózgu 1097 gr. Niektórzy antropologowie są nawet zdania, że można wykazać wpływ kultury na ciężar mózgu, że jest prawdopodobnym, że już w biegu dziejów ludzkości absolutny ciężar mózgu się powiększył. I tak n. p. Broca, oznaczając objętość czaszek wykopanych w Paryżu, doszedł do wniosku, że objętość przeciętna czaszek Paryżan w czasie ostatnich 7 wieków wzrosła o 35 cm³. A nawet narody, których stopień kultury z biegiem wieków się obniżył, mają mieć objętość czaszki obecnie mniejszą, niż miały w czasie rozkwitu kultury, jakto wykazują pomiary na czaszkach Egipcyan. Szczególną wagę przywiązywano do porównania ciężarów mózgu ludzi, którzy za życia odznaczali się niezwykłymi zdolnościami. Umieszczona poniżej tabelka, przedstawiająca ciężar mózgu znakomitych uczonych, poetów, mężów stanu i t. d. wykazuje, że na ogół rzeczywiście u wielu z nich ciężar mózgu przekraczał nie-raz bardzo znacznie przeciętny ciężar mózgu człowieka tego samego wieku. Są jednak dość liczne z tego wyjątki.

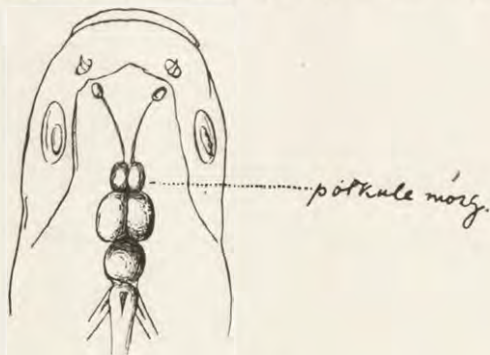
Nazwisko	Wiek	Ciężar mózgu w gramach	Przeciętny ciężar mózgu w tym wieku w gramach	Różnica w gramach
1. Schubert, muzyk	31 lat	1420	1391	+ 29
2. Byron, poeta	36 "	1807	1391	+ 416
3. Gambetta, mąż stanu	44 "	1314	1403	- 165
4. Schiller, poeta	46 "	1580	1403	+ 177
5. Dirichlet, matematyk	54 "	1520	1366	+ 154
6. Dante, poeta	56 "	1420	1362	+ 58
7. Dupuytren, chirurg	57 "	1440	1360	+ 80
8. Cromwell, minister	59 "	2231	1360	+ 871
9. Cuvier, przyrodnik	63 "	1829	1340	+ 489
10. Turgenjew, poeta	65 "	2021	1331	+ 689
11. Broca, antropolog	65 "	1485	1331	+ 154
12. Napoleon III	65 "	1500	1331	+ 169
13. Liebig, chemik	70 "	1352	1303	+ 49
14. Helmholtz, fizyk	73 "	1420	1283	+ 137
15. Gauss, matematyk	78 "	1492	1246	+ 246
16. Kant, filozof	80 "	1650	1230	+ 420

Mózg kobiety o wybitnych zdolnościach, profesora matematyki Kowalewskiej ważył 1385 gr., t. j. o 128 gramów więcej niż mózg kobiety tego samego wieku (41 lat).

Nie wszystkie jednak części mózgu mają równe znaczenie jako narządy myśli i czynności świadomych. Spostrzeżenia i badania przemawiają owszem za tem, że przedewszystkiem tylko półkule mózgu i to ich powierzchnię t. j. korę mózgu można uważać za siedzibę czynności psychicznych (świadomości, uczucia, wyobrażeń, woli i t. p.). Im bardziej rozwinięte są u zwierząt władze psy-

ehiczne, tem więcej przeważa rozwój półkul mózgowych, a szczególnie kory mózgowej nad innymi częściami mózgu. Zarówno ciężar półkul w stosunku do reszty mózgu, głębokość i liczba zwojów kory mózgowej są u czelakopodobnych małe większe niż u wszystkich innych zwierząt ssących, a najlepiej wykształcone w obu tych kierunkach są półkule mózgu człowieka. Z wzrostem liczby i głębokości zwojów i rowków zwiększa się powierzchnia i masa kory mózgowej. Skonstatowano niejednokrotnie, że zwoje kory mózgowej ludzi wysoko utalentowanych i umysłem swoim górujących nad otoczeniem były liczniejsze, rowki głębsze.

Zapatrywanie o roli półkul mózgowych ugruntowane przez opisane badania anatomiczne i antropologiczne zostało znakomicie potwierdzone przez doświadczenia na zwierzętach. Jednym ze sposobów najeczęściej używanych w celu zbadania czynności układu nerwowego jest usuwanie tej części układu nerwowego, której funkcję poznać pragniemy i obserwowanie potem, jak się po takiej operacji zwierzę zachowuje i jakie zmiany występują w jego czynnościach prawidłowych. Skutki wycięcia półkul mózgowych występują tem wyraźniej, różnice w zachowaniu się takich zwierząt pozbawionych półkul mózgowych od zachowania się zwierząt normalnych tem bardziej wpadają w oko, im większy udział w przejawach ży-

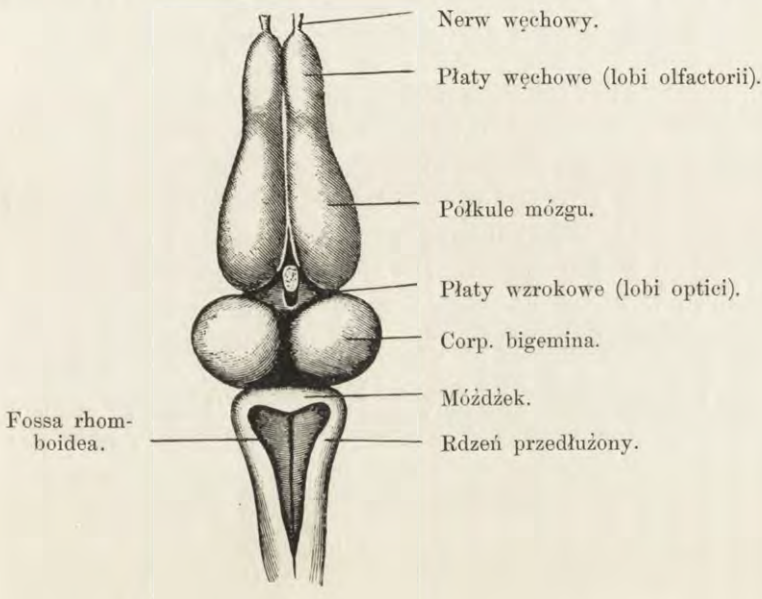


Ryc. 101.

Mózg ryby (według Steinera).

cia tego zwierzęcia biorą czynności świadome, a więc na im wyższym znajduje się szczeblu rozwoju. Jeżeli wytniemy obie półkule mózgu n. p. u ryby kostnej, u której stanowią one tylko drobną część mózgowia, ryc. 101, to nie jesteśmy w stanie u niej poznać

żadnych zmian w zachowaniu. Pływa w wodzie równie żywo jak ryba prawidłowa, odróżnia glisty od kawałka sznurka lub z pomiędzy opłatków białych i czerwonych wybiera czerwone. Ryby takie czynią nawet wrażenie żywszych, odważniejszych, co pochodzi stąd, że jak wiemy półkule mózgu wywierają wpływ hamujący na odruchy i na ruchy instynktywne zawiadywane przez ośrodki niższego rzędu. Warunkiem udania się tego doświadczenia jest, by pierwsze ośrodki wzroku t. j. wzgórki wzrokowe były nienaruszone, albowiem u tych ryb oko stanowi najważniejszy narząd zmysłowy. Natomiast ryby ościste — n. p. rekin — po wycięciu półkul mózgowych zapada w zupełną bezwładność i nie wykona żadnego ruchu, jeżeli go się nie zadrażni; pochodzi to stąd, że u tych ryb głównym zmysłem jest powonienie, tak że przecięcie tylko obu nerwów węchowych powoduje ten sam skutek, co wycięcie półkul mózgowych.



Ryc. 102.
Mózg żaby.

Idąc wyżej w hierarchii zwierzęcej do płazów, do najbardziej używanego przedmiotu badania fizjologicznego t. j. do żaby, znajdujemy, że i tu wycięcie samych półkul mózgowych z pozostawieniem płatków wzrokowych (ryc. 102) nie wpływa wybitnie na jej

samodzielność w ruchach. Z początku robi wrażenie zwierzęcia pozbawionego wszelkiej samodzielności, nie wykonywa ruchów dowolnych, pozostaje godzinami całemi w pozycyi siedzącej, nie przyjmuje sama pożywienia. Utrzymuje jednak równowagę ciała, położona na grzbiet odwraca się szybko, umieszczona na pochyłej deszczulce, lub na wolno obracającym się walcu, wykonywa szereg ruchów umożliwiających jej utrzymanie się w pozycyi siedzącej. Na ucisk łapki odpowiada skokiem lub kilku skokami, przyczem omija przeszkody lub przeskakuje przez nie. Nie ulega wątpliwości, że posługuje się wrażeniami wzrokowemi. Rzucona do wody, pływa jak żaba prawidłowa, jednakże szybko z wody wychodzi i siada na brzegu. Objawy wycięcia półkul w dalszym ciągu coraz bardziej ustępują a po kilku tygodniach żaba operowana nie różni się już niczem od zdrowej, porusza się zupełnie samodzielnie, pływa doskonale, żywi się sama, chwytając owady lub glisty i także czyni wrażenie odważniejszej z powodu braku hamującego wpływu półkul mózgowych. Podobne są doświadczenia u gadów. Węże (zaskronce) lub jaszczurki, którym wycięto półkule, zachowują właściwą sobie zwinność i ruchliwość, jednak nie okazują znaków bojaźni i płochliwości, które są cechą zwierząt prawidłowych.

Zgodnie z wyższym rozwojem intelektualnym ptaków są i następstwa wycięcia półkul mózgowych wybitniejsze u nich, niż u zwierząt wyżej wymienionych. Doświadczenie tego rodzaju łatwo stosunkowo wykonać, np. u gołębia lub kury. Szczególnie w pierwszym czasie po operacyi zachowanie się zwierzęcia okazuje wybitne zmiany. Gołąb n. p. pozbawiony półkul mózgowych, pozostawiony sobie samemu siedzi skulony z głową nawpół ukrytą w piarach, z oczyma przymkniętymi, całemi godzinami bez ruchu (ryc. 103). Nie przyjmuje pożywienia i zginąłby z pewnością z głodu, gdybyśmy go sztucznie nie karmili. Ziarno lub wodę wprowadzoną do dzioba połyka zupełnie prawidłowo, sam jednak nie weźmie pożywienia, choćbyśmy go umieścili w misce grochu. Ustawiony na pręcie zachowuje równowagę, jeżeli n. p. pręt obracamy, ruchem skrzydeł i nóg w tem sobie pomagając; skoro tylko pręt będzie ustalony, natychmiast zapada gołąb znowu w stan śpiączki. Na podniety zewnętrzne n. p. ucisk łapki oddziaływa, usuwając łapkę lub trzepocąc skrzydłami. Zrywa się pod wpływem silnego huku n. p. strzału, rzucony w powietrze lata i omija nawet przeszkody. Stopniowo stan opisany się poprawia, zwierzę okazuje nieco już samo-

dzielności, po jakimś czasie samo bierze ziarno i wodę, jednakowoż długi czas jeszcze, najczęściej do końca życia okazuje wyraźną utratę wszelkich kojarzeń psychicznych, brak pamięci, niemożność nabycia jakiegokolwiek nowych ruchów.

Ogromną zdobyczą dla badań czynności mózgu było, kiedy po wielu daremnych usiłowaniach udało się wreszcie Goltzowi pomyślnie operować psa w ten sposób, t. j. wyciąć mu obie półkule mózgu i zachować go przy życiu przez półtora roku. Pies ten był cieleśnie zupełnie zdrow, a okazywał cały szereg zbroceń, które wskazywały



Ryc. 103.

Gołąb bez półkul mózgowych.

poprostu, że zwierzę zupełnie zidyociało. Nie był w stanie przyjmować ani pożywienia ani wody w sposób prawidłowy. Musiało mu się za każdym razem zanurzać pysk do naczynia z mięsem lub wodą i dopiero wtedy jadł i pił. W klatce leżał zazwyczaj bez ruchu, a tylko kiedy był głodny, okazywał niepokój. Gdy go zmuszono do biegania po pokoju omijał przeszkody, odbierał zatem wrażenia wzrokowe, oddziaływał także na podniety słuchowe. Nie był jednak w stanie zużytkować tych wrażeń dla wydania niejako

sądu o ich znaczeniu. Nie odróżniał bata od miski z jedzeniem, na każde dotknięcie warczał, nawet i wtedy, gdy pielęgnujący go od szeregu miesięcy służący przynosił mu pożywienie. Słowem wszystkie ruchy, jakie wykonywał, można było uważać za ruchy odruchowe albo instynktowne, nabycie zaś nowych zdolności było już raz na zawsze stracone.

Ciekawe doświadczenia na szczeniętach wykonał Danilewsky. Nakładał on na czaszki młodych szceniąt odpowiednie hełmy metalowe, które wstrzymywały rozrost czaszki a więc i mózgu i zauważył, że zwierzęta w następstwie tego były upośledzone pod względem psychicznym.

Małp — nawet niższych — nie udało się dotąd utrzymać dłuższy czas przy życiu po wycięciu obu półkul mózgowych. W nielicznych udanych doświadczeniach Karplusa i Kreidla małpy w ten sposób operowane żyły zaledwie kilka dni, w czasie których okazywały objawy ciężkiego schorzenia a brak było jakiejkolwiek reakcyi, z których możnaby wnosić o powstawaniu stanów psychicznych. Na podniety wzrokowe, nawet najsilniejsze, nie reagowały wcale ruchami kończyn, lecz ruchami oczu, zwężeniem źrenic. Podniety słuchowe wywoływały odruchowe nastawianie uszu, ruchy głowy, oczu i kończyn.

Szereg spostrzeżeń, których dostarcza nam ciągle patologia ludzka, potwierdza najzupełniej to zapatrywanie, że półkule mózgu są siedzibą władz umysłowych u człowieka, u którego niemal wszystkie przejawy życia są w wysokim stopniu zależne od wrażeń świadomych i ujawniają się w impulsach dowolnych. Nieznaczne nieraz zajęcie chorobowe półkul mózgowych, a szczególnie kory mózgowej prowadzi już nietylko do utraty świadomości, ale pociąga za sobą także uniemożliwienie wielu objawów ruchowych, które u zwierząt są wyrazem czynności odruchowych. Upośledzony rozwój półkul mózgowych jest przyczyną idiotyzmu, uniemożliwia rozwinięcie się należyte władz umysłowych, a schorzenie półkul mózgowych u człowieka już rozwiniętego, zależnie od stopnia zmiany chorobowej, zmniejsza lub niweczy władze psychiczne.

Lokalizacja czynności kory mózgowej.

Poznawszy, że kora mózgowa jest siedzibą czynności świadomych i przejawów psychicznych, zadać sobie musimy pytanie, czy pod tym względem wszystkie części kory mózgowej są równo-

znaczne, czy też istnieje pewne rozdzielenie funkcji w ten sposób, że oddzielne części kory mózgowej mają odrębne zadanie, spełniają odrębne czynności.

Kwestya ta posiada swoją nader zajmującą historję, która stanowi jeden z najważniejszych i najbardziej interesujących rozdziałów z dziejów fizjologii i dlatego nie od rzeczy będzie pokrótce się z nią zapoznać.

Nauka o lokalizacji czynności kory mózgowej datuje się od Galla (koniec XVIII i początek XIX w.) którego można nazwać twórcą jej, gdyby nie okoliczność, że jego twierdzenia nie były oparte na żadnych doświadczeniach lub prawdziwych spostrzeżeniach, lecz były wytworem bujnej jego wyobraźni. Spostrzeżenie, że jeden z jego kolegów szkolnych, który odznaczał się dobrą pamięcią, miał wypukłe oczy, naprowadziła go na myśl, że pamięć musi być usadowiona w płatach czołowych mózgu. Uważał mianowicie to wypuklenie oczu za następstwo silnego rozwoju płatów czołowych, które wypychają oczy z oczodołów. Wychodząc z tego spostrzeżenia, obserwował następnie różne zdolności i właściwości różnych ludzi i badał kształt ich czaszek a na podstawie swoich obserwacji utworzył naukę, którą nazwał frenologią, a która zyskała bardzo licznych zwolenników. Według tej nauki cały mózg składać się miał z ogromnej ilości narządów zupełnie odrębnych, w których umieszczone były zdolności czyli t. zw. potencie. I tak odróżniała frenologia w mózgu narządy pamięci słowa, pamięci rzeczy, nazw, narządy sztuki, dowcipu, przezorności, pychy, męstwa, przyjaźni, miłości, samoobrony i t. d. Większe rozwinięcie się pewnej zdolności u danego osobnika uważała ta nauka za następstwo znacniejszego rozwoju odpowiedniego narządu kory mózgowej. A ponieważ taki znaczniejszy rozrost miejscowy mózgu pociąga za sobą większe wypuklenie odpowiedniej części czaszki, przeto nie prostszego, jak przez badanie czaszki każdego osobnika oznaczyć jego charakter i zdolności.

Jako wytwór fantazyi skończyła frenologia szybko swoją rolę, a od czasu, kiedy z inicjatywy Akademii francuskiej Flourens w r. 1822 ogłosił swe badania nad systemem nerwowym, należy ją uważać za pogrzebaną.

W przeciwieństwie do nauki Galla poszedł Flourens tak daleko, że w ogóle nie przyjmował możliwości, aby czynności mózgu mogły być rozdzielone. Zdaniem jego mózg cały ma jednakową czynność, jest siedzibą zjawisk psychicznych razem jako jedna całość. Zniszczenie pewnych części mózgu pociąga za sobą, o ile jest znaczne, zmniejszenie ilościowe tej funkcji, upośledzenie jednakowe wszystkich funkcji psychicznych. Jeżeli zniszczenie obejmuje tylko nieznaczną część mózgu, to pozostała reszta tak sprawnie funkcje swoje spełniać może, że dany osobnik nie przedstawia żadnych zmian funkcjonalnych. To zdanie Flourensa, oparte było na przypadkach zranienia mózgu, w których zbiegiem okoliczności uległy zniszczeniu takie części mózgu, gdzie rzeczywiście nie są zlokalizowane jakieś pewne czynności. Ze względu na wielkie zasługi tego uczonego w badaniu układu nerwowego i z powodu reakcyi przeciw zdyskredytowanej nauce Galla, było zdanie Flourensa przez dziesiątki lat uważane niemal za pewnik w nauce o fizjologii mózgu. Nie pomogły spostrzeżenia Boillauda (1825), Daxa (1836), wykazujące dowodnie na podstawie badania mózgu, że zachodzi związek pomiędzy pewnymi zboczeniami w funkcji a znisz-

czeniem pewnych części mózgu. Dopiero znakomity anatom francuski Broca (1861) zdołał utworować drogę nauce o lokalizacji i przekonać, że fakta podane przez Bouillauda i Daxa są rzeczywiście słuszne.

Odtąd, a szczególnie od czasu Fritscha i Hitziga (1870), którzy odkryli pobudliwość kory mózgowej na podniety elektryczne, nauka o lokalizacji kory mózgowej zyskała coraz więcej podstaw na doświadczeniu i spostrzeżeniu klinicznym opartych i stała na takiej wyżynie, że stanowi jeden z najpiękniejszych i najważniejszych rozdziałów fizjologii.

Wiadomości nasze o lokalizacji kory mózgowej opierają się na następujących metodach doświadczalnych.

1. *Metoda ekstyrpacji* polega na tem, że usuwamy pewne ograniczone części kory mózgowej i obserwujemy następnie, jakie zmiany w funkcji okazuje zwierzę po operacji. Następuje mianowicie po wycięciu części kory mózgowej utrata funkcji w pewnej części ciała n. p. porażenie ruchów lub utrata czucia. Rozumujemy wtedy, że skoro po wycięciu danej części kory mózgowej ustąpiła czynność pewnego narządu, to właśnie tą czynnością zawiadywać musiała owa obecnie wycięta część kory mózgowej. Po takiej operacji występują jednak dwojakiego rodzaju objawy; jedne są rzeczywiście następstwem utraty danych części mózgu i te pozostają stale, o ile inne części układu nerwowego środkowego nie spełniają tej funkcji razem z ośrodkami kory mózgowej lub nie są w stanie tych ośrodków zastąpić. Inne zaś objawy są czasowe i ustępują w krótki czas po operacji. Są one bowiem następstwem współcierpienia sąsiednich części kory mózgowej, wywołanego przez zmiany krążenia, zmiany ciśnienia i t. d.

W nowszych czasach stosowano i inne sposoby wyłączenia pewnych obszarów kory mózgowej, mające tę zaletę, że to wyłączenie mogło być tylko czasowe. Tu należy stosowanie na korę mózgu rozczyну kokainy, lub miejscowe oziębienie kory (Trendelenburg). Kokainizowanie lub oziębianie kory znosi jej czynność na czas działania kokainy względnie trwania oziębienia a nie działa na sąsiednie jej części. Po usunięciu wpływu tych czynników funkcja kory znowu powraca.

2. *Metoda drażnienia* polega na tem, że drażni się różne okolice kory mózgowej i obserwuje się wywołane przez podniety ruchy. Metodę tę zastosowali pierwsi Fritsch i Hitzig na psach, rozszerzyli ją Ferrier i Horsley przez stosowanie jej u małp. Jako podniety używa się powszechnie prądu indukcyjnego, który stosuje się albo dwubiegunowo, albo też w postaci jednej elek-

trody punktowanej, gdy drugą szerszą przykładą się do obojętnego miejsca na powierzchni ciała. Rzecz oczywista, że tą metodą posługiwać się możemy tylko w celu wyszukania tych ośrodków kory mózgowej, które zawiadują ruchami. Wnioskowanie zaś z wyników badania tą metodą opiera się na tem, że, skoro drażnienie danej okolicy kory mózgowej powoduje ruchy n. p. tej lub owej kończyny, w miejscu tem znajdują się ośrodki, od których zwyczajnie wychodzi impuls do ruchu daną kończyną.

Ponieważ badanie czucia u zwierząt napotyka na znaczne trudności wobec braku takiego wskaźnika, jaki daje nam badanie czucia u człowieka, który może nam zdawać sprawę ze swoich podmiotowych wrażeń, przeto starano się stosować jeszcze różne inne metody, któreby mogły dać nam wyobrażenie o stanach wywołanych u zwierzęcia wskutek działania stosowanej przez nas podniety. Do takich sposobów należy:

3. Metoda badania prądów czynnościowych wprowadzona przez Becka; polega ona na spostrzeżeniu, że stanom czynnym ośrodków nerwowych towarzyszą, podobnie jak stanowi czynnemu nerwów obwodowych, zmiany elektryczne. Jeżeli więc połączymy z czułym galwanometrem dwa punkty kory mózgowej, to gdy jeden z nich wejdzie w stan czynny, galwanometr wykaże wystąpienie odpowiedniej zmiany elektrycznej. W ten sposób łącząc kolejno z galwanometrem różne okolice kory mózgowej i drażniąc różne nerwy dośrodkowe lub narządy zmysłowe (zapomocą odpowiednich podniet n. p. świetlnych, słuchowych), można przez obserwowanie wychyleń galwanometru oznaczyć, w których miejscach znajdują się odpowiednie ośrodki czuciowe.

Bardzo dobrą jest także metoda tresury podana przez Kalschera. Polega ta metoda na tem, że przez tresowanie doprowadza się zwierzę do tego, że przyjmuje pokarm przy równoczesnem działaniu jakiejś podniety zewnętrznej. Jeżeli np. przez czas jakiś przy podawaniu psu mięsa wywołuje się równocześnie jakieś wrażenie dźwiękowe (zagra się jakiś ton itp.), to po pewnym czasie tak się wytresuje, że podawanego mu mięsa nie będzie wcale chwycił, gdy równocześnie taka sama podnieta działać nie będzie, (gdy więc zwierzę nie usłyszy takiego samego tonu). Podobnie wytresować można zwierzę do pewnych wrażeń wzrokowych lub dotykowych. Jeżeli więc u tak wytresowanego psa wytniemy odpowiednie części kory mózgowej, to łatwo będzie przez obserwację się prze-

konać, czy po operacyi stracił zdolność odbierania danego rodzaju wrażeń. Metodę tę rozwinął Pawłow przez badanie tzw. odruchu warunkowego t. j. odruchu wydzielania śliny, o czem mowa jest w rozdziale o trawieniu.

4. Badanie anatomiczno-rozwojowe metodą Flechsig opiera się na tem, że włókna nerwowe białej substancyi mózgu otrzymują osłonkę rdzenną nie wszystkie równocześnie, lecz w różnych okresach życia płodowego i pierwszego czasu po urodzeniu. Rozwój tych włókien rdzennych odbywa się w pewnej stałej kolei w ten sposób, że włókna nerwowe należące do jednego i tego samego systemu stają się rdzennymi mniej więcej w tym samym czasie.

Wynik naszych doświadczeń na zwierzętach potwierdza i pomnaża natura, wykonywując niejako analogiczne doświadczenia na ludziach. Zdarza się mianowicie dość często, że wskutek zmian chorobowych w naczyniach krwionośnych mózgu, albo też pod wpływem innych procesów patologicznych ulegają zniszczeniu pewne części mózgu. Obserwujemy wtedy za życia, podobnie jak po ekstyrpacyi części mózgu u zwierząt, szereg objawów, z których część, podobnie jak tam, wywołaną jest przez ubytek substancyi mózgowej i te objawy pozostają stałymi. Porównując utratę funkcyi obserwowaną za życia z umiejscowieniem ogniska zniszczenia mózgu, znalezione przy sekcyi, możemy na tej podstawie wnioskować o czynności różnych części mózgu.

Analogię do doświadczeń wykonanych metodą drażnienia tworzą przypadki chorobowe, w których n. p. nowotwór, wychodzący z opon mózgu lub samej substancyi mózgu, wywiera ucisk mechaniczny na korę mózgową i drażni w ten sposób ośrodk w niej zawarte, a przez to powoduje kurecze ograniczone do jednej kończyny lub ogólne drgawki, rozpoczynające się od tej kończyny. O wynikach sztucznego drażnienia kory mózgowej człowieka przy sposobności operacyi na mózgu mowa będzie niżej.

Wszystkie opisane sposoby badania lokalizacyi nawzajem się uzupełniają, każda z nich przedstawia pewne niedomagania, nasuwa pewne wątpliwości, które usunąć można przez zastosowanie innych. Toteż na podstawie wyników tych badań rozważanych z ogromną ostrożnością i krytycyzmem nauka o lokalizacyi funkcyi kory mózgowej rozwinęła się znacznie, a nadto przysłużyła się ogromnie ludzkości dzięki temu, że poznanie umiejscowienia czynności róż-

nych części mózgu umożliwiają w licznych przypadkach cierpień tego ważnego narządu dokładne oznaczenie na podstawie objawów chorobowych, gdzie jest siedziba choroby, a w ten sposób i nieraz usunięcie jej drogą operacji. Już z tego praktycznego wskazania nauka o lokalizacji nabrała tak wielkiego znaczenia.

Wyniki doświadczeń na zwierzętach i spostrzeżeń na człowieku pouczyły nas, że korę mózgową podzielić można na dwa różne, pod względem czynności pola czyli sfery: 1. sferę ruchową czyli psychomotoryczną i 2. czuciową czyli psychosensoryczną. Czynność pierwszej polega na wysyłaniu świadomych podnieć ruchowych do mięśni, druga jest miejscem, gdzie powstają wrażenia świadome wywołane podrażnieniem zmysłów. Na ogół powiedzieć można, że pole ruchowe zawierające ośrodki psychomotoryczne zajmuje przednie części kory mózgowej, pola zaś psychosensoryczne zawierające ośrodki czucia usadowione są bardziej ku tyłowi.

Kora mózgową okrywająca półkule mózgu tworzy nieregularną powierzchnię utworzoną przez liczne zakręty (*gyri*), które oddzielone są od siebie rowkami (*sulci*). Kształt powierzchni półkul jest mniej więcej w każdym mózgu ludzkim jednaki. Zakręty te i rowki możemy sobie wyobrazić jako powstałe przez nader znaczne pofałdowanie kory, która właśnie dzięki temu pofałdowaniu ma wielką powierzchnię. Podobnie i obficie unaczyniona opona miękka, wnikając razem z korą w głąb rowków, ma powierzchnię znacznie powiększoną. Przebieg rowków i zakrętów na powierzchni wypukłej i miedzy półkul mózgowych przedstawiają ryc. 105 i 106 na str. 308 i 309.

Kora mózgową składa się w znacznej części z licznych włókien utworzonych przez neuroglie, tworzącą szkielet, w którego oczkach umieszczone są komórki nerwowe oraz ich niezmiernie liczne wypustki. Już przy słabym powiększeniu można poznać, że komórki nerwowe ułożone są w warstwy, które przebiegają równoległe do powierzchni kory, a w których układają się bądź luźniej, bądź gęściej (ryc. 104).

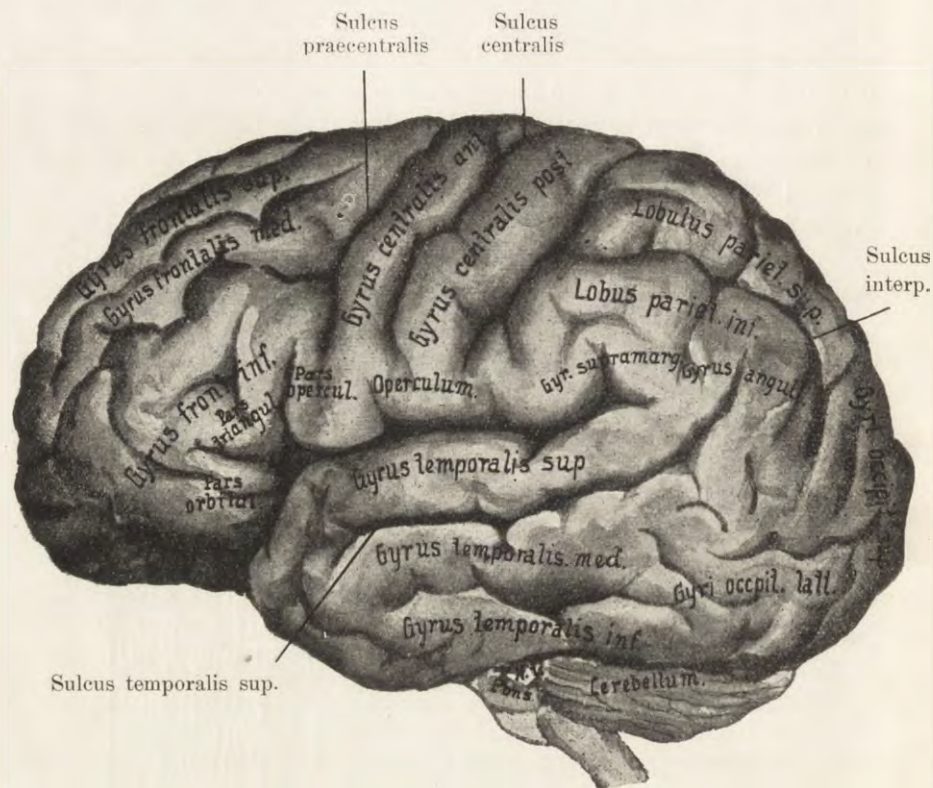
Badając uwarstwienie kory w rozmaitych



Ryc. 104.

Budowa kory mózgowej (schematycznie).

miejscach mózgu, zauważamy istotne między nimi różnice. Przedewszystkiem występują różnice w ilości warstw: kora mózgowa tylnego zakrętu środkowego (*gyrus centr. post.*) zawiera ośm warstw, kora tylnego płatu 9 warstw a w zakręcie hipokampa (*gyrus hippocampi*) warstwy przechodzą prawie bezładnie jedna w drugą. W przednim zakręcie centralnym (*gyr. centr. ant.*) brak t. zw. warstwy ziarnistej a natomiast występują duże komórki piramidowe, podczas gdy tylny zakręt środkowy nie posiada komórek piramidowych a zawiera war-



Ryc. 105

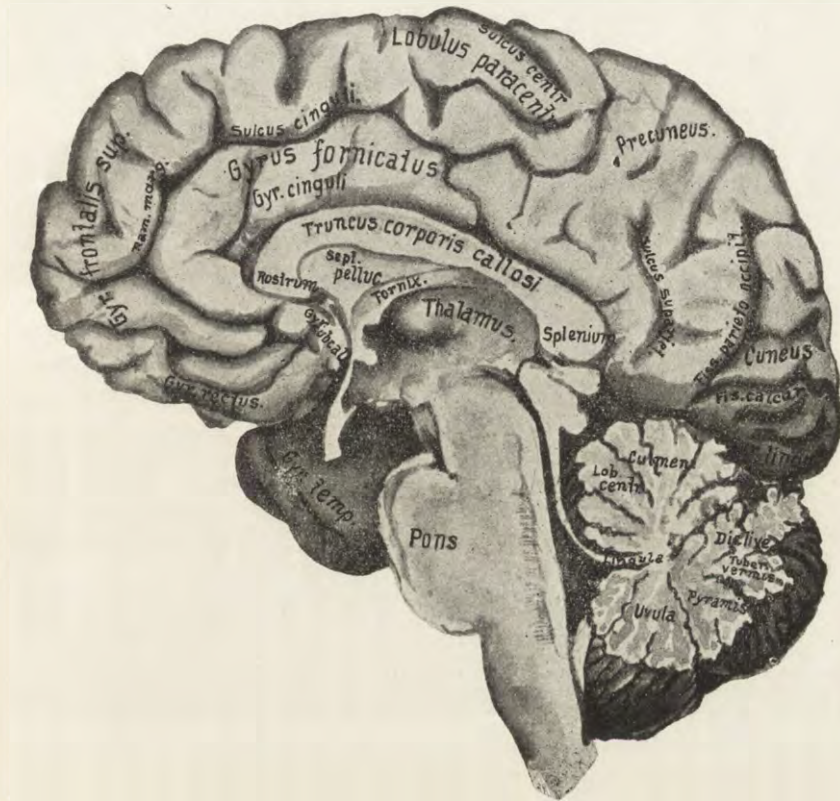
Rowki i zakręty półkuli mózgu ludzkiego; powierzchnia lateralna.

stwę ziarnistą. Zmienną także jest grubość pojedynczych warstw. I tak warstwa olbrzymich komórek piramidowych jest w płacie czołowym i ciemieniowym najgrubszą z wszystkich warstw kory. Postać i rodzaj komórek są różne: w zakręcie hipokampa przeważają komórki piramidowe, w przednim zwoju centralnym olbrzymie piramidowe, w płacie skroniowym (ośrodek słuchu) komórki wrzecionowate a w płacie potylicznym (ośrodek wzroku) komórki gwiazdiste.

W szarej substancji kory mózgowej przebieg włókien nerwowych, które łączą warstwy komórek między sobą, jest także różny.

Z tego wszystkiego wynika, że kora mózgowa już w swej budowie anatomicznej posiada warunki daleko idącego podziału pracy.

W skład białej substancji mózgu wchodzi: a) włókna nerwowe, które rozpoczynają się i kończą w korze mózgowej i to włókna spoidłowe (komisuralne), które, przechodząc przeważnie przez spoidło wielkie (*corpus callo-*



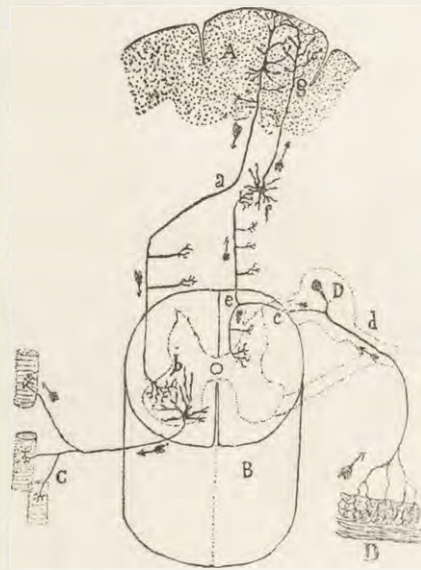
Ryc. 106.

Rowki i zakrety półkuli mózgu ludzkiego; powierzchnia modyalna.

sum), łączą symetryczne miejsca obu półkul mózgowych ze sobą, oraz włókna kojarzienne (asocjacyjne), które łączą różne miejsca tej samej półkuli. b) Włókna projekcyjne, wychodzące z kory dążą ku masom szarej substancji zwojów podkorowych, podstawowych i niższych części osi mózgodzeniowej, tworząc t. zw. koronę promienistą (*corona radiata*). Najkrótsze z tych włókien projekcyjnych łączą korę mózgową ze zwojami podstawowymi, szcze-

gólnie z wzgórkami wzrokowymi (*thalami optici*); są to po większej części włókna dośrodkowe (*corticopetales*).

Włókna odśrodkowe (*corticofugales*) są o wiele dłuższe i przebiegają aż do śródmoźgowia i do rdzenia pacierzowego. Te ostatnie przechodzą przez torebkę wewnętrzną (*capsula interna*) między wzgórkami wzrokowymi a jądrem soczewkowatym (*nucleus lenticularis*) ryc. 107. Poniżej jeszcze tworzą one *pes pedunculi*; jedne z nich kończą się w szarej substancji mostu Varola, inne biegną bezpośrednio do rdzenia pacierzowego, tworząc tam szlaki piramidowe i kończąc się w szarej substancji rdzenia. Włókna te są wypustkami osiowymi ol-



Ryc. 107.

Przebieg włókien odśrodkowych i dośrodkowych w mózgu i rdzeniu.

A — Kora mózgowa; B — Rdzeń pacierzowy; a — włókno nerwowe, wychodzące z komórki ruchowej kory mózgowej, kończące się w szarej substancji rdzenia b w otoczeniu komórki ruchowej, skąd wychodzi włókno nerwowe do mięśnia c. — Z powierzchni czuciowej D zdążają włókna szeregiem neuronów do kory mózgowej g.

brzymich komórek piramidowych okolicy psycho-motorycznej. Istnieją jeszcze inne włókna projekcyjne dośrodkowe (*corticopetales*), które przechodzą przez wiązkę Raila i których dendryty dochodzą do komórek korowych. Pod względem liczby włókien projekcyjnych zachodzą znaczne różnice pomiędzy różnymi polami kory mózgowej, a tym różnicom anatomicznym odpowiadają i zasadnicze różnice fizyologiczne. Pola kory mózgowej obfitujące w liczne włókna projekcyjne, tak dośrodkowe jak i odśrodkowe, nazywamy ośrodkami projek-

cyjnymi, te zaś, które są ubogie w ośrodki projekcyjne, lecz są połączone z innymi miejscami kory mózgowej przez liczne włókna asocjacyjne nazywane ośrodkami kojarzennymi (patrz str. 331).

Ośrodki psychomotoryczne. Wyniki metody drażnienia.

Najdokładniejszych danych, dotyczących się lokalizacji ruchowej kory mózgowej dostarczyła nam metoda drażnienia. Już doświadczenia Fritscha i Hitziga wykazały, że drażnienie tylnych okolic kory mózgowej nie daje żadnych ruchów. Jeżeli natomiast drażnimy przednią część kory mózgowej, to zjawiają się ruchy po przeciwnej stronie ciała. A jeżeli zastosowana podnieta nie jest zbyt silna, to ruchy występują w ściśle ograniczonych grupach mięśni. Spostrzeżenia te wymagały przedewszystkiem rozstrzygnięcia pytania, czy kora mózgowa jest rzeczywiście pobudliwą t. zn., czy zastosowana celem jej drażnienia podnieta w istocie drażni same ośrodki, czy też nie działa przez to, że wnika głębiej i pobudza pod korą znajdujące się włókna nerwowe w białej substancji mózgu (*centrum semiovale*). Liczne doświadczenia, wykonane w celu rozstrzygnięcia tego pytania dowiodły niezbicie, że kora mózgowa jest pobudliwą, że zatem wnioski wysnute z wyników drażnienia kory mózgowej o lokalizacji jej czynności są słuszne.

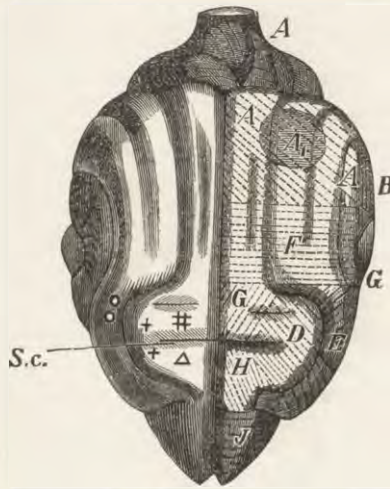
Jeżeli oznaczymy siłę prądu użytego do drażnienia kory mózgowej celem wywołania minimalnego ruchu odpowiedniej kończyny, a następnie nożem usuniemy samą korę mózgową w tem miejscu i spróbujemy drażnić obnażoną substancję białą, to do wywołania takiego samego ruchu będziemy musieli użyć silniejszego prądu. Już to samo przemawia za tem, że kora mózgowa sama stanowi punkt zaczepienia podniety. Drugi dowód mamy w trwaniu czasu utajonego podrażnienia. Jeżeli mianowicie oznaczymy czas, który upływa od chwili zadrażnienia aż do chwili zjawienia się ruchu, to przekonamy się, że przy drażnieniu kory mózgowej czas ten wynosi średnio 0.065 sek., przy drażnieniu zaś białej substancji 0.045 sek. Różnica więc wynosząca 0.02 sek. pochodzi niewątpliwie z opóźnienia, spowodowanego rozwijaniem się stanu czynnego w ośrodkach nerwowych.

Badania Fritscha i Hitziga, dokonane na psach (i niższych małpach) zostały znacznie rozszerzone przez doświadczenia wykonane zarówno na niższych ssakach, jak z drugiej strony na małpach wyższych (Sherrington, Grünbaum) a obecnie jesteśmy w posiadaniu bardzo obfitego materiału doświadczalnego na ludziach. Sławny chirurg angielski Horsley był pierwszy, który po otwarciu czaszki w celach leczniczych przez drażnienie różnych punktów okolicy psycho-motorycznej przekonał się o istnieniu wybitnej ana-

logii pod tym względem między korą mózgową człowieka a wyższych małp. A od tego czasu chirurdzy i neurologicy znajdują się często w tem położeniu, że mogą wyniki tych badań nie tylko potwierdzić, ale jak wspomniano, zużytkować je także do celów rozpoznawczych i leczniczych.

Wszystkie te badania doprowadziły nas do ogólnego wniosku, mającego niepoślednie znaczenie, że im bardziej rozwinięte jest zwierzę pod względem intelektualnym, tem większą jest różnorodność ruchów, które można otrzymać przez ściśle umiejscowione drażnienie kory mózgowej, tem ostrzejsza jest lokalizacja czynności kory mózgowej, to znaczy tem pewniej oddzielić się dadzą od siebie osobne punkta zawiadujące specjalnymi ruchami.

U psa okolica psychomotoryczna zajmuje zakręty kory mózgowej, które otaczają rowek krzy-



Ryc. 108.

Ośrodki psychomotoryczne psa.

Sc — Rowek krzyżowy (*sulcus cruciatus*); o — ośrodek mięśni twarzowych; ++ ośrodek kończyny przedniej; Δ ośrodek mięśni karku; # ośrodek kończyny tylnej.

żowy (*sulcus cruciatus*), a zatem zakręt esowaty przedni i tylny (*gyrus sigmoideus anterior* i *posterior*), jak również częściowo też i zakręt wieńcowy (*gyrus coronarius*) leżący poza esowatym tylnym. Bliższe rozmieszczenie ośrodków psychomotorycznych

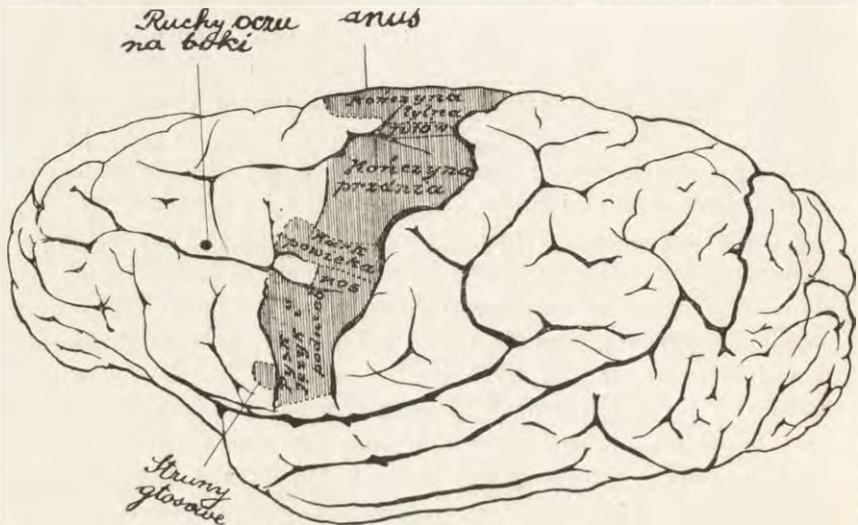
psa (zwierząt mięsożernych) podaje ryc. 108. Widzimy na niej, że ośrodek kończyny przedniej zajmuje boczną część zakrętu esowatego przedniego i tylnego, ośrodek tylnej kończyny znajduje się w części środkowej zakrętu esowatego tylnego; w przednim zakręcie esowatym powyżej ośrodka kończyny przedniej leżą ośrodki mięśni karku, ośrodki zaś mięśni twarzy mieszczą się w zakręcie wieńcowym. U niższych ssaków jak n. p. u królika ośrodki motoryczne ułożone są w osi długiej półkul mózgowych.

U małpy zajmuje okolica psychomotoryczna na powierzchni wypukłej półkuli zakręt środkowy przedni (*gyrus centralis anterior*), jako też przytykającą do niego część dwóch górnych zakrętów czołowych. Przechodzi nadto na stronę przysiódkową (medyalną), zajmując część zakrętu brzeżnego (*gyrus marginalis*). W tym samym obszarze, przedstawiającym całą okolicę psychomotoryczną, pojedyncze części zawiadują ruchami oddzielnych grup mięśni. Najniżej umieszczone są ośrodki mięśni twarzy, języka i krtani. Ośrodki te tworzą obszar dosyć znaczny. Powyżej znajduje się ośrodek mięśni karku, jeszcze wyżej ośrodek kończyny przedniej, dalej mięśni tułowia, a najbardziej ku górze umieszczony jest ośrodek kończyny tylnej, który obejmuje także i medyalną powierzchnię kory mózgowej, gdzie usadowione są ośrodki ruchowe stopy i palców. W zakresie każdego z wymienionych obszarów znajdują się jeszcze mniejsze pola lub punkty, których drażnienie powoduje ruchy drobniejszych jeszcze grup mięśni jak n. p. mięśni barku, łokcia, ręki, palców i to palców pojedynczych i t. d.

O położeniu i rozmieszczeniu okolicy psychomotorycznej u małp człekopodobnych pouczają nas badania Horsleya i Beevera oraz Sherringtona i Grünbauma na mózgu orangutana, goryla i szimpansa, które z tego względu są bardzo ważne, że wykazują wyraźny postęp w rozwoju kory mózgowej i rozdziału jej czynności już od małp niższych do wyższych (ryc. 109, str. 314). 56
Ogólny podział okolicy psychomotorycznej jest u tych zwierząt taki, jak u mniejszych małp; różnica polega tylko w ścisłości rozgraniczenia pól lokalizacyi. U małp niższych nie ma ostrych granic między sferami motorycznymi różnych grup mięśniowych, lecz sfery te przechodzą częściowo jedne na drugie, u małp zaś najwyższych pola zaopatrujące główne części ciała (kończyny, tułów i t. d.) są od siebie oddzielone powierzchniami niepobudliwymi. A nawet w zakresie każdego takiego większego pola, n. p. odpowiadającego

jednej kończynie, rozdział na drobniejsze pola dla poszczególnych części n. p. osobnych stawów, palców i t. d. jest tu o wiele ostrzejszy tak, że drażnienie ograniczające się do takiego małego pola, powoduje ruchy małej grupy mięśniowej, a nie obejmuje — jak u niższych małp — całość kończyny.

Z wymienionych już doświadczeń, wykonanych w celach rozpoznawczych u człowieka, poznano, że rozmieszczenie okolicy psychomotorycznej jest u człowieka w głównych zarysach podobne do układu tych ośrodków w korze mózgowej małp wyższych. Okolica psychomotoryczna zajmuje zatem zwój Rolanda przedni (*gyrus centralis anterior*) najbardziej ku tyłowi wysunięte partje zwojów czołowych i płatek przyśrodkowy (*lo-*



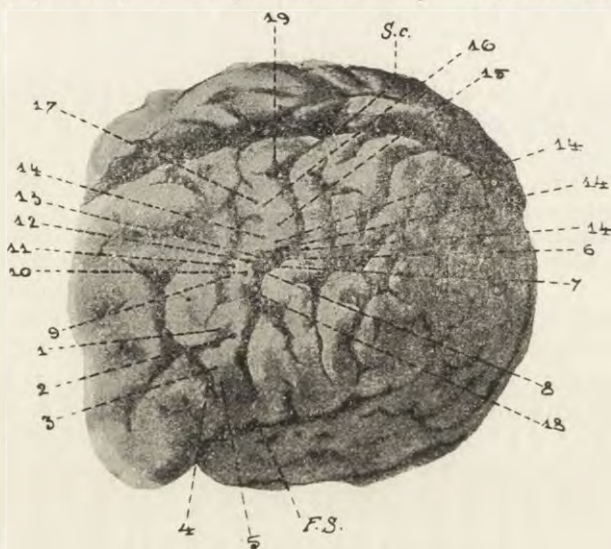
Ryc. 109.

Ośrodki psychomotoryczne goryla (podł. Sherringtona i Grünbauma).

bulus paracentralis) ryc. 110. W granicach tej sfery znajdują się ośrodki motoryczne dla ruchów oczu i głowy w zwojach czołowych, ośrodki zaś dla mięśni twarzy, karku, tułowia, kończyny górnej i kończyny dolnej, są rozmieszczone w analogiczny sposób jak u małp w zwoju środkowym przednim; płatek przyśrodkowy (*lobulus paracentralis*) na przyśrodkowej powierzchni kory mózgowej tworzy dalszy ciąg sfery psychomotorycznej kończyny dolnej.

Ruchy otrzymane przez drażnienie okolicy psychomotorycznej

kory mózgowej są pod wielu względami podobne do ruchów dowolnych. Są to właściwie kombinacje ruchów w postaci n. p. wyprostowania wraz z odwodzeniem (abdukcją) i skręceniem i t. p. Przychodzą one zatem do skutku przez czynność kilku grup mięśni zaopatrujących jeden lub więcej stawów, a tylko rzadko powstaje skurez jednej grupy mięśni, nigdy zaś skurez jednego mięśnia. Te kombinacje ruchów tworzą się bądź w korze samej, bądź też ośrodki kory dają podniecie do ich powstania niższym częściom układu ner-



Ryc. 110

Ośrodki psychomotoryczne kory mózgu ludzkiego (podł. F. Krausego).

F. S. — Fossa Silvii; *S. c.* — sulcus centralis; 1 — powieki; 2 — kącik ust; 3 — mięśnie wargi górnej; 4 — żwacz (*masseter*); 5 — mięsień skrzydłowaty zewnętrzny (*pterygoideus externus*); 6, 7, 8 — duży palec u ręki; 6 — prostowanie; 7 — zginanie; 8 — opozycya; 9 — mały palec; 10, 11 — palec wskazujący: 10 — zginanie, 11 — prostowanie; 12, 13 — cztery ostatnie palce: 12 — prostowanie, 13 — zginanie; 14 — ruchy w stawie nadgarstkowym; 15, 16 — staw łokciowy: 15 — zginanie, 16 — wyprostowanie; 17 — ramię (prostowanie i abdukcya); 18 — tułów; 19 — stopa (prostowanie i rotacja ku wewnątrz).

wowego środkowego. Same skureze mięśni są tężcami o liczbie oscylacji takiej samej jak w skurezach dowolnych. Charakter ruchów wywołanych przez drażnienie ośrodków psychomotorycznych wskazuje, że pod wpływem takiego drażnienia nie mogą się nigdy skurezyć grupy mięśni przeciwniczych (antagonistów). Owszem, prze-

konano się (Sherrington), że drażnienie każdego takiego ośrodka równocześnie gdy wprawia w ruch odpowiednią grupę mięśni, hamuje stan napięcia (*tonus*) ich antagonistów.

Jeżeli prąd użyty do drażnienia okolicy psychomotorycznej jest za silny lub pobudliwość kory podwyższona, to drażnienie wtedy powoduje rozszerzenie się podniecy na resztę kory mózgowej i wtedy ruchy nie ograniczają się tylko do odpowiedniej grupy mięśni, lecz obejmują coraz większą liczbę grup, w końcu wszystkie mięśnie ciała. Występują kloniczne lub toniczne drgawki ogólne, które nazywamy drgawkami epileptycznymi.

Pewnego rodzaju lokalizację ruchową poznano też i u ptaków. Drażniąc różne części kory mózgowej otrzymuje się oddzielne ruchy szczęki, języka, kończyn; rozmieszczenie jest podobne jak u królika. Ruchy odbywają się i tu przedewszystkiem w przeciwległej połowie ciała, a dopiero pod wpływem silniejszych podniecy występują i po stronie drażnienia.

W końcu zauważenia godnymi są doświadczenia Baglioniego, w których drażnienie kory mózgowej odbywa się zapomocą podniecy chemicznych. Jeżeli na okolicę psychomotoryczną kory mózgowej psa lub małpy położymy drobny płateczek bibuły napojonej roztworem strychniny, to po upływie kilku minut występują kloniczne ruchy mięśni ograniczone ściśle do kończyny lub części kończyny, której sferę psychomotoryczną drażnimy. Ruchy te ustają, gdy daną część kory wytniemy, co dowodzi oczywiście, że strychnina tu drażni same ośrodki nerwowe a nie przez wniknięcie głębokie po przez korę mózgową do warstwy włókien leżących w białej substancji.

Wyniki metody ekstyrpacji. Celem uzupełnienia wyników badania utrzymanych metodą drażnienia, a więcej jeszcze celem oznaczenia umiejscowienia czynności czuciowych w korze mózgowej, przedsięwzięli liczni badacze doświadczenia z wycinaniem części mózgu. Metodą ekstyrpacji można bowiem oznaczyć nie tylko lokalizację ruchową, ale i czuciową, jakkolwiek ma ona pewne niedogodności, które sprawiają, że co do dokładności lokalizacji, stoi ona poza metodą drażnienia. Wycięcie bowiem nawet ograniczonej części kory mózgowej narusza — przynajmniej na czas jakiś — także funkcję ośrodków położonych w okolicach sąsiadujących z miejscem operacji a to z powodu wywołanych operacją zmian w krążeniu, z powodu ucisku i t. d. Także drogi nerwowe, nie tylko przynależne do wyciętej części kory mózgowej, ale i przebiegające pod nią drogi kojarzenia łączące inne, odległe nieraz części kory mózgowej, mogą ulegz przerwaniu lub też przez ucisk stale lub czasowo być wyłączone z funkcji. Prócz tego po każdej takiej operacji występują

ogólne zaburzenia w krążeniu cieczy mózgo-rdzeniowej, które znów wpływa niejednakowo na funkcję różnych ośrodków kory mózgowej, a przez to zacięra obraz wywołany samą ekstyrpacją. Te wszystkie okoliczności powiększają i mnożą objawy utraty funkcji. Ponieważ jednak po pewnym czasie te towarzyszące zmiany ustępują, ustają też i owe dodatkowe objawy a pozostają tylko te, które rzeczywiście są następstwem wycięcia danej części kory mózgowej.

Ale i w osądzeniu przemijających objawów musimy być ostrożni, albowiem w układzie nerwowym centralnym istnieją urządzenia, które zdolne są przywrócić utracone funkcje, lub skompenzować je, co już widać z tego, że jedne i te same grupy mięśni można pobudzić przez drażnienie kilku okolic kory mózgowej.

Z takimi ostrożnościami przeprowadzone badania, w których wycinano części okolicy psychomotorycznej, stwierdziły przede wszystkim rezultaty osiągnięte metodą drażnienia co do rozmieszczenia i ścisłego umiejscowienia ośrodków psychomotorycznych, a zatem przekonały, że rzeczywiście z ośrodków tych wychodzą impulsy do ruchów do odpowiednich grup mięśniowych przeciwległej połowy ciała. Ale oprócz tego pozwoliły nam objawy występujące po takiej ekstyrpacji bliżej poznać, jakiego rodzaju są te ruchy, które od tych ośrodków zależą i jakiego rodzaju właśnie jest związek między najwyższymi ośrodkami a ruchami ciała.

Jeżeli się psu wytnie okolicę psychomotoryczną jednej półkuli, to bezpośrednio po obudzeniu się z narkozy okazuje zwierzę objawy porażenia połowicznego (*hemiplegia*) po stronie przeciwległej. Porażenie to jednak nie jest zupełne; jestto raczej niedowład, któremu towarzyszą zmiany czucia, o których później będzie mowa. Objawy te z początku bardzo wyraźne, coraz bardziej słabną, po kilku dniach prawie znikają a tylko przez dokładną i osobno do tego skierowaną obserwację udaje się nam odróżnić zwierzę tak operowane od prawidłowego. Chód, bieg, skakanie takiego zwierzęcia nie przedstawia nic nieprawidłowego, staje na tylnych łapach zupełnie dobrze, jeżeli umie „służyć“, to tylko w pierwszym czasie znać, że przednia łapa zwisa, ale i to po pewnym czasie się wyrównywa. Zupełnie jednak zmienia się obraz, gdy zmusimy zwierzę do wykonywania ruchów niezwykłych, do których potrzeba już pewnej precyzji. I tak gdy zwierzę, u którego operacja odbyła się n. p. po stronie prawej, chodzi po wąskiej desce, lub na brzegu stołu, łatwo kończyny lewe wysuwają się za brzeg i pies spada;

również nie jest w stanie schodzić po schodach, po drabince i t. d., co pies prawidłowy czyni z łatwością. Gdy dostanie kość do ogryzania, przytrzymuje ją kończyną zdrową, a gdy go zmusimy do użycia chorej, to ruchy jej są niezgrabne i nie prowadzą do celu. Ale i te wszystkie zaburzenia coraz bardziej się zmniejszają a w dwa lub trzy miesiące po operacyi znikają zupełnie.

Widzimy z tego, że ośrodki psychomotoryczne kory mózgowej zawiadują ruchami zamierzonymi, precyzyjnymi, podczas gdy ruchy ogólne, służące do lokomocyi, mają swoje ośrodki gdzie indziej, mianowicie w niższych częściach układu nerwowego. Nawet dowolne, zamierzone ruchy może zwierzę mimo braku tych ośrodków wykonywać; jednak regulacja dokładna tych ruchów jest znacznie upośledzoną.

Zaburzenia w ruchach wskutek wycięcia okolicy psychomotorycznej niższych małp lub pod wpływem miejscowego jej oziębienia metodą Trendelenburga są znaczniejsze, u nich bowiem zdolność wykonywania ruchów izolowanych i kontrolowania swych ruchów ogólnych jest więcej rozwinięta, a tem samem więcej zależną od kory mózgowej. Małpa taka po wycięciu okolicy psychomotorycznej odpowiadającej jednej kończynie, nie jest w stanie używać tej kończyny do chwytania pożywienia, do chwytania przedmiotu podanego, do szukania pasorzytów w sierści i t. d. Natomiast używa dobrze tej kończyny w ruchach wspólnych z innymi kończynami przy bieganiu, wspinaniu się i t. d. Ale i u tych zwierząt objawy porażenia po pewnym (dłuższym) czasie ustępują. Nieliczne doświadczenia na najwyższych małpach (na szympansie), którym wycięto wyłącznie tylko ośrodek psychomotoryczny, starając się nie naruszyć sfery czucia dotyku, przekonały również, że objawy porażenia wywołane operacyą także ustępują, jakkolwiek po dłuższym jeszcze czasie.

Natomiast są objawy utraty funkcyi u człowieka po chorobowem zniszczeniu ośrodków psychomotorycznych o wiele stałsze i trwalsze. I u człowieka jednak porażenie kończyny, której sfera psychomotoryczna uległa zniszczeniu, nie jest zupełne. Z początku wprawdzie utrata ruchów dowolnych jest całkowita, ale wnet poczynają wracać stopniowo grubsze ruchy w wyższych stawach, (w barkowym i łokciowym, względnie biodrowym i kolanowym) i wraca zdolność wykonywania t. zw. ruchów ogólnych (stanie, chodzenie). I te ruchy jednak nie odbywają się z taką dokładnością, jak u człowieka zdrowego, a pozostaje zupełna niemożność wyko-

nywania ruchów odosobnionych, dowolnych, szczególnie ręką i palcami. Pozostałe ruchy stają się coraz bardziej ograniczone i upośledzone przez to, że z czasem występuje stałe przykurczenie kończyn porażonych.

Ośrodki psychosensoryczne.

Już po wycięciu okolicy psychomotorycznej zauważamy obok zmian w ruchach wyraźne objawy, które wskazują, że równocześnie z funkcją ruchową ucierpieć musiało i uczucie. Pies, któremu wycięto zwój esowaty, stawia często podczas biegania lub stania łapę w sposób nieprawidłowy na podłogę, opierając ją jużto na medyal-



Ryc. 111.

Zniesienie czucia stawowego u psa po wycięciu okolicy psychomotorycznej. Jużto na bocznej powierzchni stopy, nawet i na grzbiecie, ryc. 111. Podobnie gdy nadamy kończynie nieprawidłowe ułożenie

n. p. oprzemy ją na grzbiecie stopy lub umieścimy ją tak, by zwi-
sała z brzegu stołu, pies tego ułożenia przez długi czas nie zmie-
nia, podczas gdy zdrowy pies nie pozwala na zmianę ustawienia
prawidłowego, a gdy przytrzymamy łapę w takim ustawieniu,
w tej chwili ją poprawi, skoro ją tylko puścimy. Kończyny prze-
ciwległe półkuli uszkodzonej wyslizgują się podczas biegania, a gdy
zwierzę ustawimy na desce lub na brzegu stołu, często pierwszy
krok, który robi, wychodzi za brzeg i zwierzę upada; choremi koń-
czynami potyka się o różne przedmioty i t. p. Wszystkie te objawy
obserwowane nie tylko u psa, ale także u zwierząt niższych (królika,
świnki morskiej) a o wiele wyraźniej jeszcze u małego, wskazują,
że zwierzę pozbawione okolicy psychomotorycznej, straciło w od-
powiedniej kończynie czucie mięśniowe, czucie położenia
i ruchu i dlatego nie orientuje się co do położenia swoich kończyn.

Obok zmian czucia mięśniowego występuje u zwierząt, któ-
rym wycięto okolicę psychomotoryczną, także i upośledzenie
czucia skórniego, i to zarówno czucia dotyku, tempera-
tury i czucia bólu. Z początku czucie skórne jest zupełnie znie-
sione: ucisk skóry wywołuje tylko odruch, zwierzę jednak nie
zwraca wcale głowy w stronę podniety, nie stara się od niej uwol-
nić. Pies prawidłowy, któremu zapomocą małych szczypczyków
chwycimy fałd skóry, zwraca się w tej chwili ku miejscu podniety,
kąsa, stara się pyskiem zdjąć szczypce. Pies, któremu wycięto oko-
licę psychomotoryczną, w takich samych warunkach zgina tylko
kończynę we wszystkich stawach, w razie silnego ucisku zgina
i drugą kończynę, wykonywa szereg ruchów, biega niespokojnie ale
nie okazuje niezem, jakoby czuł ucisk, a szczególnie jakoby go mógł
zlokalizować, t. j. miał świadomość tego, które miejsce skóry jest
drażnione. Podobnie i czucie bólu i zmysł temperatury (Beck i Bi-
keles) są wyraźnie upośledzone, a po rozległych ekstyrpacjach
zniesione.

Doświadczenia powyższe okazały, że ośrodki psychosen-
soryczne w korze mózgowej psa zajmują te same miej-
sca, co ośrodki psychomotoryczne, rozłożone więc są głów-
nie po obu stronach rowka krzyżowego (*sulcus cruciatus*) w za-
kręcie esowatym tylnym, częścią i przednim.

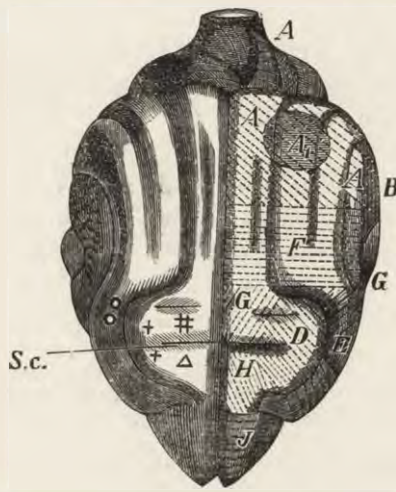
U małego i najprawdopodobniej też u człowieka są ośrodki
psychosensoryczne czucia dotyku, bólu i temperatury oddzielone
od ośrodków ruchowych; zajmują mianowicie bardziej tylny za-

kręć środkowy (*gyrus centralis posterior*), poza rowkiem Rolanda ryc. 113 i 114. Rozmieszczenie zaś tych ośrodków jest analogiczne do rozmieszczenia ośrodków psychomotorycznych t. j. ośrodki czuciowe głowy i twarzy leżą najbardziej ku dołowi (lateralnie), idąc dalej ku stronie przysiódkowej, znajdujemy kolejno ośrodki czuciowe kończyn górnych, tułowia, kończyn dolnych. Są też doświadczenia, które świadczą za tem, że te ośrodki sensoryczne przechodzą i na powierzchnię przysiódkową (medyjalną) na *lobus paracentralis* i na *gyrus fornicatus*.

Ośrodki wzroku. Wiemy, że im niżej stoi zwierzę ze względu na rozwój układu nerwowego, tem wyraźniej czynności przez nie wykonywane są spowodowane przez podniety czuciowe, które nie przechodzą przez korę mózgową, tem mniejszy jest udział kory w reakcyach zwierzęcia na takie podniety. Widzimy to szczególnie, badając zachowanie się różnych zwierząt pod wpływem podniet świetlnych. Ryba pozbawiona półkul mózgowych reaguje rozmaicie na różne barwy, żaba bez półkul mózgowych chwytła owady, nawet u gołębia w pewien czas po operacyi zauważyć można reakcyę na podniety świetlne. Pies tak operowany już okazuje wyraźne objawy ślepoty, choć i u niego zauważymy reakcyę odruchowe, jak mrużenie powiekami pod wpływem rażącego światła. U niższych zwierząt podniety świetlne dochodzą do ośrodków wzrokowych pierwszego rzędu (*lobi optici*), które odgrywają rolę ośrodków odruchowych przystosowanych do podniet świetlnych. U zwierząt wyższych droga przez korę mózgową z ich rozwojem staje się coraz bardziej używaną, znaczenie jej się zwiększa, a czynności odruchowe wykonywane przez ośrodki niższe przechodzą na plan drugi. Co więcej, odpowiednie pole wzrokowe dzieli się na części, które odpowiadają różnym częściom siatkówki.

Zarówno badania anatomiczne i doświadczone, jak i kliniczne spostrzeżenia wskazują, że ośrodek wzroku znajduje się w płacie potylicznym. Co do bliższego umiejscowienia tego ośrodka zdania się jeszcze rozbiegają. Na podstawie wyników doświadczeń na psach, którym Munk wycinał cały płat potyliczny lub jego części, uważał on powierzchnię wypukłą płatu potylicznego za ośrodek wzrokowy, przytem skonstatował zgodnie z wynikami badania anatomicznego, że płat potyliczny jednej półkuli otrzymuje wrażenia wzrokowe z obydwóch siatkówek. Mianowicie płat potyliczny prawy łączy się z włóknami nerwu wzrokowego, pochodzą-

cemi od prawej (skroniowej) strony siatkówki prawego oka i od prawej (nosowej) strony siatkówki lewego oka. Płat zaś potyliczny lewej półkuli w analogiczny sposób otrzymuje włókna nerwowe z lewych połów obydwóch siatkówek. Wyjątek stanowi część siatkówki zwana plamką żółtą, t. j. ta część, która służy do dokładnego centralnego widzenia, a która połączona jest równomiernie z obydwoma półkulami mózgu.

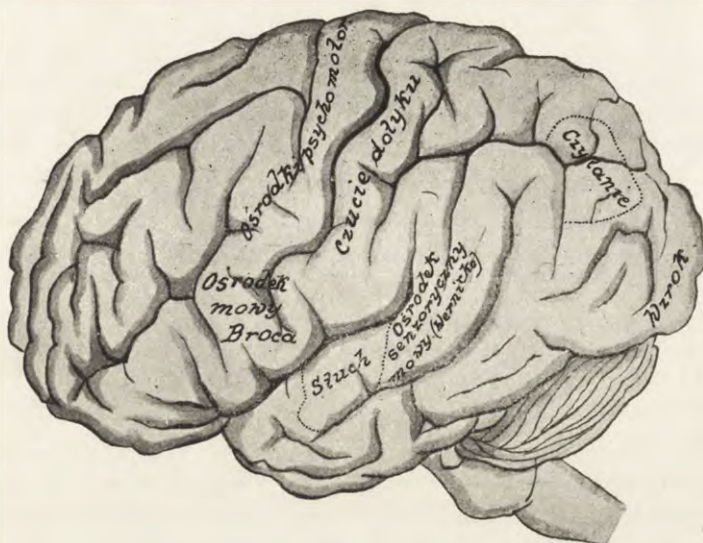


Ryc. 112.

Mózg psa.

A A — Ośrodek wzroku wedł. Munka.

Łatwo zrozumieć, jakie będą objawy wycięcia lub zniszczenia jednego płatu potylicznego. Przypuśćmy, że zniszczeniu uległ płat potyliczny prawej półkuli. Następstwem tego będzie, że podrażnienie prawych połów obydwóch siatkówek nie wywoła wrażenia wzrokowego, czyli zwierzę nie będzie widziało temi częściami siatkówki. Że zaś stosunki załamania światła w oku są tego rodzaju, że prawą stroną siatkówek widzi zwierzę to, co się dzieje po lewej jego stronie, przeto zwierzę w ten sposób operowane będzie widziało tylko to, co się znajduje po jego stronie prawej, jego „pole widzenia“ będzie mniej więcej o połowę mniejsze kształtu półkole o średnicy pionowej; lewa zaś strona pola widzenia będzie zniesiona. Stan taki nazywamy hemianopsją względnie hemiamblyopią.



Ryc. 113.

Pola psychomotoryczne i psychosensoryczne na korze mózgu ludzkiego (półkula lewa).



Ryc. 114.

Pola psychomotoryczne i psychosensoryczne na korze mózgu ludzkiego, strona medialna (półkula prawa).

Takie połowicze skrzyżowanie nerwów wzrokowych znajduje się u wszystkich zwierząt, które mają oczy osadzone w ten sposób w głowie, że mogą patrzeć obu oczami na jeden przedmiot, czyli są wyposażone w tak zwane widzenie bryłowate, stereoskopowe. U zwierząt zaś, których oczy osadzone są z boku głowy, u których zatem na obu siatkówkach nie mogą powstawać równocześnie obrazy z tych samych przedmiotów (t. zw. widzenie panoramowe), nerwy wzrokowe ulegają całkowitemu skrzyżowaniu.

Najnowsze doświadczenia Minkowskiego (1911) bardzo dokładnie przeprowadzone przemawiają za tem, że umiejscowienie ośrodków wzrokowych w płacie potylicznym psa jest inne, niż sądził Munk. Jako część, której zniszczenie powoduje stałą ślepotę, należy na podstawie tych doświadczeń uważać powierzchnię przyśrodkową (medyalną) i część dolnej (do mózdzka zwróconej) powierzchni płatu potylicznego. Każdy ośrodek połączony jest ze znaczną ($\frac{3}{4}$) częścią siatkówki przeciwległej, reszta siatkówki stoi w związku przeważnie z korą tej samej strony.

Kliniczne spostrzeżenia dowiodły po nad wszelką wątpliwość, że i u człowieka ośrodek wzroku znajduje się w płacie potylicznym, a mianowicie zajmuje małą tylną część na wypukłej powierzchni tego płatu oraz tę część kory na powierzchni medyalnej, która tworzy zakręt zwany klinem (*cuneus*), może także korę mózgową wypełniającą szczelinę ostrogową (*fissura calcarina*) i *gyr. lingualis* ryc. 113 i 114, str. 323. Kora mózgową sfery wzrokowej okazuje pewne cechy charakterystyczne w budowie swej, któremi różni się od innych partyi kory mózgowej. Z powodu takiego samego połączenia siatkówki każdego oka z obu ośrodkami wzrokowymi, jakie według powyższego opisu istnieje u psa, małpy i t. d., występuje po zniszczeniu sfery wzrokowej jednej półkuli ślepotą połowicza (*hemianopsia*) przeciwległej połowy pola widzenia. Człowiek dotknięty tego rodzaju upośledzeniem lub utratą wzroku często nie zdaje sobie wcale z tego sprawy, że jest ślepy, nie zauważa, że nie widzi tego, co znajduje się po jednej stronie jego pola widzenia. Jestto rzecz zrozumiała. Człowiek, który stracił wzrok wskutek zmian chorobowych oka, czuje brak podniet, które przedtem dochodziły do ośrodka wzrokowego w korze mózgowej i tam wywoływały wrażenia świadome, czuje, że teraz takie wrażenia nie powstają, wie więc o tem sam, że jest ślepy. Inaczej człowiek, który stracił sam ośrodek wzrokowy. Straciwszy narząd, w którym powstawały stany świadome, podnietami wzroko-

wemi wywołane, nie może też zauważyć braku takich stanów, nie dostaje mu poprostu tego narządu, którym by ten brak mógł poznać.

Zresztą ślepotą wywołaną zniszczeniem ośrodka wzrokowego różna jest zupełnie od ślepoty spowodowanej chorobą oka lub nerwu wzrokowego. Zniszczenie ośrodków wzrokowych nie sprowadza absolutnej ślepoty. Człowiek taki właściwie widzi, ale nie jest w stanie poznać tego, co widzi. Stan taki szczególnie powstaje wtedy, gdy zniszczeniu ulegnie nie sam ośrodek wzrokowy, lecz włókna nerwowe, łączące go z innymi częściami kory mózgowej, w których mieszczą się inne ośrodki sensoryczne, ośrodki, które umożliwiają zużytkowanie otrzymanych wrażeń. Wrażenia, które odbieramy zapomocą zmysłów, nie są nigdy tak proste, jak się na pierwszy rzut oka wydaje. Weźmy n. p. tak prostą podniętę, jaką jest iskra, która znajdzie się w naszym polu widzenia. Otrzymamy w tym razie nie tylko wrażenie wywołane samym punktem świecącym, ale rozróżnimy też jego barwę, ocenimy jego odległość od oka, położenie jego w przestrzeni i t. p. Oczywiście ta różnorodność składowych części, z której składa się powstałe tu wyobrażenie, każe nam przyjąć współdziałanie kilku ośrodków. Jeszcze bardziej widocznym to się staje, gdy oceniamy wrażenie wzrokowe wywołane przez przedmiot jakiś, którego wyobrażenie powstaje z większego szeregu wrażeń nie tylko wzrokowych ale i innych. Wyobrażenie pomarańczy składa się nie tylko z wrażeń wzrokowych, i to różnorodnych, (kształt, wielkość, barwa, bryłowatość), ale i dotykowych, węchowych i smakowych, z których każde też jeszcze jest złożone. Na podstawie pewnych spostrzeżeń i badań możemy przyjąć, że różne ośrodki sensoryczne, w których wrażenia te powstają, są ze sobą połączone, że wyobrażenie nasze tworzy się na podstawie kojarzenia ze sobą tych wrażeń; przeto drogi nerwowe łączące te ośrodki ze sobą a przebiegające bądź w samej korze mózgowej, bądź też pod nią w białej substancji, nazywamy drogami kojarzennymi (asocjacyjnymi p. str. 331 i nast). Jeżeli zatem ośrodek jakiś n. p. wzrokowy pozostanie nienaruszony, a zniszczeniu ulegną drogi kojarzenne, łączące ten ośrodek z innymi częściami kory mózgowej, to powstaje stan, który nazywamy ślepotą duchową. Człowiek taki otrzymuje wrażenia wzrokowe, nie jest jednak w stanie wrażeń tych zużytkować. Nie jest on ślepy w znaczeniu zwyczajnym, bo widzi, ale jest ślepy duchowo, bo nie rozumie tego, co widzi. Jeżeli na-

rysujemy mu dwie linie na papierze, zobaczy je, ale nie odróżni, czy są proste, czy krzywe, czy czarne czy kolorowe, cienkie czy grube, nie pozna ich wogóle jako linii. Może chodzić po ulicy, omijać przeszkody, ale nie pozna znajomych, nie rozezna twarzy najbliższych członków swojej rodziny. Liczne tego rodzaju spostrzeżenia zanotowała obserwacya kliniczna.

Ośrodek wzroku jest w ścisłym połączeniu z ośrodkami motorycznymi, które zawiadują ruchami oka. Drażnienie płatu potylicznego wywołuje sprzężony ruch obu oczu ku stronie półkuli drażnionej, skrócenie głowy w tę samą stronę, a zależnie od miejsca drażnionego zwrócenie obu oczu ku górze lub ku dołowi. Efekt ten otrzymujemy przez drażnienie ośrodka wzroku nawet i po wycięciu ośrodków psychomotorycznych oka, które znajdują się w płacie czołowym. Wskazuje to, że ośrodek wzrokowy wywiera wpływ na ruchy oczu do pewnego stopnia samoistnie, a to za pośrednictwem ośrodków ruchowych, zawartych w zwojach podkorowych. W końcu można przez drażnienie płatu potylicznego wywołać także ruchy źrenicy (najczęściej rozszerzenie).

Ośrodek słuchu. Ośrodek słuchu znajduje się według zgodnych zapatrywań przeważnej części fizyologów i neuropatologów w płacie skroniowym.

Pierwsze doświadczenia na psach wykazały, że wycięcie obu płatów skroniowych pociąga za sobą zupełną głuchotę, a wycięcie tego płatu w jednej półkuli głuchotę po stronie przeciwległej. Drażnienie płatu skroniowego wywołuje ruchy małżowiny usznej, zapewne jako wynik powstałych wrażeń słuchowych. Nie brak jednak doświadczeń, w których mimo wycięcia płatów skroniowych psy oddziaływały na podniety słuchowe, a nawet tresowane poprzednio psy wykonywały wydawane im rozkazy tak, jak przed operacyą z tą tylko różnicą, że podnieta potrzebna do wywołania reakcyi musiała obecnie być silniejszą. Podobny rezultat dały analogiczne doświadczenia wykonane na małpach. Z tego wynikałoby, że ośrodek słuchu znajduje się nie tylko w płacie skroniowym, lecz także i w innej nieznaney dotąd części kory mózgowej, choć drogi nerwowe prowadzące z nerwu słuchowego są w tym płacie najbardziej skoncentrowane.

Spostrzeżenia kliniczne stwierdzone sekyą nie pozostawiają żadnej wątpliwości, że ośrodek słuchu znajduje się u człowieka właśnie w płacie skroniowym (ryc. 113). Z badań anatomicz-

nych już wiadomo, że włókna nerwu słuchowego, wychodzące z komórek zwoju ślimaka, wchodzą do tylnego ciała czworaczego, które łączy się z ciałkiem kolankowatym (*corpus geniculatum*), to zaś z korą płatu skroniowego, a mianowicie obydwóch zakrętów poprzecznych, leżących w głębi rowka Sylwiusza. We wszystkich dotąd klinicznie znanych przypadkach zupełnej głuchoty, spowodowanej obustronnem uszkodzeniem kory mózgowej, sekcya wykazała, że oba te zakręty poprzeczne płatu skroniowego były po obydwu stronach zniszczone, a także przypadki głuchoty jednostronnej były wywołane zniszczeniem tych zakrętów lub ich dróg nerwowych po jednej stronie. Podobnie jak ślepotą wywołana zniszczeniem dróg kojarzennych, tak i głuchota, która w ten sam sposób powstaje, nie jest zupełna; jestto głuchota duchowa. Objawia się ona w ten sposób, że osobnik sam słyszy wprawdzie, ale nie rozoznaje tego, co słyszy: nie odróżnia głosu ludzkiego od turkotu wozu, dźwięku dzwonka i t. d.

Ośrodki smaku i powonienia. Zmysły smaku i powonienia są ze sobą w ścisłym związku, ich sfera w korze mózgowej jest też, częściowo przynajmniej, wspólną. Bliższe umiejscowienie ośrodków dla tych dwóch gatunków wrażeń opiera się głównie na badaniach anatomicznych z powodu znacznych trudności, na jakie napotyka tu badanie doświadczalne i nie wielkiej liczby obserwacyi klinicznych, któreby mogły nam dać jakieś pod tym względem wskazówki.

Zmysł powonienia jest u wielkiej liczby gatunków zwierząt bardzo silnie rozwinięty, u nich też i ta część mózgu, do której wchodzą włókna nerwu węchowego t. j. płat węchowy (*lobus olfactorius*) jest bardziej wykształconą. U człowieka zmysł ten nieznacznie jest wykształcony (ryc. 114).

Na podstawie badań anatomicznych należy przyjąć, że u człowieka ośrodek powonienia zajmuje tylny brzeg podstawy płatu czołowego i podstawową część zakrętu sklepiennego (*gyrus fornicatus*) nadto hak (*uncus*) i sąsiednią część płatu skroniowego.

Ośrodek smaku znajduje się prawdopodobnie w korze zakrętu hipokampa i klina, częściowo pokrywając się z sferą powonienia (ryc. 114).

Ośrodek mowy. Na szczegółowe rozpatrzenie zasługuje udział, który kora mózgowa bierze w czynności mowy ludzkiej. Albowiem badanie funkcyi mowy, a szczególnie jej zaburzeń wywoła-

nych stanami chorobowymi mózgu, pozwalają nam nieco dokładniej wejrzeć w mechanizm tego najwyższego narządu ciała ludzkiego.

Z natury rzeczy opierać się tu musimy w badaniach tylko na spostrzeżeniach klinicznych, w których zniszczenie pewnych części mózgu, poznane dokładnie przy sekcji, spowodowało za życia również dokładnie obserwowane zaburzenia mowy. Doświadczenia na zwierzętach są oczywiście niemożliwe. Wprawdzie próbowano u papug, przez wycięcie pewnych części półkul mózgowych zbadać siedzibę ośrodków mowy, której zresztą nie można u nich uważać za analogon mowy ludzkiej, jednakże doświadczenia takie nie dały dotąd wyników dodatnich.

Pierwotnie wyobrażano sobie na podstawie wspomnianych już opisów Broca, że istnieje jeden ogólny ośrodek mowy w trzecim zwoju czołowym półkuli lewej (ryc. 113). Studyowanie jednak licznych obrazów klinicznych zaburzeń mowy i dokładne porównywanie tych zaburzeń z wynikami badania sekcyjnego wykazały, że ten t. zw. zwój Broca jest siedzibą tylko jednego szczególnego ośrodka t. j. ośrodka ruchowego mowy, a mowa ludzka jako całość jest wpływem czynności kilku ośrodków wspólnie działających. Przedewszystkiem stwierdzono jako fakt niewątpliwy, że ośrodki mowy znajdują się tylko w jednej półkuli i to niemal u wszystkich ludzi w półkuli lewej. Jest w ogóle rzeczą stwierdzoną, że półkula lewa pod względem ośrodków psychomotorycznych jest lepiej wykształcona niż prawa, co jest w związku z praworęcznością. Że zaś artykulacja mowy należy do najbardziej precyzyjnych ruchów, jakie człowiek wykonywa, nie dziw, że w połączeniu z psychomotorycznymi ośrodkami i ośrodek mowy znajduje się w półkuli lewej. Na 100 przypadków afazji czyli utraty mowy (w skutek krwotoku mózgowego) w 97 przypadkach ognisko chorobowe umieszczone było w lewej półkuli. 3% badanych, u których ognisko znajdowało się w półkuli prawej, byli to małkuci, u których zatem i ośrodki psychomotoryczne prawej półkuli były bardziej wykształcone. Niewątpliwie posiada człowiek zarówno w jednej jak i drugiej półkuli ośrodki zdolne do wykształcenia się jako ośrodki mowy, od pierwszej młodości jednak kształci się przeważnie jeden t. j. lewy i ten biorąc coraz bardziej górę nad drugim, ostatecznie sam jeden spełnia właściwą tym ośrodkom funkcję. Znany jest taki przypadek, w którym dziecko wskutek krwotoku w lewej półkuli,

utraciwszy mowę i nauczywszy się ponownie mówić (prawą półkulą), doznało nowego krwotoku w półkuli prawej i odtąd utraciło zdolność mówienia na zawsze (Exner).

Ułatwimy sobie zrozumienie czynności ośrodków mowy, jeżeli się zastanowimy, w jaki sposób dziecko uczy się mówić. Z początku uczy się ono tylko rozumieć mowę swego otoczenia a dopiero stopniowo zaczyna także samo mówić. Przeważnie dziecko już w drugiej połowie I roku życia rozumie niektóre słowa, gdyż zwraca głowę lub wyciąga ręce w kierunku przedmiotów, których nazwę się wymawia. Przez stałe łączenie wrażeń (wzrokowych, dotykowych i t. p.), otrzymanych z danego przedmiotu, z dźwiękiem stale powtarzanym nazwy tego przedmiotu, powstaje wyobrażenie słowa. Słyszane słowa stara się samo powtarzać, a jakkolwiek doskonale włada mięśniami, które w artykulacji mowy są czynne, bo używa ich dobrze do innych czynności (do ssania, wydawania krzyku, do płaczu, uśmiechu i t. d.), użycie tych mięśni do wypowiedzenia słów idzie z trudnością i bardzo powoli, tylko przez długie ćwiczenie, staje się coraz lepsze.

Poznanie to prowadzi nas już a priori do wniosku, że w kory mózgowej muszą znajdować się przynajmniej dwa ośrodki mowy: 1) ośrodek sensoryczny, w którym powstaje wyobrażenie słowa słyszanego, i 2) ośrodek motoryczny, z którego ostatecznie wychodzi podnieta do ośrodków podkorowych, zaopatrujących narządza mowy.

Ośrodek sensoryczny mowy znajduje się w tylnej połowie I zwoju lewego płatu skroniowego (ryc. 113). Człowiek, u którego ta część kory mózgowej ulegnie zniszczeniu, n. p. wskutek krwotoku lub zranienia, traci zdolność rozumienia słów słyszanych, powstaje t. zw. głuchota słowa czyli afazyja sensoryczna względnie słuchowa. Jestto zatem specjalna forma głuchoty duchowej. Chory dotknięty taką afazyją sensoryczną słyszy dobrze, poznaje dźwięk dzwonka, różne szmery, śpiew, słyszy także i odróżnia głos ludzki od innych dźwięków, ale nie rozumie zupełnie znaczenia słyszanych słów.

Ośrodek motoryczny mowy ma swą siedzibę w zakręcie Broca, t. j. w podstawie trzeciego zakrętu lewego płatu czołowego (ryc. 113). Zniszczenie wyłącznie tylko tego ośrodka pociąga za sobą powstanie t. zw. afazyji ruchowej, niemożność mówienia, podczas gdy zdolność słyszenia i rozu-

mienia słyszanych słów pozostaje nienaruszoną. Mięśnie służące do artykulacji mowy nie są porażone, gdyż chory taki może nimi się posługiwać do wykonywania innych funkcji n. p. mimiki, żucia, połykania, nawet może dmuchać, gwizdać, śpiewać. Nie może tylko wykonywać tych skomplikowanych ruchów, któreby się złożyły w regularne dźwięki artykułowane słów. Powstaje u niego wyobrażenie mowy, sam jednak wyobrażenia udzielić nie może otoczeniu, nie może sam mówić ani powtarzać słyszanych i dobrze rozumianych słów, słowem jestto znowu szczególna forma duchowego porażenia narzędzi mowy.

Ośrodek sensoryczny i ośrodek motoryczny mowy są ze sobą związane włóknami nerwowymi, utrzymującymi ścisły związek między nimi. Włókna te przechodzą wzdłuż t. zw. wyspy (*insula*) od tyłu ku przodowi, być może nie tylko w białej substancji tej okolicy, lecz także w korze samej. Jeżeli to połączenie ulegnie przez sprawę chorobową przerwie, powstaje t. zw. para-fazyja. Chory taki zarówno przy dowolnem mówieniu, jak i powtarzaniu słyszanych słów mówi co innego, niż chce. Słyszając zaś sam własne słowa, wie o tem i okazuje, że źle mówi, nie może jednak połączyć zgodnie wyobrażenia sensorycznego danego słowa z potrzebnem do wypowiedzenia go wyobrażeniem motorycznem.

Zmiany chorobowe mowy po zniszczeniach kory mózgowej bywają często o wiele bardziej skomplikowane niż tu przedstawiono, co nas zmusza do przyjęcia, że oprócz wymienionych dwóch ośrodków mowy znajdują się w korze mózgowej (lewej półkuli) jeszcze inne ośrodki z tamtymi w ścisłym związku pozostające.

Ośrodki mowy są w związku nie tylko z drogami i ośrodkami słuchowymi ale także i z wzrokowymi i dotykowymi. Wyobrażenie słowa powstaje bowiem nie tylko pod wpływem słuchu, ale także pod wpływem wrażeń wzrokowych, szczególnie wyobrażenie słowa czytanego. Analogicznie do ośrodka słuchowego mowy istnieje taki ośrodek wzrokowy, którego zniszczenie sprawia, że chory nie może nazwać widzianych przedmiotów, a może to uczynić, gdy ktoś słowo dane wypowie lub gdy ten przedmiot pozna przez dotyk. Zniszczenie tego ośrodka, albo przerwanie dróg łączących ten ośrodek z innymi ośrodkami mowy, pociągnie też najczęściej ze sobą niemożność czytania (*alexia*). (Ośrodek czytania ryc. 113). Obrazy wzrokowe liter nie wywołują wtedy przez kojarzenie odpowiednich obrazów pamięciowych tych słów, które one składają. Może się to tyczyć nie tylko liter ale n. p. także cyfr lub nut muzycznych.

Wreszcie jako analogiczny do motorycznego ośrodka mowy znany ośrodek motoryczny pisania, którego zniszczenie powoduje utratę zdolności pisania (*agraphia*). Ośrodek ten leży obok ośrodka psychomotorycznego kończyny górnej.

Tak więc mowa ludzka jest produktem czynności kilku ośrodków, a niektórzy badacze przyjmują, że nad tymi wyliczonymi ośrodkami panuje jeszcze osobny ośrodek, w którym zbierają się wrażenia ze wszystkich ośrodków sensorycznych i łączą się w jedno wyobrażenie słowa i z którym też połączone są ośrodki motoryczne (artykulacy i pisanie).

Rzecz oczywista, że wyobrażenie słów abstrakcyjnych oraz powstawanie i wymawianie w związku kompletu słów układających się w zdania, okresy i t. d. wymaga daleko bardziej skomplikowanych procesów, których badanie przekracza ramy tego działu fizjologii.

Dlatego właśnie ośrodek mowy wykształca się tylko w jednej półkuli, podczas gdy inne czynności kory mózgowej są rozdzielone na obie, tłumaczymy sobie w ten sposób: mięśnie, które biorą udział w artykulacji mowy, t. j. mięśnie warg, języka, podniebienia, krtani i t. d. działają równocześnie obustronnie, ruchy tymi mięśniami wykonywane podczas mówienia są nadzwyczaj precyzyjne i wymagają też impulsów bardzo dokładnych, regulacji precyzyjnej co do kolei, siły, przebiegu i t. d. Rzecz oczywista, że impulsy te o wiele dokładniej przychodzić mogą z jednego ośrodka, niż gdyby były wpływem działania dwóch ośrodków, których zgodna czynność musiałaby zależeć od połączeń zapomocą włókien nerwowych spoidła. A skoro motoryczny ośrodek mowy znajduje się w jednej półkuli, to także łatwiej przyjdzie do skutku współdziałanie tego ośrodka z ośrodkami sensorycznymi tej samej półkuli, niż z podwójnymi ośrodkami obu półkul.

O ośrodkach i drogach kojarzennych. Pola kory mózgowej, z których wychodzą włókna wieńcowe i w których znajdują się ośrodki psychosensoryczne i psychomotoryczne, zajmują na półkuli mózgowej człowieka mniej więcej jedną trzecią część całej powierzchni. Między temi polami znajdują się rozległe miejsca, które nie mają bezpośredniego związku z włóknami nerwowymi dośrodkowymi ani też nie wychodzą z nich podniety ruchowe; toteż zniszczenie pewnych partyi kory nie pociąga za sobą ani wyraźnych ściśle zlokalizowanych zmian uczucia ani też porażień. Z tego, cośmy dotąd już o czynności kory mózgowej poznali, wynika niewątpliwie, że w wymienionych tu częściach kory znajdują się ośrodki kojarzenia czyli asocjacyjne. W ośrodkach tych przychodzi do skutku połączenie i niejako opracowanie wrażeń otrzymanych drogą ner-

wów dośrodkowych a powstałych w ośrodkach czuciowych, stąd też otrzymują podniecie ośrodki ruchowe. Tu przerabiają się wrażenia w wyobrażenia i wyższe kompleksy psychiczne, słowem tu niewątpliwie znajduje się podstawa anatomiczna czynności psychicznych. Jako takie pola ośrodków kojarzenia uważamy głównie płaty czołowe, znaczną część płatu ciemieniowego i korę podstawy mózgu. U zwierząt pola te w przeciwstawieniu do sfery ściśle psychomotorycznej i psychosensorycznej są tem mniejsze, na im niższym stopniu rozwoju ich mózg się znajduje. Pola asocjacyjne były przedmiotem szczegółowych badań Flechsig'a, który przekonał się, że w rozwoju mózgu włókna tych pól najpóźniej ze wszystkich innych otrzymują osłonki rdzenne; włókna zaś białej substancji zdaniem Flechsig'a nie osiągają pierwiej swej pełnej funkcji, póki nie dostają osłonki rdzennej. Zgadza się to z znanym faktem, że kojarzenie myśli stanowi najpóźniejszą fazę w rozwoju umysłowym dziecka.

Z badań anatomicznych Flechsig'a wynika, że u płodu i dziecka występowanie myeliny w korze mózgowej odbywa się w pewnym stałym porządku. W danej chwili rozwoju dziecka znajdujemy na półkulach pewne części kory mózgowej z już zakończonym procesem myelinizacji, podczas gdy w innych proces ten się jeszcze nie rozpoczął, a w innych znowu jest ten proces mniej lub więcej posunięty. Odbywa się to z taką regularnością, że u osobników tego samego wieku dane pola rozróżnicowane są jednakowo co do położenia i rozległości. Tych pól myelogenetycznych jest według Flechsig'a 36, a dzieli je Flechsig na 3 grupy.

Pierwszą grupę (Nr. 1—12) stanowią pola, które w czasie urodzenia dziecka są już myelinowemi, są to te pola, które łączą się głównie z ośrodkami podkorowymi zapomocą włókien projekcyjnych. Pola te są identyczne z polami psychosensorycznymi i motorycznymi. Drugą grupę tworzą pola pośrednie (Nr. 13—28) (intermedyalne), w których myelinizacja rozpoczyna się w pierwszym miesiącu po urodzeniu, trzecią zaś pola graniczne (terminalne), w których zaczyna się myelina wytwarzać dopiero po upływie 1-go miesiąca życia. Pola te różnią się między sobą pod względem zawartości włókien projekcyjnych i kojarzących. Pierwsza grupa zawiera najwięcej włókien projekcyjnych, w polach drugiej i trzeciej są one bardzo nieliczne, natomiast zawierają one bardzo liczne włókna asocjacyjne, w które szczególnie pola graniczne (terminalne) są bardzo bogate. Stanowią one punkta węzłowe, w których schodzą się systemy asocjacyjne. Nie udało się natomiast wykazać takich systemów włókien asocjacyjnych, któreby łączyły dwa pola prymordyalne (pierwszej grupy) a więc takie, w których znajdują się ośrodki sensoryczne. To nam już wskazuje, że jeżeli ma powstać połączenie dwóch wrażeń zmysłowych różnego rodzaju w jedno wyobrażenie, niewątpliwie przychodzi do skutku w tych właśnie ośrodkach asocjacyjnych.

Ośrodki asocjacyjne zajmują na każdej półkuli mózgowej 3 różne obszary, mianowicie: 1) obszar czołowy czyli przedni, 2) wysepkowy czyli średni i 3) obszar tylny, który obejmuje części płatów ciemieniowego, potylicznego i skroniowego. Zależnie od swoich połączeń ma każdy z wymienionych obszarów kojarzennych inne zadania w opracowywaniu wrażeń zmysłowych.

Płat czołowy. Schorzenia kory mózgowej płatów czołowych u człowieka połączone są w niektórych przypadkach z wyraźną zmianą usposobienia i charakteru, bardzo często też z wybitnym upośledzeniem inteligencji, nie pociąga jednak za sobą zaburzeń czucia lub ruchów.

Także i u zwierząt, którym usunięto oba płaty czołowe mózgu, zauważono wyraźne objawy upośledzenia inteligencji i zmianę w usposobieniu. Psy przedtem łagodne, po operacji stają się złośliwymi, są silnie podrażnione, za zbliżeniem się człowieka, do którego przedtem były przyzwyczajone, warczą, rzucają się na niego i kęsa. Przytem ruchy ich są niezręczne, trudno im przytrzymać kość rzuconą, potykają się lub ślizgają przy chodzeniu i t. d. Podobnie zauważono i u małp po wycięciu płatów czołowych pogorszenie się usposobienia i obniżenie inteligencji.

Tylny ośrodek kojarzenia. Następstwo zniszczenia kory mózgowej i substancji białej w zakresie tylnego ośrodka kojarzenia objawia się jako mniej lub więcej wyraźna ślepotą duchową; o ile zniszczeniu uległa także odpowiednia część (*gyrus angularis*) półkuli lewej występuje też i aleksya (p. str. 330). 72

Człowiek dotknięty ślepotą taką odbiera wrażenia świetlne, lecz nie poznaje przedmiotów i osób swego otoczenia, albowiem brak u niego zdolności kojarzenia, które jest koniecznym dla zrozumienia tego co widzi. Wzrokowe obrazy pamięciowe częściowo pozostały, nie mogą jednak być wywołane przez wrażenia wzrokowe z powodu braku połączeń z ośrodkiem wzrokowym, podczas gdy ze strony innych zmysłów możemy je wywołać. Chory taki n. p. nie poznaje po twarzy osoby, należącej do jego najbliższej rodziny, lecz poznaje ją zaraz, gdy kto wymieni jej imię.

Ze wszystkiego, cośmy poznali o czynności ośrodków zmysłowych i asocjacyjnych, można sobie wyobrazić, jaki jest podkład fizjologiczny czynności psychicznych. Liczne połączenia pomiędzy tymi ośrodkami jednej i drugiej kategorii, umożliwiają wspólne ich działanie i na tem polega jednolitość czynności kory mózgowej.

Podstawę każdej czynności psychicznej tworzy wyobraże-

nie, które powstaje z czuć czyli wrażeń świadomych. Czuć powstaje wskutek zadziałania podniety na pewne części kory mózgowej drogą zmysłów i ich odpowiednich nerwów. Z czucia powstają wyobrażenia wtedy, gdy one kilkakrotnie i dość często są w korze wywoływane i tam pozostawiają stały ślad (działanie następowe, — Eindruck). Działanie to powoduje powstanie obrazu pamięciowego, który jest tem wyraźniejszy, im częściej był wywoływany. Nagromadzenie wielkiej liczby takich obrazów pamięciowych tworzy część tego, co nazywamy doświadczeniem.

Wyobrażenie jestto wywołanie obrazu pamięciowego przez jakąś podniętę. Podnieta ta może być wynikiem podrażnienia narządu zmysłowego, skąd po nerwie dośrodkowym dochodzi do ośrodka zmysłowego, mogą jednak przy dalszym rozwoju czynności psychicznych wyobrażenia nawzajem działać na siebie jako impuls i jedne drugie wywoływać. W ten sposób powstaje proces, który nazywamy myśleniem. Prawdopodobnie impulsy owe wzajemnie rozchodzą się po niezliczonych włóknach kojarzennych w najrozmaitszych kierunkach, od jednego ośrodka kory mózgowej do innych i powodują w ten sposób kojarzenie myśli. Niewątpliwie przy tem rozchodzeniu się stanów czynnych występują także równocześnie i procesy hamowania tak, że te stany czynne przechodzą tylko przez ograniczoną liczbę szlaków do odpowiednich ośrodków, a nie rozszerzają się w nieładzie po wszystkich ośrodkach. Gdyby tego ograniczenia nie było, nie byłoby możliwości logicznego myślenia. Nie jest wykluczone, że pewne objawy chorób umysłowych, jak urojeń, goniwa myśli polegają właśnie na niedostatecznym hamowaniu stanów czynnych w zakresie dróg asocjacyjnych. Przerwanie tych dróg upośledza w wyższym stopniu zdolność myślenia. Suma wszystkich obrazów pamięciowych i wyobrażeń nagromadzonych przez doświadczenie tworzy treść naszej pamięci.

Jeżeli podnieta dosięgnie ośrodków motorycznych i wywoła w nich stan czynny, wtedy wyrazi się on we formie impulsu ośrodkowego, jako wyładowanie woli, najczęściej w postaci ruchu dowolnego. Na to wyładowanie ma wpływ stan, w jakim się znajdują w danej chwili wszystkie ośrodki kory mózgowej; toteż ruch dowolny jest co do istoty swojej o wiele bardziej skomplikowany niż odruch. W przeciwstawieniu do odruchów nie zawsze można wskazać, czy dany ruch dowolny poprzedziła bezpośrednio jakaś podnieta zewnętrzna; owszem stale działające podniety zewnętrzne

mogą wywołać wyobrażenie, które drogą kojarzenia budzą cały kompleks innych wyobrażeń nagromadzonych dzięki działaniu podniet dawniejszych tak, że dopiero po dłuższym czy krótszym czasie może stan czynny objąć i ośrodki psychomotoryczne i spowodować ruch. Z tego powodu tem trudniej określić i obliczyć z góry mającą nastąpić czynność dowolną u zwierząt, im wyżej rozwinięty jest stan psychiczny mózgu. Jednak mimo to, dzięki pewnej regularności w działaniu dróg i ośrodków kojarzenia możemy niejednokrotnie u zwierząt i u człowieka przepowiedzieć, jaki będzie skutek danej podniety zewnętrznej.

Czasowy przebieg procesów psycho-fizycznych. W badaniu procesów psychicznych po większej części jesteśmy ograniczeni do obserwacji introspektywnych, podmiotowych. Bardzo szczupłe są metody badania przedmiotowego tych zjawisk a do nich należy w pierwszym rzędzie określenie ich czasowego przebiegu, czyli mierzenie t. zw. czasu świadomej reakcji. Czas świadomej reakcji jestto czas, który upływa od chwili zadziałania podniety na jeden z czuciowych aparatów obwodowych aż do chwili, w której badana osoba odpowiada na podniętę umówionym znakiem.

Cały proces, który się tu odbywa, składa się właściwie 1) z drażnienia zakończeń nerwowych (przemiana podniety fizycznej w odpowiedni stan fizjologiczny) i przeniesienia tego stanu na nerw dośrodkowy; 2) z przewodzenia dośrodkowego w nerwie obwodowym; 3) z przewodzenia w układzie nerwowym środkowym; 4) z przeniesienia na ośrodek psychiczny i pobudzenie tego ośrodka; 5) z przeniesienia stanu czynnego na inne ośrodki, w których następuje percepcja, ewentualnie i apercpepcja i powstanie impulsu do ruchu. Czasokres ten to najdłuższa część czasu świadomej reakcji; 6) z podrażnienia ośrodków psychomotorycznych; 7) z przeniesienia impulsu odśrodkowego w układzie nerwowym środkowym; 8) z przewodzenia w nerwie obwodowym; 9) z przeniesienia stanu czynnego na zakończenia nerwowe i wyładowania czynności mięśnia.

Badamy czas reakcji w ten sposób, że w chwili zjawienia się podniety, n. p. dźwięku dzwonka, światła lampy, uderzenia prądu elektrycznego na skórę, zamyka się prąd do sygnału elektrycznego, który znaczy tę chwilę na szybko obracającym się walcu okopconym, a badana osoba skoro podniętę uczuje, uderza w klucz elektryczny, który prąd idący do sygnału przerywa. Jeszcze dokładniej notuje ten czas chronoskop Hippa (ryc. 115). Jestto bardzo dokładny zegar, wskazujący tysięczne części sekundy a tak urządzony, że ruch jego wskazówek odbywa się tylko przez tak długi czas, dopóki przez przewody, znajdujące się w aparacie elektromagnesu,

przepływa prąd. Czas reakcyi wynosi dla podniet wzrokowych 0·16—0·2'', słuchowych 0·11—0·18'', dla dotykowych (drażnienie elektryczne) 0·14—0·2'', dla smakowych 0·2—1'', dla węchowych 0·15—0·5''. Czas reakcyi zależy w wysokim stopniu od indywidualności badanej osoby, od stopnia jej uwagi, od ćwiczenia, znużenia, wrażliwości drażnionego miejsca, siły podniety i t. d. Nie ulega wątpliwości, że te znaczne różnice między różnymi czasami reakcyi, jak w ogóle to długie trwanie całego czasu reakcyi zależy od samych procesów psychofizycznych, nie zaś od procesów przewodzenia w włóknach nerwów obwodowych i układu środkowego.



Ryc. 115.

Chronoskop Hippa.

Różnica w trwaniu czasu świadomej reakcyi dla różnego rodzaju wrażeń zmysłowych zależy między innymi prawdopodobnie od różnicy w natężeniu zastosowanych podniet. Oznaczając bowiem czas reakcyi dla jednego i tego samego zmysłu przy różnej sile podniety, widzimy, że czas ten — w pewnych granicach — jest tem krótszy, im silniejszą jest podnieta. Tymczasem nie mamy wcale możności porównywania między sobą siły dwóch różnych co do jakości podniet n. p. siły podniety słuchowej ze siłą podniety wzrokowej lub dotykowej. Jeżeli jednak stosujemy pod-

niety minimalne, które jeszcze najlepiej ze sobą porównywać wolno, to okazuje się, że czas reakcyi — oczywiście stosunkowo długi — jest dla wszystkich zmysłów prawie jednaki. Dla zmysłu dotyku wynosi 0·327'', słuchu 0·337'', dla wzroku 0·331''. Czas reakcyi dla podniet smakowych i węchowych jest w ogóle o wiele dłuższy, prawdopodobnie dlatego, że dłuższego czasu na to potrzeba, aby ciało woniące lub wywołujące wrażenie smakowe zetknęło się bezpośrednio z komórkami zmysłowemi.

Aby głębiej jeszcze wniknąć w poznanie czasowego przebiegu procesów psychicznych, staramy się proces ten uczynić nieco zawilszym, każemy n. p. osobie badanej reagować dopiero, gdy nie jakakolwiek podnieta zadziała, lecz gdy zadziała pewna podnieta wybrana z kilku innych. I tak n. p. ma osoba badana sygnalizować, gdy zjawi się światło czerwone a nie reagować, gdy zobaczy światło innej barwy. Tu już potrzeba pewnego zastanowienia się, które sprawia, że czas świadomej reakcyi staje się dłuższy w przybliżeniu dochodzi do 0·34''. Różnica ta (stosunkowo tu niewielka) staje się o wiele większą, gdy badana osoba sposobem reakcyi ma dawać znać, jakiego rodzaju podnieta dostrzegła. Jeżeli n. p. polecamy jej, aby gdy ujrzy światło czerwone dała znak przypuszcmy prawą ręką, a gdy ujrzy światło zielone, lewą, to czas świadomej reakcyi przedłuża się do 0·154''. Czas ten potrzebny do dokonania aktu wyboru musi tu być dłuższy. W pomiarach czasu reakcyi można iść jeszcze dalej i żądać już bardziej zawilej pracy psychicznej. N. p. eksperymentator wymawia jakieś słowo, a badana osoba odpowiada na nie innym słowem, wyrażającym własność tego słowa lub wyraz asocjacyjny i tak na słowo „krew“ odpowiada „czerwona“, „pies“ — „zwierzę“ i t. p.

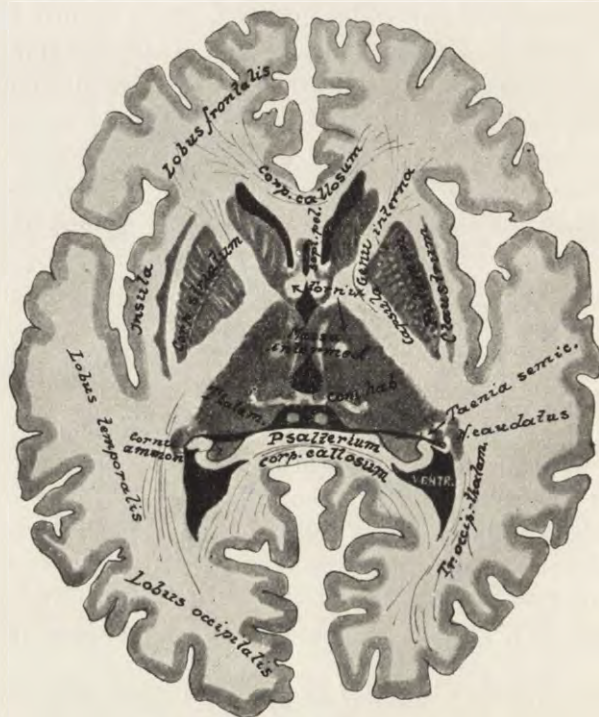
Czas świadomej reakcyi zależy też od działania pewnych środków farmakologicznych, wpływających na układ nerwowy jak alkohol, kofeina i t. d., a nawet badanie czasu reakcyi po zastosowaniu tych środków ma pewne znaczenie dla poznania ich wpływu na układ nerwowy środkowy.

Międzymózgowie i śródomózgowie.

Ciałko prążkowane. Ciałko prążkowane składa się z kilku warstw szarej i białej substancji tworzących jądro ogoniaste (*nucleus caudatus*) torebkę wewnętrzną (*capsula interna*), jądro soczewkowane (*nucleus lenticularis*) i torebkę zewnętrzną (*capsula externa*), ryc. 116, str. 338.

Nucleus caudatus składa się z komórek nerwowych, do których dochodzą gałązki oboczne włókien piramidowych, przebiegających obok w torebce wewnętrznej, a które dają początek włóknom, dochodzącym do komórek mostu Varola.

Torebkę wewnętrzną dzielimy na część przednią, kolano (*genu*) i tylną. Na przekroju poprzecznym część przednia leży między jądrem ogoniastym i soczewkowatym, kolano między jądrem ogoniastym a wzgórkami wzrokowym, część zaś tylna między wzgórkami wzrokowym a jądrem soczewkowatym. Torebka wewnętrzna zawiera włókna dośrodkowe (*thalamo-corticales*), które biegną przez tylną jej część i także rozszerzają się ku przodowi, mięsza-



Ryc. 116.

Przekrój poziomy półkul mózgowych (wedł. Edingera).

jąc się z włóknami odśrodkowymi; włókna te odśrodkowe są to włókna projekcyjne komórek piramidowych Betza zawartych w okolicy psychomotorycznej kory mózgowej. W najbardziej ku przodowi wysuniętej części torebki wewnętrznej oraz w tylnej jej części, znajdują się włókna, które komunikują z przeciwległą półkulą mózdzku. Nadto biegną w tylnej części torebki wewnętrznej włókna tworzące promienistość wzrokową (*radiatio optica*); przeważna część tych włókien pochodzi z komórek wzgórka wzrokowego i ciała kolankowatego (*corpus geniculatum*) (trzeci odcinek neuronów wzrokowych) i dąży przez koronę pro-

mienistą (*corona radiata*) do szarej substancji około szczeliny ostrogowej (*fissura calcarina*) płatu potylicznego.

Jądro soczewkowe (*N. lenticularis*), leżące między torebką wewnętrzną i zewnętrzną podzielone jest przez substancję białą na trzy warstwy szarej substancji. Dwie wewnętrzne tworzą *globus pallidus*, zewnętrzna *putamen*. Komórki nerwowe wewnętrznej warstwy wchodzi także w związek z gałązkami obocznymi włókien projekcyjnych torebki wewnętrznej.

Wzgórek wzrokowy (*thalamus opticus*) otrzymuje włókna: 1) z kory mózgowej; przechodzą one przez torebkę wewnętrzną; 2) od jądra smukłego i klinowatego (*nucleus gracilis*, *nucleus cuneatus*) przeciwległej połowy rdzenia przedłużonego; włókna te tworzą drugi dośrodkowy neuron dróg wstępujących rdzenia pacierzowego; 3) z przeciwległej szypułki mózdzkowej (*corpus dentatum pedunculi cerebelli*); 4) z pasma wzrokowego (*tractus opticus*); 5) z nerwu trójdzielnego (*n. trigeminus*).

Komórki nerwowe wzgórek wzrokowego dają początek włóknom, które przechodząc przez białą substancję, sięgają aż do wszystkich płatów kory mózgowej. Włókna te tworzą trzeci odcinek dośrodkowych neuronów a między nimi ważną rolę odgrywają włókna zdążające do sfery wzrokowej.

Ciała kolankowate (*corpora geniculata*) składają się również z komórek i włókien nerwowych, z których jedna część (biegnąca przez ciało kolankowate zewn.) prowadzi włókna do sfery wzrokowej kory mózgowej, druga zaś (ciało kolankowate wewnętrzne) jest w związku ze sferami słuchowymi obydwóch półkul.

Ciała czworaczce (*corpora quadrigemina*) tylne składają się z białej substancji, w której wewnątrz znajdują się komórki nerwowe, odbierające włókna nerwu słuchowego. Przednie zaś ciała czworaczce składają się z warstw włókien nerwowych i komórek. Komórki te dostają włókna z szlaków Gowersa i z obydwóch pasm wzrokowych. Włókna pochodzące z komórek przednich ciałek czworaczek dążą do jądra nerwu okoruchowego (*oculomotorius*). Śródmożgowie zawiera prócz tego jądra nerwów trzeciego, czwartego i dodatkowego ruchowego korzonka piątego.

Już doświadczenia z wycięciem półkul mózgowych mogły nas przekonać, że tym niższym częściom mózgowia właściwe są pewne dość wybitne jeszcze czynności samodzielne. Przedewszystkiem fakt, że zwierzęta nawet tak wysoko stojące jak pies, mogą po usunięciu półkul mózgowych jeszcze wykonywać zawiłe ruchy lokomocyjne, wskazuje, że w zwojach niższych mózgu znajdować się muszą ośrodki motoryczne wyższego rzędu, zdolne do synergicznego działania i utrzymywania ruchów zbornych. Z własnego też doświadczenia wiemy, że mimo zupełnego odwrócenia świadomości, która jest przecież wynikiem czynności kory mózgowej, jesteśmy w stanie wykonywać ogromny szereg bardzo zawiłych ruchów. Z tych spostrzeżeń jakoteż i z danych, których nam dostarczają przedstawione powyżej stosunki anatomiczne, możemy wno-

się, że w śródomózgowiu i międzymózgowiu znajdują się ośrodki, które zawiadują zwykłymi ruchami lokomocyjnymi. Ruchy te możemy uważać za odruchowe. Nadto zawiadują ośrodki tej części mózgu ruchami oczu, które również są w związku z lokomocją, gdyż umożliwiają nam oryentowanie się w przestrzeni. Znaczenie tych części mózgu jako aparatu dla wyższych odruchów objawia się też i w tem, że mają one połączenie z nerwami wyższych zmysłów t. j. z nerwem wzrokowym i słuchowym (także węchowym). U zwierząt niższych (ryb, żab a nawet ptaków) te połączenia z nerwami zmysłowymi wystarczają do utrzymania wszelkich reakcyi na podniety zmysłowe nawet po odcięciu półkul mózgowych.

Ośrodki zawarte w zwojach podkorowych wpływają na ośrodki odruchowe rdzenia przedłużonego i pacierzowego, już to torując, już też hamując ich czynności. Są one ośrodkami odruchowymi wyższego rzędu. Co do czynności właściwej pojedynczych części międzymózgowia i śródomózgowia, to opieramy się głównie na badaniu przebiegu włókien nerwowych, łączących te zwoje z wyższymi i niższymi częściami układu nerwowego, albowiem ani doświadczenie na zwierzętach ani spostrzeżenia na ludziach po częściowem zniszczeniu zwojów podkorowych nie dało zgodnych i zadowalających rezultatów.

Wzgórek wzrokowy (*Thalamus opticus*).

Połączenie wzgórnika wzrokowego z nerwem wzrokowym i z sferą wzrokową płatu potylicznego wskazuje na to, że ośrodki tego zwoju mają ścisły związek z aktem świadomego widzenia. Jaki jednak jest ten związek i jaka jest czynność tych ośrodków przy nienaruszonej korze mózgowej, nie udało się dotąd poznać. Funkcya wzgórnika wzrokowego musi jednak być ogromnie ważna, albowiem do niego dochodzą wszystkie drogi dośrodkowe rdzenia pacierzowego jako dalsze przedłużenie korzonków tylnych, jak również liczne włókna dośrodkowe nerwów mózgowych. Z międzymózgowia znowu włókna dośrodkowe zdążają do różnych okolic kory mózgowej, skąd wracają tu potężne wiązki włókien odśrodkowych a stąd znowu idą odśrodkowe nerwy ku rdzeniowi pacierzowemu i włókna ku szarej substancji wzgórników czworaczych i rdzenia przedłużonego. Możemy zatem wzgórek wzrokowy uważać za duży ośrodek lub szereg ośrodków, które włączone są między nerwami obwodowymi a ważnymi częściami kory mózgowej. Two-

rzy on przede wszystkim stacyę pośrednią dla wrażeń zmysłowych najrozmaitszego rodzaju, stacyę, której stosunek do kory mózgowej jest bardzo ścisły i różnorodny. Niewątpliwie tu znajdują się nader ważne ośrodki, mające wielkie znaczenie dla różnego rodzaju ruchów ciała, które stoją w związku z wrażeniami zmysłowemi. Obserwacye kliniczne przemawiają za tem, że we wzgórkach wzrokowych znajduje się ośrodek ruchów mimicznych.

Dokładna analiza pojedynczych funkcyi wzgórka wzrokowego, jakoteż objawów, wywołanych przez uszkodzenie jego lub drażnienie ma bardzo zacieśnione granice, albowiem organ ten nie jest dostępny bez rozległego uszkodzenia innych ważnych części mózgu, a podczas drażnienia go także trudno uchronić się od rozchodzenia się prądu na sąsiednie części mózgowia. Nadto warunki dla zastępczej funkcyi innych części mózgu po uszkodzeniu wzgórka wzrokowego są bardzo korzystne tak, że objawy po niezbyt rozległych uszkodzeniach wzgórka wzrokowego szybko przemijają, albo też wcale się nie zjawiają. Wytlómaczenie tego zachowania się dostarcza już między innymi ta okoliczność, że obydwie wzgórki wzrokowe działają bilateralnie dzięki połączeniom, jakie między nimi się znajdują. (*Comissura mollis*).

Ciałka czworacze (*Corpora quadrigemina*).

Ciałka czworacze stoją w związku czynnościowym z zmysłem wzroku i słuchu i pośredniczą w ruchach wywoływanych wrażeniami wzrokowemi. Mianowicie przednia para wzgórków zawiera ośrodki ruchowe dla mięśni gałki ocznej i mięśni wewnętrznych oka (tęczówki i ciała rzęskowego). Drażnienie przednich wzgórków powoduje ruchy źrenicy, oczopląs czyli drżenie gałek ocznych (*nystagmus*), podnoszenie powiek górnych i ruchy głowy.

Tylne ciała czworacze są połączone z nerwem słuchowym (przez petłę boczną), a za pośrednictwem wewnętrznego ciała kolankowatego łączą się z korą płatu skroniowego, a więc ośrodkiem słuchu. Zgodnie z tem niektóre spostrzeżenia kliniczne wskazują, że przez tylne wzgórki przechodzą podniety słuchowe. Ich całkowite wycięcie u psów powoduje objawy znacznego upośledzenia słuchu, a nadto ustaje szczekanie. Że zaś podczas drażnienia tych wzgórków zwierzęta (psy, małpy) wydają głos, należy przypuścić, że te ośrodki pośredniczą w unerwieniu narządów głosu.

Reszta masy substancyi szarej śródomózgowia, która zapomocą rozmaitych szlaków nerwowych połączona jest ze wszystkimi nie-

mal częściami mózgu, ma też niewątpliwie doniosłe znaczenie w funkcji układu nerwowego; znaczenia tego jednak dotąd nie zdołano jeszcze wykryć. Znajdująca się na podstawie mózgu przysadka mózgowa (*hypophysis*) i szyszynka (*glandula pinealis*) nie należą właściwie do układu nerwowego; czynność pierwszej omówioną jest w rozdziale o wydzielaniu wewnętrznym, czynność zaś szyszynki polega, jak się zdaje na tem, że reguluje dopływ i odpływ cieczy mózgo-rdzeniowej przez wodociąg Sylwiusza (*aquaeductus Silvii*).

Tyłomózgowie.

W skład tyłomózgowia wchodzi most Varola, mózdzek i rdzeń przedłużony.

Na przekroju poprzecznym mostu widzimy szlaki włókien nerwowych o przebiegu podłużnym, inne o przebiegu poprzecznym, oraz liczne nagromadzenia szarej substancji. Powstanie mostu możemy sobie wyobrazić w ten sposób, że po stronie grzbietnej i bocznej od piramid potworzyły się zwoje komórek nerwowych, do których dochodzą włókna nerwowe od półkul mózgowych, a które same wysyłają włókna do mózdzku i kończą się w robaku (*vermis*) strony przeciwległej. Za pośrednictwem więc zwojów mostu każda półkula mózgowa jest połączona z korą przeciwległej półkuli mózdzku. Prócz tych zwojów znajdują się w moście jądra V, VI, VII i VIII nerwów mózgowych.

Z tej budowy wynika też i czynność fizyologiczna mostu. Doświadczenia osobno do poznania tej czynności wykonane, jakoteż i przypadki chorobowe, w których ogniska umieszczone były w moście, nie innego ponad wnioski wysnute z badania budowy nie dostarczyły.

Mózdzek.

Połączenie mózdzku z innymi częściami układu nerwowego są liczne i dzielą się na dwie grupy: włókna doprowadzające podniety do mózdzku i włókna przewodzące podniety z mózdzku do innych części układu nerwowego środkowego.

1. Włókna doprowadzające pochodzą: *a*) z rdzenia pacierzowego (neurony mózdzko-rdzeniowe) a mianowicie ze słupów Clarka; *b*) z rdzenia przedłużonego a mianowicie z jądra smukłego (*nucleus gracilis*), jądra klinowatego (*nucleus cuneatus*) i jądra oliwy (*nucleus olivae*); *c*) z mostu Varola, z nerwu przedsionkowego (*n. vestibularis*) i jąder mostowych; *d*) z kory przeciwległej półkuli mózgu przez wzgórek wzrokowy przeciwległy i szypułkę mózdzkową środkową tej samej strony (*pedunculus cerebelli ad pontem*).

2. Włókna odwodzące. Komórki Purkinjego zawarte w korze mózdzku dają początek włóknom o przewodzeniu odśrodkowym, zdążającym do

ciała zębatego (*corpus dentatum*), które leży w głębi półkul. Komórki tego ciała zębatego, które też otrzymują gałązki oboczne włókien, przechodzących przez szypułkę mózdzkową niższą (*pedunculus cerebelli inf.*) same wysyłają następujące włókna odśrodkowe: *a*) włókna do jądra Deitersa tej samej strony, a za pośrednictwem tego jądra wchodzą w związek z jądrami III, IV i VI nerwu, a także z szlakami przedsińkowo-rdzeniowymi; *b*) włókna do jąder mostu za pośrednictwem szypułki mózdzkowej (*pedunc. cerebelli med.*); *c*) włókna do śródmoźgowia przeciwległej strony i mostu za pośrednictwem szypułki mózdzkowej wyższej (*pedunc. cerebelli sup.*). Za pośrednictwem tych włókien wchodzi mózdzek w związek ze wzgórkami wzrokowym, z jądrem nerwu okoruchowego i z jądrem czerwonym (*nucleus ruber*).

Kora mózdzku składa się z trzech warstw (ryc. 117): 1) zewnętrzną warstwę molekularną, w skład której wchodzi prócz komórek gleju nieregularne gwieździste komórki nerwowe, których wypustki osiowe zdążają do



Ryc. 117.

Schematyczny obraz uwarstwienia kory mózdzku (podł. Lyle'a).

A — warstwa molekularna zewnętrzna; *B* — komórki Purkinjego z otaczającymi je koszyczkami; *C* — warstwa jądrowa lub ziarnista; *D* — biała substancja; *a* — komórki gwieździste; *b* — dendryty; *c* — komórki glejowe; *d* — małe komórki gwieździste; *e* — komórki Golgiego; *f* — włókna kiciaste; *g* — włókienka delikatne.

następującej warstwy i dają gałązki oboczne do komórek Purkinjego. W warstwie tej znajdują się też i dendryty komórek Purkinjego, jakoteż komórek trzeciej warstwy. 2) Drugą warstwę tworzą fłaszkwowate komórki Purkinjego. Komórki te ułożone są obok siebie a ich bardzo liczne dendryty rozmieszczone są w zewnętrznej warstwie mózdzku. Wypustki zaś osiowe zdążają poprzez trzecią warstwę do białej substancji mózdzku, przez którą przewodzą podniety odkomórkowe. Naokoło komórek Purkinjego znajduje się gęsta siatka, utworzona przez dendryty komórek gwieździstych drugiej warstwy i gałązek obocznych włókien przychodzących z białej substancji. 3) Trzecia

warstwa jądrzasta czyli wewnętrzna molekularna lub ziarnista zawiera małe komórki gwiazdziste, których wypustki osiowe dochodzą do warstwy molekularnej zewnętrznej. Nadto zawierają nieregularne komórki Golgiego, które dają początek nitkom osiowym, tworzącym synapsy z wypustkami włókien Cajala. Nadto zawiera ta warstwa komórki gleju.

Biała substancja, znajdująca się pod korą zawiera liczne włókna odśrodkowe i dośrodkowe, pochodzące z wymienionych tu komórek szarej substancji, względnie do nich dochodzące. Oprócz szarej substancji kory mózgowej posiada jeszcze mózdzek nagromadzenia szarej substancji wewnątrz, które odróżnić można jako jądro przyśrodkowe (*nucleus medialis*), jądra boczne przednie i tylne (*nn. laterales anter. et post.*) i jądra zewnętrzne (*nn. externi*). Związek tych jąder, noszących zresztą u człowieka różne nazwy jak *corpus dentatum*, *embolus*, *nucleus globosus*, *nucleus tegmenti*, z włóknami białej substancji mózdzku nie jest dostatecznie znany.

Do poznania czynności mózdzku zdążano temi samemi metodami, które służą do studyowania lokalizacji czynności półkul mózgowych, t. j. drogą wycinania całego lub części mózdzku, metodą drażnienia, badaniem prądów czynnościowych, wreszcie obserwowaniem objawów zбоceń funkcji u ludzi, dotkniętych chorobą mózdzku. Objawy po całkowitej lub częściowej ekstirpacji mózdzku są nader charakterystyczne, ich dokładne studyowanie zawdzięczamy głównie Lucianiemu i Munkowi. Należy odróżnić objawy występujące bezpośrednio po operacji i utrzymujące się jeszcze krótki czas po niej od zmian funkcji, które pozostają stale.

W pierwszym okresie po wycięciu jednej półkuli mózdzku występują jako objawy podrażnienia niepokój, kurcze toniczne w kończynach po stronie operacji, skręcenie tułowia ku tej samej stronie, tocenie się około długiej osi ciała ku stronie zdrowej, zez oczny (*strabismus*) i oczopląs (*nystagmus*). Objawy te trwają około tygodnia a towarzyszą im jako objawy ubytku funkcji: atonia i osłabienie mięśni po stronie operacji tak, że zwierzę bez oparcia nie może stać ani chodzić. Zwolna objawy te ustępują, a po miesiącach pozostają z nich zaledwie ślady. Wycięcie całego mózdzku powoduje podobne objawy podrażnienia jak opisane, tylko jeszcze silniejsze oraz bardzo wybitne objawy ubytku funkcji, które Luciani obserwował u psów i małą (obserwacje niektóre trwały przeszło dwa lata). Z początku zwierzę tak operowane nie może chodzić ani nawet stać, przy każdej próbie wstawania upada. Po jakimś czasie stopniowo zaczyna wstawać i chodzić, chód jednak jest chwiejny, niepewny, zygzakowaty, zupełnie przypominający chód pijanego. Ruchy są bezładne, objawiają się podczas cho-

61 dzenia w za wielkiem przywodzeniu (addukcyi) (krzyżowanie) i odwodzeniu (abdukcyi) kończyn. Słowem, głównym objawem wycięcia mózdzku jest bezład, który nazywamy bezładem mózdzkowym (*ataxia cerebellaris*). Oprócz tego występuje drżenie całego ciała, szczególnie zaś głowy (astazyja Lucianiego), podobnie według Lucianiego występuje osłabienie mięśni (*asthenia*) i zniesienie napięcia mięśni (*atonia*). Zwierzę jest leniwe, apatyczne, nuży się łatwo. Oprócz opisanych objawów ruchowych obserwuje się u zwierząt po wycięciu mózdzku lub jego części także zaburzenia czucia mięśniowego i stawowego, prawie zupełnie takie same jak te, które występują po zniszczeniach okolicy psychomotorycznej kory mózgowej (patrz str. 319). Pies tak operowany ustawia częstokroć kończynę w nieprawidłowej pozycyi, sztucznie nadanego położenia nieprawidłowego nie poprawia i t. d.

Metoda drażnienia kory mózdzku celem oznaczenia jej czynności nie doprowadziła do żadnych wyników. Ażeby otrzymać jakiegokolwiek ruchy ciała przez drażnienie kory mózdzku, musi się stosować prądy bardzo silne, które niewątpliwie rozszerzają się na części sąsiednie, jak ciała czworacze, rdzeń przedłużony i t. d. Drażnienie zaś kory mózdzku środkami chemicznymi n. p. strychniną (Beck i Bikeles) jest zupełnie bezskuteczne. Z tego zatem należy wnosić, że kora mózdzku jest zupełnie niebudliwą.

Charakterystycznymi objawami, które u człowieka występują w przebiegu schorzeń mózdzku, są zawroty głowy i bezład mózdzkowy, t. j. chód chwiejny, zygzakowaty, silna abdukcyja, wyrzucenie kończyn poza zamierzony ruch i t. d. Objawów wybitnych zaburzenia czucia stawowego i mięśniowego podobnych do opisanych wyżej u zwierząt nie stwierdzono. Zauważyć jednak należy, że znane są przypadki, w których przy sekcyi skonstatowano dość rozległe zniszczenie mózdzku, a za życia nie było przedtem żadnych stałych objawów utraty funkcji. Zgadza się to i z doświadczeniami na zwierzętach, że funkcye jednej części mózdzku może w zupełności objąć inna.

Jakkolwiek doświadczenia Lucianiego nie we wszystkim zostały przez innych badaczy potwierdzone, możemy jednak na podstawie obserwowanych objawów z pewnością twierdzić, że mózdzek wywiera wybitny wpływ na ruchy ciała, a w szczególności ma wielkie znaczenie w dokładnem regulowaniu tych ruchów. Do mózdzku dochodzą drogą nerwów dośrodkowych liczne podniety, pod

wpływem których mózdzek wysyła podniety odśrodkowe (bez współdziałania świadomości) zapomocą nerwów odśrodkowych do niższych ośrodków motorycznych (rdzenia) a także i podniety do ośrodków psychomotorycznych kory mózgowej. W ten sposób wpływa na mięśnie czynne podczas lokomocji i innych ruchów, podnosi ich tonus i reguluje ich sprawność.

Jako nerwy dośrodkowe, zapomocą których mózdzek otrzymuje podniety obwodowe, znamy nerw przedsionkowy (*n. vestibularis*), którego zakończenia obwodowe znajdują się w labiryncie ucha oraz drogi mózdkowo-boczne w sznurach bocznych rdzenia pacierzowego.

W labiryncie znajdują się urządzenia, które uważamy za aparat obwodowy zmysłu statycznego, informującego nas o położeniu ciała względem poziomemu. W rzeczywistości wpływ podniety dochodzących z labiryntu do mózdku musi być bardzo znaczny, co wynika już z tego, że zniszczenie labiryntu pociąga za sobą objawy bardzo podobne do objawów wywołanych uszkodzeniami mózdku.

Że drażnienie nerwów dośrodkowych powoduje stany czynne w mózdku, wykazały doświadczenia (Becka i Bikelesa), w których badano prądy czynnościowe mózdku. Okazało się mianowicie, że jeżeli połączymy mózdzek z galwanometrem, to podczas drażnienia nerwów dośrodkowych zarówno kończyn tylnych jak i przednich powstają wyraźne prądy czynnościowe w korze mózdku, szczególnie robaka.

Doświadczenia z wycięciem jednostronnem mózdku, oraz z badaniem prądów czynnościowych wykazały, że każda półkula mózdku stoi w związku z obiema połowami ciała, że jednak wpływ na tę samą stronę ciała jest przeważający, a zatem odmiennie niż wpływ półkul mózgowych. Badanie lokalizacji mózdku, t. j. badanie, czy pewne części mózdku stoją w związku tylko z pewnymi częściami ciała, podobnie, jak się to rzecz ma z czynnością kory mózgowej, zajmowało w ostatnich czasach licznych autorów. Doświadczenia niektórych z nich (Rynberk, Rothmann i i.), w których psom wycinano pojedyncze płatki mózdku, przemawiają za taką lokalizacją. Zgodnych jednak wyników co do znaczenia kory mózdku badania dotąd nie dostarczyły. Według doświadczeń Becka i Bikelesa wycięcie tylnej okolicy półkul mózdku powoduje objawy bezładu w kończynie tylnej tej samej strony, wycięcie

zaś przedniej części półkuli mózdzku daje objawy analogiczne w przedniej kończynie.

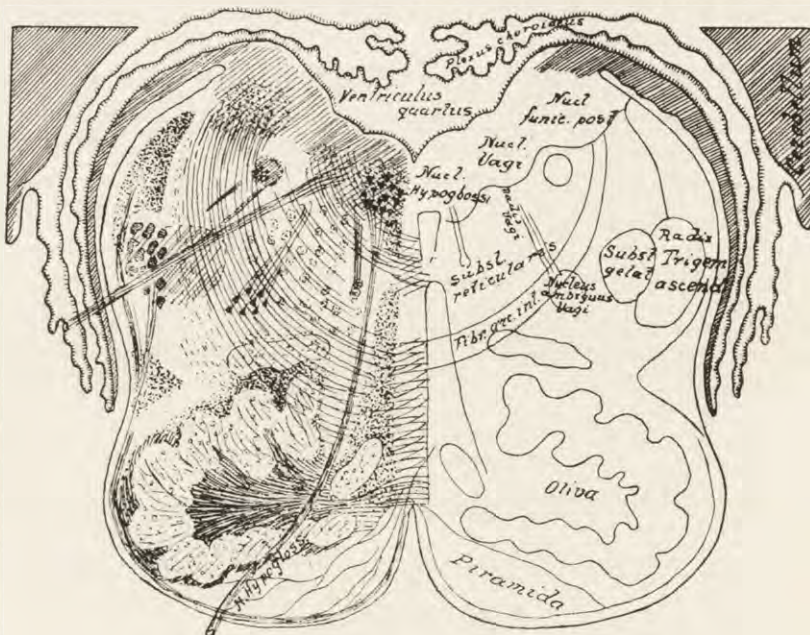
Widzieliśmy wyżej, że po rozległych nawet zniszczeniach mózdzku objawy po pewnym czasie ustępują i ruchy, które były bezładne, stają się mniej lub więcej normalnymi. Poprawa ta następuje prawdopodobnie w ten sposób, że czynność regulowania ruchów wykonywa obecnie po utracie odpowiednich ośrodków mózdzku, kora mózgowa, mianowicie okolica psychomotoryczna. Jeżeli się wytnie psu mózdzek, a następnie usunie się okolice psychomotoryczne obu półkul mózgowych, to taki pies nie jest w stanie chodzić ani stać. Stan taki obserwowany przez Lucianiego przez 11 miesięcy nie poprawił się do końca życia. Z tego oczywiście wynika, że tu przez wycięcie okolicy psychomotorycznej usunięto te ośrodki, które po stracie mózdzku mogły kompensatoryjnie regulować ruchy. Badanie prądów czynnościowych wykazało też wzajemne wpływanie kory mózgowej, a mianowicie okolicy psychomotorycznej, na korę półkul mózdzku i odwrotnie (Beck i Bikeles).

Rdzeń przedłużony.

Oprócz bardzo licznych włókien nerwowych, które łączą wszystkie prawie pnie nerwów z mózgiem, a którym rdzeń przedłużony zawdzcęca swoją funkcję przewodzenia, posiada rdzeń przedłużony liczne także ośrodki nerwowe (jądra nerwów V—XI) ryc. 118 i 119, str. 348, które czynią go siedzibą najważniejszych dla życia odruchów i czynności automatycznych. Odruchy te i czynności automatyczne spełniają bardzo ważną rolę w regulacji krążenia krwi, utrzymaniu i regulowaniu ruchów oddechowych, ruchów ważnych dla mechanizmu trawienia, pośredniczą w ważnych czynnościach wydzielniczych i t. p. i są też dokładnie opisane w odnośnych działach fizjologii.

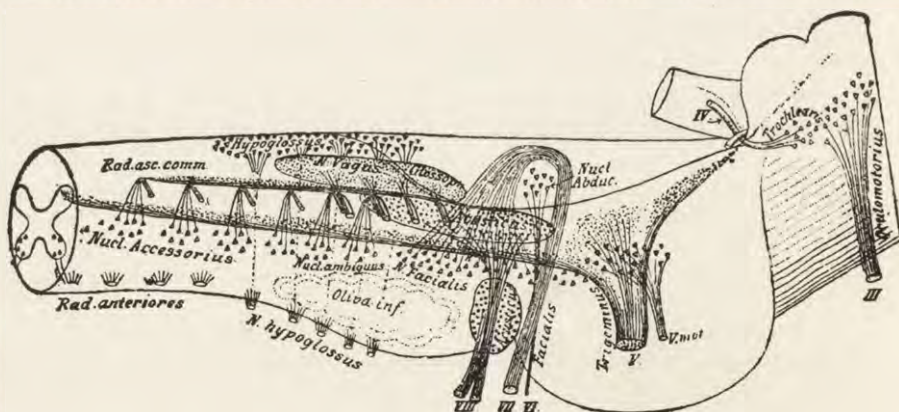
Rdzeń pacierzowy.

Rdzeń pacierzowy spełnia dwojakiego rodzaju czynności i zadania: 1) Jest narządem centralnym, który zawiera liczne ośrodki odruchowe i 2) stanowi przewodnik, łączący narządy obwodowe ciała z mózgiem. Budowa rdzenia odpowiada też tej dwojakiej czynności. Składa się on bowiem z słupa szarej substancji, którą można uważać za zbiór ułożonych nad sobą ośrodków odruchowych, otoczonego od zewnątrz warstwą



Ryc. 118.

Przekrój przez rdzeń przedłużony (podł. Edingera).



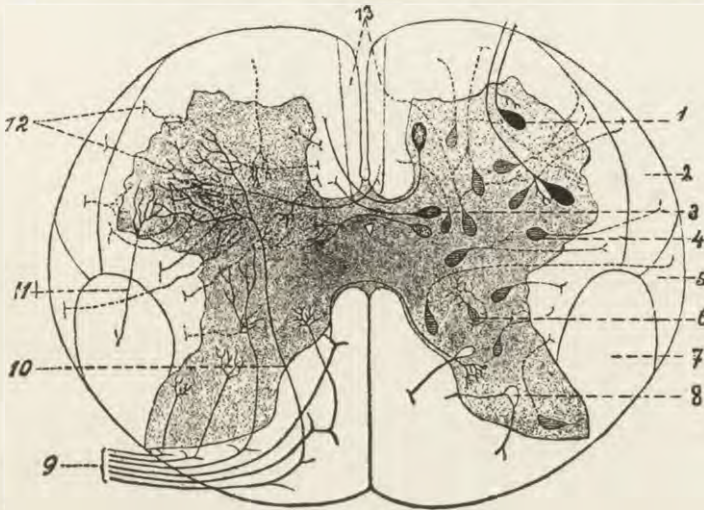
Ryc 119.

Schemat ugrupowania jąder nerwów mózgowych w rdzeniu przedłużonym i moście.

Rdzeń przedłużony i most przedstawione, jakgdyby były przezroczyste (podług Edingera).

białej substancji, a więc rdzennych włókien nerwowych, których jedynym zadaniem jest przewodzenie stanów czynnych.

Budowę rdzenia najlepiej poznaje się na poprzecznych jego przekrojach (ryc. 120). Przekrój taki jest mniej lub więcej kolisty i składa się z dwóch symetrycznych połów, oddzielonych od siebie po stronie brzusznej bruzdą przednią (*sulcus anterior*) a po stronie grzbietnej bruzdą tylną (*sulcus posterior*). Każda połowa zawiera pole szarej substancji kształtu półksiężyca lub przecinka, otoczone od strony czołowej bocznej i przyśrodkowej substancją białą a połączone z szarą substancją strony drugiej spoidłem (*commissura*). W środku tego połączenia biegnie kanał środkowy rdzenia,



Ryc. 120.

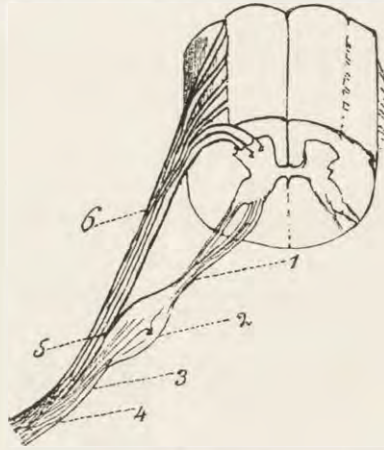
Schematyczny przekrój poprzeczny rdzenia pacierzowego (według Erba). W prawej połowie uwidocznione są ugrupowania komórek nerwowych i kierunek ich włókien; w lewej połowie korzonki tylne i ich rozgałęzienia (gałązki boczne).

który dzieli spoidło na przednie i tylne (*commissura ant. i post.*). Przednia bruzda dochodzi aż do paska białej substancji, łączącego obie połowy rdzenia i tworzącego spoidło białe przednie.

Korzonki nerwowe. Każdy nerw rdzeniowy zaczyna się dwoma korzonkami: przednim i tylnym (ryc. 121). Korzonek przedni (6) wychodzi w postaci kilku wiązek z przednio-bocznej części rdzenia; korzonek tylny (1) wychodzi jako wiązka z tylnej części rdzenia, przylegającej do tylnego rogu szarej substancji. Oba

korzonki łączą się, tworząc pień nerwu rdzeniowego (3—4). Na tylnym korzonku przed miejscem połączenia się z przednim leży zwój międzykręgowy (*ganglion intervertebrale*) (2).

Badając rozwój korzonków przednich i tylnych, przekonano się, że ich pochodzenie jest różne. Podczas gdy włókna osiowe przednich korzonków powstają przez wrastanie wypustek osiowych komórek szarej substancji, to włókna tylnych korzonków pochodzą z komórek zwojów międzykręgowych, których wypustka dzieli się



Ryc. 121.

Korzonki rdzenia pacierzowego (schemat).

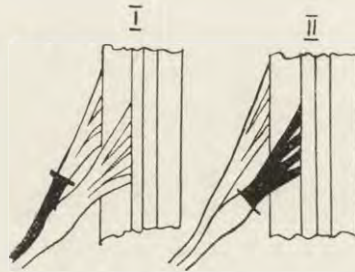
w postaci *T* tak, że jedno włókno osiowe dąży dośrodkowo przez korzonek do rdzenia, drugie wchodzi jako włókno (czuciowe) do pnia nerwu. W ten sposób włókna nerwowe, wchodzące w skład mieszanego nerwu rdzeniowego, są dwójakiego pochodzenia i przedstawiają wypustki dwóch różnych rodzajów komórek.

Jeżeli wypustka osiowa komórki zostanie przerwana, to jej obwodowy odcinek traci pobudliwość, zdolność przewodzenia i w końcu obumiera, podczas gdy część włókna pozostała przy ciele komórki z jądrem żyje dalej i w pomyślnych warunkach może nawet odtworzyć odciętą część nitki osiowej. Zjawisko to dało podstawę do wytworzenia metody, zapomocą której możemy dokładnie oznaczyć położenie komórek nerwowych, z których pewne włókna nerwowe pochodzą.

Po przecięciu nerwu obwodowego koniec obwodowy po pewnym czasie traci zupełnie pobudliwość, a badanie mikroskopowe wykazuje, że tej utracie czynności towarzyszą daleko idące zmiany struktury włókna. W jakie cztery dni po przecięciu nerwu zwierząt ssących myelina, tworząca rdzenną warstwę

włókien nerwowych w odciętej części nerwu, rozpada się i rozbija w kropelki różnej wielkości. Nieco później włókno osiowe także się przerywa tak, że nie tworzy już ciągłości fizyologicznej we włóknie nerwowem. Temu towarzyszy powiększenie i bujanie jąder osłonki Schwanna. W dalszym ciągu grudki myeliny ulegają resorbeyi i znikają, a w jakie dwadzieścia kilka dni po przecięciu pierwotna struktura włókna nerwowego zupełnie zanika i pozostają tylko pochwa, zawierająca jądra i bezpostaciową protoplazmę. Jeżeli nie przyjdzie do regeneracyi, to miejsce włókna zajmuje z czasem nitka tkanki łącznej. Na podstawie tych spostrzeżeń przypisujemy komórce nerwowej wpływ na odżywienie włókna nerwowego z niej wychodzącego i uważamy ciało komórki nerwowej jako ośrodek troficzny włókna. W nerwie przeciętym tylko ta część ulega zwyrodnieniu, która została odcięta od ośrodków troficznych. Fakt ten został pierwszy raz dokładnie opisany przez Wallera i dostarcza nam on sposobu rozpoznania przebiegu włókien nerwowych w układzie nerwowym centralnym.

Podobnie i włókna białej substancji rdzenia zależą co do odżywienia swego od całości związku swego z komórkami nerwowymi, a gdy związek ten est przerwany, to ta część włókna, która odcięta jest od komórki, ulega zwyrodnieniu. Widzimy to już w korzonkach nerwowych: Gdy przetniemy korzo-

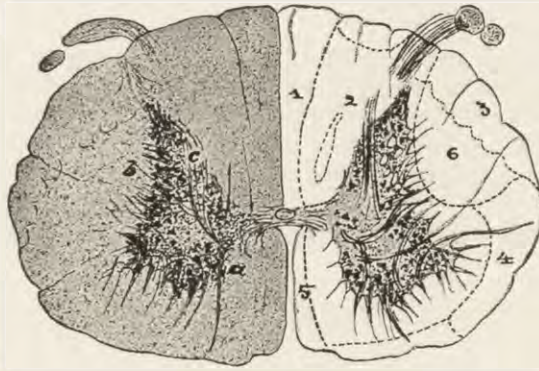


Ryc. 122.

Zwyrodnienie po wycięciu korzonka przedniego *I* i tylnego *II* (wedł. Yeo).
Część cieniowana przedstawia włókna uległe zwyrodnieniu.

nek przedni (ryc. 122 I) to część środkowa, pozostała przy rdzeniu nie zmienia się wcale, natomiast odcinek obwodowy ulega zwyrodnieniu tak, że w pniu nerwu mieszanego można rozpoznać wszystkie włókna ośrodkowe zwyrodniałe. Jeżeli natomiast przetniemy korzonek tylny, to skutek zależy będzie od miejsca przecięcia. Gdy mianowicie przekrój znajduje się obwodowo od zwoju t. j. między zwojem a miejscem połączenia się obydwóch korzonków, to wszystkie włókna dośrodkowe (czuciowe) nerwu mieszanego będą zwyrodniałe; jeżeli natomiast przetniemy korzonek tylny między zwojem a rdzeniem (ryc. 112 II), to włókna dośrodkowe pnia nerwowego będą nietknięte, a za to dośrodkowe odcinki włókien dośrodkowych ulegną zwyrodnieniu i to zarówno w korzonku, jak i dalej w rdzeniu, tak, że możemy postępować za temi włóknami zwyrodniałemi aż do rdzenia przedłużonego.

Biała substancja. W białej substancji rdzenia pacierzowego odróżnić możemy pasma czyli pęczki, z których jedne w razie przecięcia ulegają zwyrodnieniu w kierunku wstępującym, inne w kierunku zstępującym; są i włókna (asocjacyjne) czyli szlaki krótkie, które zawierają włókna zstępujące i wstępujące. Najważniejsze ze szlaków wstępujących są (ryc. 123): 1. Pęczek smukły, czyli pęczek Golla, ryc. 123 (1). Włókna zawarte w tych pęczkach



Ryc. 123.

Przekrój rdzenia na wysokości zgrubienia szyjnego (wedł. E. A. Schäfera). 1 — pęczek smukły cz. Golla; 2 — tylnoboczny pęczek Burdacha cz. klinowaty; 3 — pęczek mózdko-rdzeniowy (spinocerebellaris); 4 — pęczek przednio-boczny cz. Gowensa; 5 — pęczki piramidowe sznurów przednich; 6 — pęczki piramidowe sznurów bocznych; a — grupa dużych komórek; b — komórki tylnych rogów; c — słupy Clarkea.

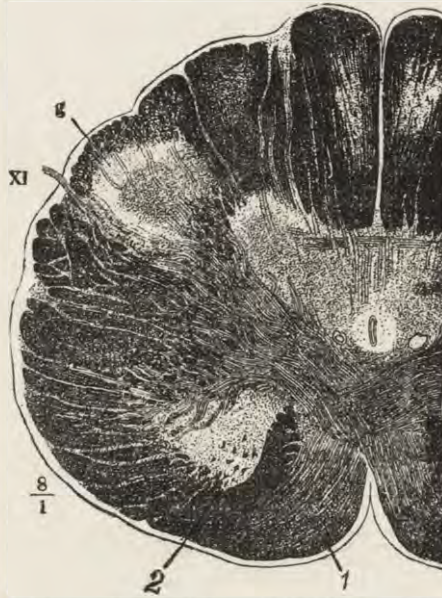
przyśrodkowych pochodzą z komórek zwojów międzykręgowych, skąd drogą korzonków tylnych wchodzi do rdzenia, a przekroczywszy pęczki Burdacha (p. niżej), biegną w części przyśrodkowej tylnych sznurów wprost aż do rdzenia przedłużonego, gdzie tworzą sznur smukły (*funiculus gracilis*) a następnie rozszczepiają się na gałązki oboczne, które otaczają komórki nerwowe jądra smukłego (*nucleus gracilis*). 2. Tylnoboczny pęczek Burdacha, ryc. 123 (2), czyli klinowaty, utworzony jest po obu stronach z włókien pochodzenia również egzogenicznego, czyli także z komórek zwojów międzykręgowych. Wszedłszy do rdzenia pacierzowego, dążą także do rdzenia przedłużonego, gdzie tworzą sznur klinowaty (*cuneatus*). Włókna tych szlaków rozszczepiają się i otaczają komórki tworzące jądro klinowate (*n. cuneatus*). 3. Pęczek mózdko-rdzeniowy

(*spino-cerebellaris*) ryc. 123 (3) utworzony jest przez włókna endogeniczne, które wychodzą z komórek ułożonych w szarej substancji piersiowej i górnej lędźwiowej części rdzenia w t. zw. słupy Clarka. Pęczki mózdko-rdzeniowe znajdują się w szyjnej i piersiowej części rdzenia i przechodzą przez rdzeń przedłużony w ciążkach powrózkowatych (*corpora restiformia*). Włókna tworzące te pęczki biegną dalej przez szypułkę mózdkową (*pedunculus cerebellaris*) do mózdku, gdzie kończą się, otaczając swymi dendrytami komórki Purkinjego robaka. 4. Pęczek przednio-boczny czyli Gowensa (ryc. 123. 4) jest również endogenicznego pochodzenia dotąd niezupełnie pewnie znanego. Pęczek ten przechodząc przez rdzeń przedłużony i most Varola tej samej strony a po osiągnięciu górnej części mostu, dzieli się na 3 części: jedna część włókien kończy się w ciałku czworaczem, druga dąży do wzgóрка wzrokowego, a trzecia zwraca się w tył przez szypułkę mózdkową wyższą (*pedunculus cerebelli sup.*) i wchodzi w kontakt z komórkami Purkinjego robaka.

Szlaki zstępujące rdzenia. 1. Do najważniejszych należą: Pęczki piramidowe, które biegną w sznurach przednich i bocznych. Pęczki piramidowe sznurów przednich (Ryc. 123. 5) są to szlaki bezpośrednie, pęczki zaś w sznurach bocznych (ryc. 123. 6) są skrzyżowane. Włókna nerwowe, tworzące pęczki piramidowe, pochodzą z komórek piramidowych okolicy psychomotorycznej kory mózgowej i ulegają zwyrodnieniu, jeżeli ta część kory mózgowej zostaje zniszczoną. Pęczki piramidowe skrzyżowane poczynają się w przeciwległej półkuli mózgu i krzyżują się t. zn. przechodzą przez linię środkową w dolnej części rdzenia przedłużonego (*decussatio pyramidum*) ryc. 124, st. 354. Pęczki piramidowe przednie biegną po tej samej stronie rdzenia i krzyżują się stopniowo w swoim przebiegu w przednim spoidle rdzenia kręgowego. Wszystkie włókna pęczków piramidowych kończą się w rdzeniu kręgowym w ten sposób, że wstępując do szarej substancji rdzenia otaczają delikatnymi zakończeniami ruchowe komórki przednich rogów. Każde włókno pęczków piramidowych łączy jedną komórkę kory mózgowej z komórkami przednich rogów odpowiedniego odcinka rdzenia pacierzowego. Z tego wnosimy, że drogi te przenoszą podniety ruchowe z kory mózgowej do motorycznych komórek ruchowych rdzenia.

2. Ku przodowi od pęczków piramidowych w sznurze bocz-

nym znajduje się zbita wiązka włókien, które również ulegają zwyrodnieniu w kierunku zstępującym. Są to tak zwane pęczki M o n a k o w a (*rubro-spinales*); ich włókna pochodzą z komórek jądra czerwonego (*nucleus ruber*) t. j. masy szarej substancji w śródomózgowiu położonych wentralnie od jądra trzeciego nerwu.



Ryc. 124.

Poprzeczny przekrój rdzenia na wysokości krzyżowania się piramid. 1 — drogi piramidowe; 2 — rogi przednie; XI — n. accessorius; g — subst. gelatinosa.

Istnieją jeszcze włókna rozrzucone w sznurach przedniobocznych, które także ulegają zwyrodnieniu w kierunku zstępującym, a o których początkowo przypuszczano, że pochodzą z półkuli mózdzku tej samej strony. Wykazano jednak z wielkim prawdopodobieństwem, że pochodzą one z jądra Deiters'a w rdzeniu przedłużonym, które stanowi stację między mózdzkiem a rdzeniem pacierzowym. Włókna te są znane jako 3. pęczki przedsiolkowo-rdzeniowe (*vestibulo-spinales*). Oprócz tych szlaków istnieje jeszcze mała grupa włókien w tylnych sznurach białej substancji, które po przecięciu rdzenia ulegają zwyrodnieniu ku dołowi na przestrzeni kilku odcinków. Włókna te, tworzące tak zwany 4. pęczek przecinkowy, pochodzą przeważnie z korzonków tylnych, których włókna wszedłszy do rdzenia, dzielą się na ramię wstępujące i zstępujące; nadto jednak zawierają one włókna pochodzące z komórek rdzenia, utrzymują zatem związek pomiędzy poszczególnymi odcinkami rdzenia pacierzowego.

Substancja szara. Szara substancja rdzenia pacierzowego

może być uważana jako gruby sznur utworzony przez szereg parzystych zwojów nerwowych, z których każdy zaopatruje odcinek ciała. To prawidłowe ułożenie zmodyfikowane zostało w późniejszym okresie rozwoju odcinków przez przyrost nowych komórek pomiędzy odcinkami. Znaczne rozszerzenie szarej substancji znajdujemy w dwóch miejscach rdzenia pacierzowego t. j. w zgrubieniu szyjnym, z którego wychodzi splot barkowy i w zgrubieniu lędźwiowo-krzyżowym, które daje początek nerwom kończyn dolnych.

Niektóre grupy komórek szarej substancji są tak ułożone, że tworzą jakby słupy bądź przez całą długość rdzenia pacierzowego, bądź też na pewnej jego długości.

1. W rogach przednich znajdują się grupy dużych komórek (ryc. 123a). Są to komórki o licznych wypustkach, z których jedna przechodzi w włókno rdzenne przedniego korzonka; reszta wypustek to dendryty, które tworzą delikatną sieć włókien bezrdzennych, przyczyniając się do siatkowatej budowy szarej substancji. Grupa zewnętrzna wysyła włókna nerwowe specjalnie do mięśni kończyn.

2. Słupy boczne (*tractus intermedio-lateralis*) ograniczają się do piersiowej i górnej lędźwiowej części rdzenia, gdzie tworzą tak zwany róg boczny, a składają się z komórek, które mają pewien związek z nerwami trzewiowymi. Wypustki osiowe tych komórek opuszczają rdzeń przez korzonki przednie i przez t. zw. białe gałązki łączące (*rami communicantes*) wchodzą do układu współczulnego, w którego zwojach się kończą.

3. Komórki tylnych rogów (ryc. 123 b) są to komórki małe, ułożone w podstawie tylnych rogów.

4. Słupy Clarke'a (ryc. 123 c) biegnące od VII lub VIII odcinka szyjnego do III lędźwiowego złożone są z komórek dwubiegunowych, wrzecionowatych, o osi równoległej do osi rdzenia tak, że na przekrojach poprzecznych rdzenia przedstawiają się w formie małych komórek okrągłych. Wypustki tych komórek są w związku z włóknami pochodzącymi z komórek tylnych rogów oraz z szlakami mózdkowymi rdzenia.

Prócz wyliczonych grup rozróżniamy jeszcze komórki spoidłowe, różnej wielkości i różnego kształtu, których wypustki osiowe bądź kończą się w szarej substancji tej samej strony, bądź też przechodzą przez przednie spoidło białe na drugą stronę rdzenia i wreszcie komórki substancji gelatynowej Rolanda.

Korzonki rdzenia. Prawo Bella. Na różnicę w roli fizyologicznej korzonków przednich i tylnych wskazał pierwszy w roku 1811 lekarz angielski Karol Bell a Magendie (1822) zapomocą doświadczeń dokładnie oznaczył kierunek przewodzenia obu tych rodzajów korzonków. Prawo określające rolę tych korzonków w przewodzeniu stanów czynnych nazywa się dlatego prawem Bella lub Bella-Magendiego, a opiewa ono: korzonki przednie zawierają włókna wyłącznie ruchowe, korzonki zaś tylne wyłącznie czuciowe. W owym czasie nie znano jeszcze innych nerwów odśrodkowych jak tylko te, które zdążają do mięśni prądkowanych i dlatego wszystkie nerwy odśrodkowe uważano za nerwy ruchowe. Podobnie sądzono, że niema innych nerwów dośrodkowych, prócz nerwów przewodzących czucie. Obecnie wiemy, że obok nerwów ruchowych, zaopatrujących mięśnie prądkowane i gładkie, istnieją jeszcze inne włókna nerwowe, przewodzące stany czynne w kierunku ku obwodowi a to wydzielnicze i hamujące. Podobnie i oprócz włókien nerwów czuciowych są bezwątpienia i takie włókna przewodzące w kierunku ku układowi nerwowemu środkowemu, które nie pośredniczą w powstawaniu czuć świadomych. Dlatego możnaby obecnie sformułować prawo powyższe w ten sposób: korzonki przednie nerwów rdzeniowych zawierają tylko włókna odśrodkowe, korzonki zaś tylne włókna dośrodkowe, a wykazać je można zapomocą następujących bardzo pięknych doświadczeń, których pierwsze przedstawienie przez Magendiego stanowi jeden z bardzo ważnych etapów w dziejach fizjologii układu nerwowego.

Odsłaniaamy u zwierzęcia (n. p. w okolicy lędźwiowej rdzenia) jedną lub więcej par korzonków rdzenia i oddzielamy przednie korzonki od tylnych. Już na dotknięcie korzonka tylnego zwierzę żywo oddziaływa, a gdy go przecinamy, reakcyja ta w formie silnych ruchów, skomlenia i t. d. wskazuje, że zwierzę czuje dotkliwy ból. A gdy słabe drażnienie mechaniczne lub elektryczne końca dośrodkowego tylnego korzonka powoduje również żywą reakcyę, jako wyraz bólu, to najsilniejsze nawet drażnienie końca obwodowego, czy to mechaniczne, czy prądem elektrycznym nie powoduje wcale skurczów mięśni w kończynie zaopatrywanej przez dany korzonek. Wynika oczywiście z tego, że tylny korzonek zawiera włókna czuciowe, nie zawiera zaś włókien ruchowych.

Przecinamy następnie korzonek przedni. Podczas przecinania (w skutek wywołanego niem zadrażnienia) powstaje skurcz mięśni w odpowiedniej kończynie, natomiast brak zupełny objawów, któreby wskazywały, że przecięcie to spowodowało ból. Drażnienie końca dośrodkowego przeciętego korzonka przedniego pozostaje zupełnie bez skutku t. j. nie wywołuje żadnych objawów, drażnienie zaś obwodowego końca mechaniczne lub elektryczne, powoduje w mięśniach kończyny takie same skurcze, jakie się otrzymuje przez drażnienie nerwu ruchowego.

Jeżeli przetniemy wszystkie korzonki przednie, zaopatrujące n. p. kończynę tylną jednej (przypuścimy prawej) strony, i odpowiednie korzonki tylne drugiej (lewiej) strony, to zwierzę ma porażoną kończynę prawą, wlecze ją za sobą, gdy się porusza, ale reaguje całym ciałem (z wyjątkiem kończyny prawej), gdy tę kończynę (prawą) uciskamy lub kłujemy; natomiast pozostaje zupełnie obojętnem i nie reaguje wcale, gdy się drażni lewą kończynę, widać więc, że utraciło w niej wszelkie czucie, choć nie jest ona wcale porażoną; zwierze ją zgina, porusza podczas lokomoeyi tak jak przednie.

Pozorny wyjątek z prawa Bella stanowi zjawisko t. zw. czucia zwrotnego, które już Magendie sam był skonstatował. Jeżeli mianowicie drażnimy przedni korzonek u zwierzęcia ciepło-krwistego n. p. psa, to często zwierzę reaguje na tę podnieętę objawami bólu. Zjawisko to nie pochodzi jednak stąd, że jakieś włókna dośrodkowe wchodzą przez przednie korzenie do rdzenia, albowiem jeżeli przetniemy taki korzonek, to drażnienie odśrodkowego końca nie daje żadnych objawów, a tylko przez drażnienie obwodowego końca przeciętego korzonka wywołuje się reakcyę. A przewodzenie czucia ustaje i w tym obwodowym końcu, jeśli przetniemy równocześnie odpowiedni korzonek tylny albo kilka sąsiednich tylnych. Przewodzenie to odbywa się tu zatem też przez korzonki tylne w kierunku dośrodkowym, choć część drogi przebywa ono w kierunku odśrodkowym przez korzonek przedni. Włókna, które tu wchodzą w grę, są to włókna czuciowe z samego rdzenia a zwłaszcza jego opon, które posiadają bardzo liczne zakończenia czuciowe. Część włókien czuciowych samego rdzenia i opon t. j. te, które znajdują się na grzbietnej jego stronie, wchodzą do rdzenia wprost przez tylne korzenie. Te zaś włókna czuciowe, które zaopatrują przednią powierzchnię rdzenia i okrywające ją tkanki, opisują dłuższą drogę, t. j. wychodząc z rdzenia przez tylne korzonki, zwracają się po przejściu przez zwój międzykręgowy z powrotem do kanału kręgowego razem z przednim korzonkiem; są to zatem rzeczywiste włókna zwrotne.

Jak widzimy, nie jest to wcale wyjątek z prawa Bella, lecz dokładne jego przeprowadzenie. Wskazuje ono, że i włókna czuciowe bardzo blisko prze-

dniej powierzchni rdzenia się znajdujące, nie są z rdzeniem połączone za pośrednictwem przednich, lecz tylnych korzonków.

Prawdziwy jednak wyjątek z tego prawa stanowi fakt dostrzeżony najpierw przez Strickera, a przez innych autorów wielokrotnie potwierdzony, że w tylnych korzonkach rdzenia pacierzowego psa przebiegają włókna odśrodkowe zaopatrujące mięśnie gładkie naczyń krwionośnych; są to mianowicie nerwy rozszerzające naczynia (*vasodilatatores*) Drażniąc tylne korzenie lędźwiowe psa, obserwuje się rozszerzenie naczyń w odpowiedniej tylnej kończynie, i to nie tylko przy drażnieniu elektrycznym, ale także mechanicznym. U żab zaś znajdują się w tylnych korzonkach rdzenia włókna ruchowe, które zaopatrują mięśnie gładkie przewodu pokarmowego i pęcherza moczowego (Steinach).

Widać zatem z tych doświadczeń, że nie wszystkie włókna odśrodkowe przechodzą przez korzonki przednie, lecz że niektóre takie włókna, — przynajmniej część tych, które zaopatrują mięśnie gładkie — opuszczają rdzeń drogą korzeni tylnych.

Zgadza się z tem i wyniki badań embryologicznych, które wskazują, że niektóre włókna korzonków tylnych pochodzą z ruchowych komórek przednich rogów szarej substancji.

Przewodzenie w rdzeniu pacierzowym. Całkowite przecięcie rdzenia pacierzowego znosi zupełnie związek czynnościowy między mózgiem a tą częścią ciała, której nerwy wychodzą z rdzenia poniżej miejsca przecięcia. Ustają w tych częściach ciała zarówno ruchy dowolne, jak i czucie, a pozostają tylko te czynności odruchowe i automatyczne, dla których ośrodki znajdują się w odciętej części rdzenia. To doświadczenie, od dawna niezliczone razy powtarzane, poparte przez wielką liczbę spostrzeżeń na ludziach, dowodzi, że przewodzenie podniet dośrodkowych od obwodu ku mózgowi, jak również i przewodzenie w kierunku odśrodkowym impulsów, wychodzących z mózgu, dla tych części ciała, których nerwy wychodzą z rdzenia, odbywa się wyłącznie przez rdzeń. Jedną więc z czynności rdzenia pacierzowego jest, jak wyżej już mówiliśmy, przewodzenie stanów czynnych, pośredniczenie między nerwami obwodowymi a mózgiem.

Również wiadomą jest rzeczą, że tak drogi ruchowe, jak i drogi czuciowe w przebiegu swoim od mózgu ku obwodowi ulegają skrzyżowaniu. Widzieliśmy bowiem, że po zniszczeniu pewnych części kory mózgowej lub dróg białej substancji mó-

zgu występuje porażenie ruchów i utrata czucia po przeciwległej stronie ciała, a drażniąc okolice psychomotoryczną kory mózgowej, otrzymuje się ruchy również po przeciwległej stronie ciała.

Zadaniem badań fizjologicznych i anatomicznych było przede wszystkim stwierdzić, w którym miejscu swego przebiegu następuje to skrzyżowanie. Jeżeli przetniemy jedną tylko połowę rdzenia, prawą lub lewą, czyli wykonamy t. zw. hemisekcję rdzenia, to nastąpi porażenie lub bardzo znaczne osłabienie ruchów we wszystkich tych mięśniach, których nerwy opuszczają rdzeń poniżej miejsca uszkodzenia, jednak tylko po stronie przecięcia; ruchy dowolne po stronie przeciwległej nie będą upośledzone. Natomiast wystąpi po stronie przeciwległej utrata lub znaczne upośledzenie czucia. Po stronie operacji czucie nie jest upośledzone, lecz owszem nawet przez kilka tygodni obserwować można po tej stronie przeczulicę (*hyperaesthesia*), szczególnie zwiększenie czucia bólu (*hyperalgesia*). Cały ten kompleks objawów obserwowany po połowiczem przecięciu rdzenia tak u człowieka, jak i u zwierząt (psa, królika), znany jest jako objaw hemisekcji rdzenia Brown-Séquarda, i dowodzi, że włókna nerwowe, które przewodzą podniety do ruchów dowolnych, przebiegają w rdzeniu pacierzowym przeważnie po tej samej stronie, po której wychodzą odpowiednie pnie nerwów, a skrzyżowaniu już uległy wyżej, drogi zaś czuciowe krzyżują się w rdzeniu tuż przed wyjściem z niego i wejściem w skład korzonków.

Za tem też przemawiają i takie doświadczenia, w których na pewnej długości przecinano rdzeń podłużnie w linii środkowej, dzieląc go w ten sposób na dwie symetryczne oddzielone od siebie części. Przekrój taki przerywa oczywiście spoidła między obiema połowami rdzenia i, jak się okazało, nie upośledza prawie wcale ruchów dowolnych, natomiast upośledza czucie po obu stronach ciała.

Zaburzenia wywołane przez hemisekcję rdzenia nie są jednak trwałe. Najpierw ustępują objawy przeczulicy (po stronie przecięcia), którą uważać należy za następstwo podrażnienia urazowego pewnych części rdzenia. Z kolei zmniejszają się i stopniowo znikają objawy utraty względnie upośledzenia czucia (po stronie przeciwległej przecięciu); najdłużej zaś utrzymuje się porażenie ruchów, które jednak także, acz powoli, znacznie się poprawia, a czasem zupełnie ustępuje.

Na podstawie opisanych powyżej doświadczeń i spostrzeżeń możemy określić skrzyżowanie się dróg nerwowych w ten sposób:

a) Drogi nerwowe dla ruchów dowolnych krzyżują się po największej części wysoko w piramidach. Jednakże część tych włókien (szczególnie u człowieka) przebiega w rdzeniu pacierzowym po tej samej stronie co w mózgu, a krzyżuje się dopiero w rdzeniu pacierzowym na wysokości odpowiedniego korzonka ruchowego. Wszystkie te włókna w każdym razie wchodzą do szarej substancji, gdzie w przednich jej rogach przenoszą podniecie na nowe neurony, rozpoczynające się od komórek ruchowych, które dają początek włóknom przednich korzonków.

b) Drogi dośrodkowe, czuciowe, wychodzące z jednej półkuli mózgu przechodzą po większej części przez połowę rdzenia tej samej strony, a krzyżują się dopiero na tej wysokości rdzenia, gdzie go opuszczają, aby przejść do tylnych korzonków. Idąc za włóknami czuciowymi w kierunku dośrodkowym t. j. kierunku, w którym przewodzą podniecie, powiemy, że włókna nerwów dośrodkowych, wchodzące do rdzenia przez korzenie tylne, przekraczają od razu linię środkową rdzenia i dążą ku mózgowi przez przeciwległą połowę rdzenia pacierzowego. Jednakże i tu część włókien dośrodkowych przebiega przez rdzeń nieskrzyżowana i ulega dopiero skrzyżowaniu w śródomózgowiu. Za tem przemawia ta okoliczność, że znieczulenie wywołane przez hemisekcyę, po pewnym czasie ustaje; podniecia wtedy przechodzi przez pozostałe włókna, które krzyżują się wyżej i dlatego pozostały nienaruszone.

O przebiegu dróg dośrodkowych i odśrodkowych w rdzeniu.

Nie dość jednak określić miejsce, w którym ulegają skrzyżowaniu włókna nerwowe, łączące mózg z obwodem, zadaniem naszym musi być jeszcze dokładne określenie, jakimi szlakami przebiegają one w rdzeniu kręgowym i to, jaki jest przebieg w substancji białej i w szarej włókien dośrodkowych, a jaki w odśrodkowych.

Już poznanie, że nerwy czuciowe i ruchowe opuszczają rdzeń pacierzowy przez osobne korzonki, zmuszało do badania, czy już w samym rdzeniu pacierzowym drogi ruchowe i czuciowe przebiegają oddzielnie od siebie. W dalszym ciągu jeszcze bardziej szczegółowo badać zaczęto, czy osobne istnieją drogi w rdzeniu dla różnego rodzaju czuć (dotyku, bólu, temperatury) i dla nerwów odśrodkowych różnego rodzaju (ruchowe, wydzielnicze) lub nerwów rozmaitych obszarów ciała. Badania te nie są dotąd jeszcze ukończone i tylko nieznaczna część tych kwestyi można uważać za rozstrzygniętą.

Metody badania, które doprowadziły do poznania tych szlaków, względnie które jeszcze przyczynić się mogą do uzupełnienia

naszych wiadomości, są bądź to morfologiczne, bądź też doświadczalne, bądź wreszcie opierają się na spostrzeżeniach klinicznych w połączeniu z badaniem anatomo-patologicznem.

Odkrycie Flechsig'a, że rozwój osłonek rdzennych w włóknach nerwowych układu środkowego następuje w ten sposób, iż czynnościowo należące do siebie układy włókien otrzymują równocześnie myelinę, przyczyniło się znacznie do zróżnicowania szlaków nerwowych w rdzeniu kręgowym. Znakomity środek badania morfologicznego w tej mierze stanowi jednak przede wszystkim śledzenie przebiegu z wyrodnienia następowego. Anatomiczne badanie takich preparatów rdzenia ludzkiego, który za życia był siedzibą procesów chorobowych, pouczyło, że zależnie od umiejscowienia danej zmiany chorobowej, obserwuje się wyrodnienie bądź wstępujące, bądź zstępujące a obejmujące pewne tylko sznury rdzenia. A ponieważ wyrodnienie takie obejmuje według prawa Wallera tylko te odcinki włókien nerwowych, które odcięte zostały od swej komórki nerwowej, przeto dokładne śledzenie przebiegu tych wyrodnień pozwala niejednokrotnie wysnuwać zupełnie pewne wnioski co do początku i zakończenia niektórych włókien lub całych wiązek włókien nerwowych, jakoteż co do ich przebiegu dośrodkowego i odśrodkowego.

Zjawisko wyrodnienia następowego dało się też wyzyskać i w badaniach doświadczalnych w ten sposób, że wycina się pewne części mózgu lub przecina się pewne drogi nerwowe łączące mózg z rdzeniem, albo wreszcie nacina się częściowo sam rdzeń pancerzowy i bada się następnie przebieg wyrodnienia w rdzeniu. Badaniom tym przysłała w pomoc i metoda Nissla, polegająca na poznaniu, że po przecięciu włókien nerwowych występują też i charakterystyczne zmiany w komórkach nerwowych, z których włókna te biorą początek.

Eksperymentalne zaś badanie przewodzenia w rdzeniu odbywa się w ten sposób, że wykonywa się częściowe, ściśle ograniczone przecięcia rdzenia i bada się, czy nastąpi utrata czucia, jakiego rodzaju i stopnia ono będzie, który obszar powierzchni czuciowej ona obejmie, oraz czy wystąpi porażenie i których grup mięśni ono dotyczy. Badanie przebiegu dróg ruchowych odbywa się w tych wypadkach także i w ten sposób, że drażnimy okolicę psychomotoryczną kory mózgowej, by z reakcyi przekonać się, czy jakie włókna nerwowe odśrodkowe zostały przez daną operacyę

przerwane. Ponieważ badanie czucia — szczególnie różnego rodzaju czucia — napotyka u zwierząt na znaczne trudności, posługują się badacze dla zbadania przebiegu dróg dośrodkowych w tych razach śledzeniem zmian przedmiotowych, wywołanych przez drażnienie nerwów dośrodkowych jak obserwacją czynności serca i ciśnienia krwi (Woroszyłow, Bikeles), rozszerzenia źrenic, wydzielania śliny, dalej obserwowaniem zwierząt tresowanych i wreszcie badaniem prądów czynnościowych. W tych wszystkich doświadczeniach musi badanie fizyologiczne iść w ścisłej łączności z anatomicznym, którego zadaniem jest dokładne określenie miejsca przeciętego i ewentualnie także skonstatowanie, w których szlakach rdzenia wystąpiło zwyrodnienie następowe.

Drogi ruchowe. Liczne doświadczenia z częściowym przecięciem rdzenia przekonały, że drogi ruchowe głównie i prawie wyłącznie przebiegają przez sznury boczne białej substancji. Przecięcie bowiem sznurów bocznych znosi ruchy dowolne po stronie przecięcia, drażnienie zaś okolicy psychomotorycznej kory mózgowej staje się również bezskutecznym po zniszczeniu sznurów bocznych na całym przekroju. Ponieważ włókna nerwowe wychodzące z okolicy psychomotorycznej kory mózgowej, biegnące dalej przez torebkę wewnętrzną (*capsula interna*), skrzyżowawszy się po największej części w rdzeniu przedłużonym, dążą potem jako pęczki piramidowe boczne przez boczne sznury rdzenia i stanowią następnie główne połączenie z ruchowymi komórkami przednich rogów (które dają początek przednim korzonkom), przeto od dawna przyjęło się zapatrywanie, że porażenie ruchów, wywołane przez przecięcie sznurów bocznych jest następstwem zniszczenia pęczków piramidowych. Stąd też uważa się powszechnie pęczki piramidowe jako szlaki dla ruchów dowolnych, których największa część skrzyżowana w *decussatio pyramidum* biegnie przez sznury boczne, niewielka zaś część (i to tylko w górnej części rdzenia pacierzowego) nieskrzyżowana dąży przez sznury przednie jako t. zw. pęczki piramidowe przednie i to częściowo pozostają po tej samej stronie, częściowo przechodzą do komórek ruchowych przeciwległej połowy rdzenia.

Atoli spostrzeżenia nowsze z dziedziny neuropatologii i doświadczenia na zwierzętach pogląd ten znacznie zmodyfikowały. Przekonano się n. p., że pęczki piramidowe u niższych ssaków są

bardzo słabo rozwinięte, a u wyższych — jak n. p. u psów — nie stanowią one jedynej drogi dla podniet ruchowych. Albowiem po przecięciu pęczków piramidowych na brzusznej powierzchni rdzenia przedłużonego nie występuje trwałe porażenie ruchów, a przez drażnienie okolicy psychomotorycznej kory mózgowej można mimo przecięcia tych pęczków otrzymać ruchy kończyn (jakkolwiek musimy wtedy używać prądów o wiele silniejszych niż u zwierząt prawidłowych). Mimo to jednak skonstatowano z wszelką pewnością, że drażnienie pęczków piramidowych w rdzeniu przedłużonym wywołuje ruchy przeciwległych kończyn a przecięcie całej połowy rdzenia z zachowaniem tylko bocznego pęczka piramidowego wystarcza, aby drażnienie kory mózgowej dawało odpowiednie ruchy.

Wszystkie te doświadczenia przemawiają za tem, że drogi piramidowe mają znaczenie przeważające w przewodzeniu podniet do ruchów dowolnych, że jednakże obok nich istnieją i inne drogi, które utrzymują związek pomiędzy korą mózgową a komórkami ruchowymi rdzenia pacierzowego.

Jako takie drogi uważamy szlaki drugorzędne, złożone z kilku neuronów a przebiegające w rdzeniu również w sznurach bocznych jako t. zw. wiązka Monakowa (*Tractus rubro-spinalis*). Są to szlaki łączące komórki ruchowe przednich rogów rdzenia z jądrem czerwonym, które znowu połączone jest z wzgórkami wzrokowym a przezeń z odpowiednią częścią kory mózgowej (str. 354). Przecięcie samej wiązki Monakowa także nie znosi zdolności przewodzenia stanów czynnych z kory mózgowej do przednich korzonków; wtedy oczywiście zadanie to spełniają drogi piramidowe. Po przecięciu zaś obu tych szlaków, a zatem po przecięciu całego sznura bocznego, nie można już otrzymać ruchów przez drażnienie kory mózgowej strony przeciwległej.

U człowieka drogi piramidowe są anatomicznie o wiele silniej rozwinięte niż *tractus rubro-spinalis*, podczas gdy u niższych ssaków, u których rozwój kory mózgowej w stosunku do zwojów podkorowych jest nieznaczny, stosunek obydwóch wymienionych szlaków jest odwrotny. To też i czynnościowo mają drogi piramidowe u człowieka przewagę nad szlakami rubro-spinalnymi tak, że zniszczenie dróg piramidowych pociąga za sobą u człowieka prawie zawsze trwałe porażenie lub niedowład mięśni.

Obok sznurów bocznych mają znaczenie dla przewodzenia podniet do ruchów dowolnych także i sznury przednie i to w sznurach tych przebiegające nieskrzyżowane drogi piramidowe przednie, (z których część przed samem zakończeniem w otoczeniu komórek ruchowych ulega skrzyżowaniu, gdy reszta pozostaje już do końca po tej samej stronie). Rola ich jest jednak w ogóle

mała i wobec znaczenia potężnych szlaków zawartych w bocznych sznurach ustępuje na plan drugi.

Drogi czuciowe. Przebieg dróg dośrodkowych w rdzeniu mniej jest znany niż dróg ruchowych. W nauce o zmysłach dowiemy się że czucie skórne rozdziela się na czucie dotyku, czucie temperatury i czucie bólu, że nadto posiadamy t. zw. czucie mięśniowe czyli głębokie, które pomaga nam w regulacji ruchów. Tym różnym rodzajom czucia odpowiadają też najprawdopodobniej oddzielne zakończenia nerwowe i osobne włókna nerwowe. Już poznanie tego faktu pozwala przypuścić, że i w rdzeniu pacierzowym przewodzenie tych różnych kategorii czuć odbywa się po oddzielnych drogach. W rzeczywistości też doświadczenia na zwierzętach, a więcej jeszcze spostrzeżenia z dziedziny patologii, potwierdziły w zupełności to zapatrywanie, jakkolwiek co do właściwego umiejscowienia różnych tych dróg wiadomości nasze nie są we wszystkich szczegółach pewne.

1) Badanie przewodzenia czucia dotyku szczególnie napotyka na znaczne trudności i dało wyniki dotąd niepewne. Wątpliwości zdaje się nie ulega, że ważny udział biorą w przewodzeniu czucia tego sznury tylne rdzenia, których zniszczenie rzeczywiście wywołuje zaburzenia w czuciu dotyku, jakkolwiek niezupełnie je znosi. Przebieg dróg czucia dotyku jest — jak się zdaje — różny w rdzeniu człowieka i tych zwierząt, które eksperymentatorom służyły do badań porównawczych, i stąd pochodzą sprzeczności w zapatrywaniach różnych autorów. Na podstawie bogatego materiału klinicznego, zestawionego przez Petréna, można powiedzieć, że nerwy czucia skórniego mają przebieg następujący: część włókien przebiega w tylnych sznurach jako długi szlak nieskrzyżowany, są to głównie włókna przewodzące czucie ucisku; reszta przechodzi z tylnego rogu szarej substancji do drugiej połowy rdzenia tak, że następuje zupełne skrzyżowanie ich w linii środkowej. Po skrzyżowaniu wchodzi te drogi do sznurów bocznych i zdążają ku bocznej (lateralnej) połowie tego sznura, szlaki jednak w górnej części rdzenia pozostają w środkowej (medyalnej) połowie tak, że następuje stopniowe przesuwanie się dróg wymienionych ku obwodowi. Drogi te odpowiadają w części włóknom wiązki Gowersa.

Dawniejsze zapatrywanie Schiffa, że wyłącznymi przewodnikami czucia dotyku są sznury tylne, że po ich przecięciu (w rdzeniu psa), następuje utrata tego czucia i że odwrotnie po przecięciu całego rdzenia z wyjątkiem

sznurów tylnych czucie to pozostaje nienaruszone, obalone zostało doświadczeniami nowszymi (głównie Bikelesa i Borcherta).

2) Czucie bólu przewodzą niewątpliwie sznury boczne i to przeciwległej strony rdzenia, drogi więc czuciowe krzyżują się również bezpośrednio po wejściu do rdzenia. Połączenie sznura bocznego z włóknami korzonków przychodzi tu także do skutku za pośrednictwem szarej substancji, z czego oczywiście wynika, że i szara substancja rdzenia bierze udział w przewodzeniu czucia bólu (jak i czucia dotyku). Dzieje się to w ten sposób, że włókna tylnych korzonków kończą się w tylnych rogach szarej substancji a z komórek tylnych rogów wychodzą szlaki wtórorzędne, które zdążają do sznurów bocznych drugiej połowy rdzenia i to, jak kliniczne spostrzeżenia pouczają, w zewnętrznej części tych sznurów.

Nieprawdopodobnem jest zapatrywanie Schiffa, że jedyną drogą przewodzenia czucia bólu w rdzeniu stanowi szara substancja. Po przecięciu bowiem całej szarej substancji wraz z białą, z pozostawieniem jednego sznura bocznego, czucie bólu było w obu kończynach utrzymane (Bikeles). Znane też są przypadki chorobowe, w których mimo zupełnego zniszczenia szarej substancji w górnej części rdzenia czucie bólu było zachowane. Doświadczenia Schiffa, w których się okazało, że po przecięciu całego rdzenia pozostawienie choćby mostka szarej substancji wystarcza do przewodzenia czucia bólu, że jednak przewodzenie tego czucia ulega znacznemu opóźnieniu, rzucają pewne światło na sposób naszego pojmowania przewodzenia w rdzeniu. Doświadczenia te mianowicie wykazują, że po przecięciu białej substancji przewodzenie w rdzeniu napotyka na znaczny opór. Musimy zatem wnosić z tego, że wyżej opisana droga przewodzenia przez substancję szarą i sznury boczne przedstawia najbardziej wyszlifowane, najczęściej a może nawet w warunkach prawidłowych jedynie używany szlak, który też stawia przewodzeniu najmniejszy opór. Po przecięciu białej substancji pozostają drogi złożone, krótkie połączenia, które zadanie przewodzenia spełniają, a w których przewodzenie odbywa się z daleko większym oporem.

Za przewodzeniem czucia dotyku i bólu także i przez szarą substancję przemawia też i wynik doświadczenia Stensona, które znosi oba rodzaje czucia, a w którym zmiany odżyweze spowodowane ustaniem krążenia dotyczą tylko komórek nerwowych, podczas gdy biała substancja pozostaje nietkniętą.

3) Czucie temperatury. Drogi nerwowe czucia ciepłoty mają u człowieka przebieg analogiczny z przebiegiem dróg czucia bólu tak, że po zniszczeniu wymienionych wyżej dróg nerwowych występuje utrata czucia ciepła i zimna równocześnie z utratą czucia bólu. Te drogi zatem także wchodzi do tylnych rogów szarej substancji, stąd dostają się do przeciwnego sznura bocznego, w którym wstępują ku górze.

4) Czucie mięśniowe. Obserwacje kliniczne przemawiają za tem, że drogi czucia głębokiego czyli mięśniowego (czucie położenia, ruchów, siły) przebiegają przedewszystkiem w sznurach tylnych. Są cierpienia rdzenia (wiad rdzenia czyli tabes), w których zniszczeniu ulegają sznury tylne, a w których mimo zachowania czucia dotyku występuje upośledzenie czucia położenia kończyn i bezład ruchów. Objawy te przemawiają właśnie za zniesieniem czucia głębokiego. Obok sznurów tylnych niewątpliwie i pęczek mózgdźkowo-rdzeniowy i wiązka Gowensa biorą ważny udział w przewodzeniu czucia mięśniowego. Drogi te — jak wiemy — kończą się w mózdzku; o ile zatem w wykonywaniu ruchów dowolnych potrzeba kontroli tych ruchów za pośrednictwem świadomych wrażeń czucia mięśniowego, muszą stany czynne z mózdzku przejść zapomocą poznanych wyżej połączeń do kory mózgowej.

Drogi czucia mięśniowego przebiegają w rdzeniu nie skrzyżowane, a te, które wchodzi do mózdzku, pozostają również po tej samej stronie. Dopiero w dalszym przebiegu ku mózgowi przechodzą na stronę przeciwną.

Rdzeń pacierzowy jako narząd ośrodkowy. Czynność rdzenia pacierzowego nie ogranicza się tylko do przewodzenia podniet do mózgu i z mózgu; rdzeń pacierzowy spełnia także bardzo ważne zadanie jako narząd centralny, posiadający wybitną samodzielną. Wskazuje już to budowa anatomiczna, przede wszystkim obecność szarej substancji, której składniki wszakże zawsze występują tam, gdzie odbywa się czynność t. zw. ośrodkowa, dalej, że rdzeń pacierzowy nie cieńszeje tak jak pień nerwu obwodowego w miarę jak oddaje gałązki, lecz zachowuje prawie jednaką grubość do końca, a w części szyjnej i lędźwiowej posiada nawet znaczne zgrubienia. Coraz cieńszymi ku dołowi stają się tylko te części sznurów białej substancji, które poznaliśmy jako drogi mózgowe. Więcej jeszcze niż rozważania anatomiczne dowodzą liczne objawy otrzymane w badaniach fizjologicznych, że rola rdzenia pa-

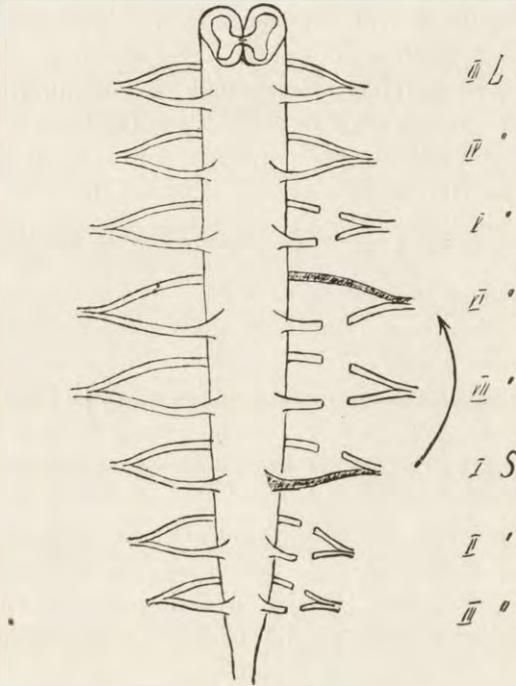
cierzowego jako narządu ośrodkowego jest znaczna. Przedewszystkiem zaś okazuje zwierzę po odcięciu rdzenia od mózgu wybitne zjawiska odruchowe.

1) Ośrodki odruchowe rdzenia. W ogólnej fizyologii układu nerwowego zajmowaliśmy się zjawiskami odruchowymi, jako podstawowymi czynnościami tego układu. Tu pozostaje nam omówić te odruchy, których siedzibą jest rdzeń kręgowy. Po przecięciu rdzenia kręgowego pod przedłużonym można u żaby przez drażnienie skóry otrzymać regularne i skojarzone odruchy obronne, które tak mało różnią się od ruchów dowolnych, że niektórzy autorowie (Pflüger) skłonni byli przyjmować istnienie w rdzeniu przejawów psychicznych. Podobne odruchy możemy wywołać także u zwierząt ssących po przecięciu rdzenia pacierzowego w kończynach, których nerwy odchodzą poniżej miejsca przecięcia. Odruchy te w ogólności przedstawiają się jako ruchy zborne i noszą cechy ruchów niewątpliwie celowych. Odruchy rdzeniowe podzielić możemy ze względu na narząd wykonawczy na takie, w których występuje czynność mięśni szkieletu i takie, w których narządem wykonawczym są mięśnie gładkie lub gruczoły. Pierwsze nazywamy odruchami animalnymi, drugie wegetacyjnymi; te zaś zależnie od tego, czy wchodzą w czynność mięśnie gładkie, czy gruczoły, nazywamy odruchami trzewiowymi lub wydzielniczymi.

Najbardziej dostępne badaniu są odruchy pierwszego rodzaju, w których wynikiem drażnienia jest ruch jakiś spowodowany skurczem mięśni prądkowanych. Badając właśnie odruchy rdzeniowe, poznano prawa ogólne dotyczące się odruchów, o których mowa była w ogólnej fizyologii układu nerwowego. Z przytoczonych tam praw Pflügera — o ile tyczą się rozszerzania się odruchów w rdzeniu — ważnem jest przedewszystkiem to, że zazwyczaj ogranicza się odruch do strony drażnionej i do kończyny drażnionej, t. j. do takich grup mięśni, których nerwy pochodzą z tych samych odcinków rdzenia, do których zdążają drażnione właśnie nerwy dośrodkowe. Odruch taki nazywamy miejscowym albo odcinkowym (Beck i Bikeles).

Największa część odruchów rdzeniowych, to właśnie odruchy odcinkowe, w których ramię doprowadzające i odprowadzające łuku odruchowego pochodzą z tego samego odcinka, lub sąsiadujących ze sobą odcinków rdzenia pacierzowego. Najczęściej ośrodek odru-

chowy rozciąga się przez kilka odcinków rdzenia i to w ten sposób, że unerwienie odpowiadające jednemu odcinkowi, znajduje się także i w drugim, lub trzecim, czasem nawet i w czwartym odcinku. Toteż jeżeli się przetnie korzonki nerwowe jednego lub dwóch sąsiadujących odcinków rdzenia, w których leżą ośrodki pewnego wybranego odruchu, to odruch taki mimo to może dojść do skutku, gdy jeszcze pozostała nienaruszoną jedna para korzonków, biorą-



Ryc. 125.

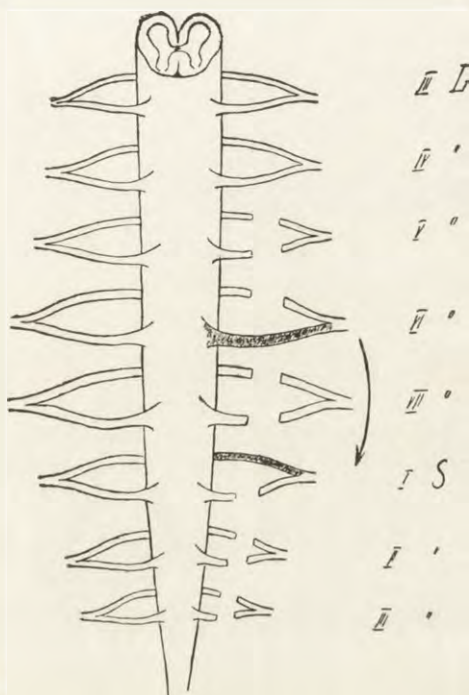
Łuk odruchowy wstępujący. (Opis w tekście).

cych udział w danym łuku odruchowym. Wynika z tego, że każda para taka korzonków tworzy już kompletny łuk odruchowy, wystarczający najzupełniej do tego, by odruch mógł się odbywać, łuk, który nadto powtarza się poraz wtóry i trzeci a nawet czasem i czwarty w sąsiednich odcinkach.

Co więcej, odruch miejscowy otrzymać nawet można i wtedy, gdy przez przecinanie odpowiednich korzonków sprowadza się takie warunki, że stan czynny w rdzeniu pacierzowym musi przechodzić

przez kilka odcinków w ten sposób, że ramię doprowadzające i odprowadzające łuku odruchowego znajduje się w dwóch odcinkach, oddzielonych od siebie jednym lub dwoma takimi odcinkami, których korzonki są zupełnie przecięte (Beck i Bikeles).

I tak n. p. w doświadczeniu, którego schematyczny rysunek przedstawia ryc. 125, mimo przecięcia całego VII korzonka lędźwiowego, oraz tylnego VI lędźw. i przedniego I krzyżowego, można otrzymać pewien odruch miejscowy (zgięcie palców i stopy pod wpływem lekkiego uklucia). Oczywiście tu podnieta do odruchu wchodzi do rdzenia przez I krzyżowy odcinek, a impuls do ruchu



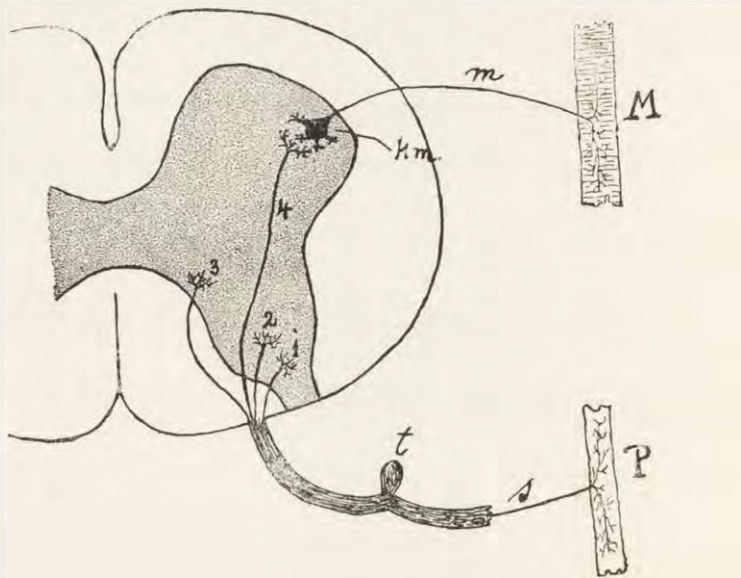
Ryc. 126.

Łuk odruchowy zstępujący. (Opis w tekście).

wychodzi przez odcinek VI lędźwiowy, oddzielony od poprzedniego odcinkiem VII, którego korzonki zupełnie są przecięte. Kierunek łuku odruchowego w rdzeniu jest tu wstępujący. W ten sam sposób może stan czynny w rdzeniu przebiegać i w kierunku zstępującym (p. np. ryc. 126), a obejmować nie tylko 3, lecz także 4, a nawet i 5 odcinków, jak to wykazały badania Becka i Bikelesa za pomocą śledzenia prądów czynnościowych.

Doświadczenia te mają to znaczenie, że pouczają nas, jaka jest anatomiczna podstawa łuku odruchowego w rdzeniu. Wiemy,

że ze sznura tylnego, który stanowi dalszy ciąg korzonków tylnych, zdążają liczne gałązki oboczne do tylnego rogu tejsamej strony rdzenia, gdzie część ich biegnie w głąb rogu przedniego. Są to tak zwane najdłuższe gałązki oboczne (4 ryc. 127), które rozdzielając się wachlarzowato, dochodzą aż do komórek ruchowych przednich rogów (*Km* ryc. 127). Te zatem włókna najdłuższe mogą tworzyć łuk odruchowy prosty, czyli łuk odruchu miejscowego, który biegnie od powierzchni czuciowej *P* przez włókno dośrodkowe *s*, korzonek tylny *t* i włókno *4* do komórki ruchowej *Km*, stąd przez



Ryc. 127.

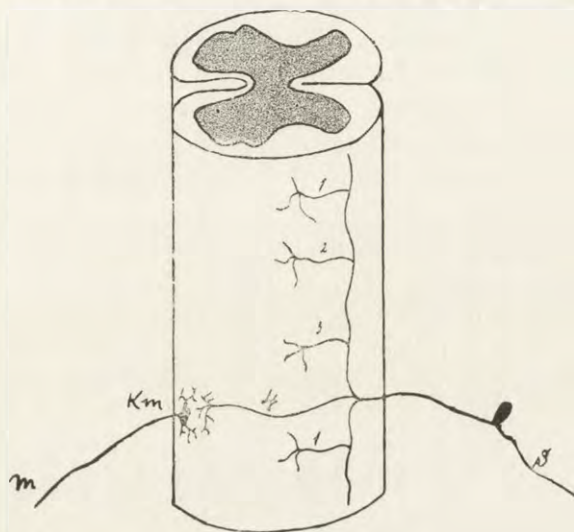
Anatomiczna podstawa łuku odruchowego w rdzeniu pacierzowym.

P — powierzchnia czuciowa; *s* — włókno dośrodkowe korzonka tylnego *t*; 1, 2, 3 — krótkie gałązki oboczne pozostające w rogu tylnym; 4 — długa gałązka oboczna sięgająca do komórki ruchowej *km* w przednim rogu szarej substancji; *m* — włókno ruchowe korzonka przedniego; *M* — mięsień.

włókno odśrodkowe *m* do mięśnia *M* (ryc. 127). Ponieważ jednak (jak to wykazał Bikeles) długie gałązki oboczne, pochodzące z włókien jednego korzonka tylnego, pozostają w danym odcinku rdzenia, a co najwyżej jeszcze w sąsiednim, nie dochodzą zaś do dalszych (ryc. 128), a ponieważ, jak widzieliśmy, odruch może dojść do sku-

tku nawet i wtedy, gdy włókno doprowadzające łuku odruchowego oddalone jest od włókna odprowadzającego o kilka odcinków, wynika z tego, że łuk odruchu miejscowego może przechodzić też i inną drogą. Drogę tę stanowią mogą tylko krótkie gałązki oboczne (ryc. 128 l. 2, 3), które pozostają w tylnych rogach szarej substancji, a które pośrednio, czyto za pomocą komórek włazocznych typu Golgiego, czytoż za pośrednictwem wtórorzędnych włókien nerwowych, doprowadzają podniecie do komórek ruchowych.

Odruchy miejscowe powstają najczęściej pod wpływem podniet słabych. Gdy siła podnieuty wzrasta, obejmuje ruch odruchowy



Ryc. 128.

Schemat uwidoczniający różnice między długością gałązek obocznych na poziomie wejścia korzonka tylnego. 4 — długa oboczna, która dąży do komórki ruchowej *Km*. Z gałązek znajdujących się wyżej i niżej tego miejsca odchodzą krótkie oboczne; 1, 2, 3, 1'. *S* — włókno czuciowe; *M* — ruchowe.

coraz większe grupy mięśni, przedewszystkiem tejsamej strony ciała, a później i strony przeciwległej. Po przecięciu n. p. rdzenia pacierzowego zwierząt ssących w części szyjnej drażnienie kończyny przedniej powoduje najpierw odruch drażnionej kończyny, potem kończyny tylnej tej samej strony i ogona; przy dalszem wzmacnianiu podnieuty występuje odruch w drugiej kończynie tylnej, a na końcu w drugiej przedniej. Jeżeli się zaś drażni tylną łapkę, to ko-

lej, w której ruchy odruchowe się odbywają, jest następująca: kończyna tylna drażniona, druga kończyna tylna i ogon, kończyna przednia tejsamej strony, druga kończyna przednia (Sherrington).

Z tego widać, że odruchy rozszerzają się w rdzeniu zarówno w kierunku oralnym, jak i w kierunku ogonowym i to najczęściej nieprzerwanie z jednej grupy mięśniowej na sąsiednie.

Niektóre jednak odruchy ciała przebiegają po łuku odruchowym odmiennym, niż wyżej opisany. Są mianowicie odruchy, które nawet przy najslabszem podrażnieniu nie ograniczają się do części ciała drażnionej, lecz obejmują symetryczne grupy mięśni drugiej połowy ciała; są to tak zwane odruchy obustronne symetryczne. Często jednak odruch po stronie drażnienia jest silniejszy niż po przeciwnej. Tu należy n. p. obustronne odruchowe mrużenie powiekami, odruch źrenicy, obustronne skurcze przepony, występujące u zwierząt z przeciętym wysoko rdzeniem przy drażnieniu skóry, inne odruchy oddechowe, jak kaszel, czkawka, kichanie i t. p.

Znane są także odruchy skrzyżowane, w których pod wpływem podniet, trafiających jedną stronę ciała, odruch odbywa się w drugiej połowie ciała i to bądź w grupach mięśni, których nerwy należą do tego samego odcinka, bądź też w dalszych. Tego rodzaju odruchy znajdujemy najczęściej, choć nie wyłącznie, u zwierząt, u których lokomocya odbywa się przez używanie skrzyżowanych kończyn (kłus).

Odruchy skórne i głębokie.

Odruchy występujące u człowieka dzielimy na skórne czyli powierzchowne i ścięgniste czyli głębokie. Podział ten ma szczególne znaczenie z klinicznego punktu widzenia, a opiera się na różnicach w narządzie odbiorczym łuku odruchowego.

a) Odruchami skórnymi nazywamy odruchy ograniczone najczęściej do małej grupy mięśni, które otrzymuje się przez lekkie drażnienie (głaskanie lub słabe pocieranie) pewnej części skóry. Ich stałość i forma są uderzające. Tu należą tak zwane: odruch jądrowy, to jest skurcz mięśni podnoszących jądro (*m. cremaster*) przy głaskaniu wewnętrznej części uda, odruch mięśni brzusznych, wywołany przez drażnienie skóry brzucha, odruch podeszwowy, t. j. ruch palców, szczególnie palucha przez głaskanie skóry podeszwy i t. d. U psa można również wywołać cały szereg rozmaitych odruchów skórnych przez lekkie drażnienie skóry różnych okolic

ciała. Z tych odruchów niektóre nabrały większego znaczenia, gdyż służyły do dokładniejszego studyowania zjawisk odruchowych.

Pocierając palcem po skórze okolicy krzyżowej, wywołujemy u psa tak zwany odruch drapania, który bądź ogranicza się do kilku silnych wyprostowań kończyny tylnej tej samej strony, bądź też przechodzi w wybitne drapanie. Odruch rzyciowy (analny) i skórno-rzyciowy polega na rytmicznych skureczach zewnętrznego zwieracza rzyci (*sfincter ani externus*), wywołanych przez mechaniczne drażnienie błony śluzowej lub głaskanie skóry koło otworu stolcowego; podobne odruchy skórne są: odruch mosznowy, odruch zgięcia palców wywołany lekkim ukluciem stopy i t. d. Do odruchów skórnych zalicza się także — acz niesłusznie — tak zwane odruchy dotykowe Munka. Jeżeli psa uniesiemy w pozycji pionowej tak, aby kończyny zwisały, to delikatne dotknięcie skóry grzbietu stopy, powoduje żywy ruch kończyny. Odruchy skórne ustają u człowieka po zniszczeniu odpowiedniej części okolicy psychomotorycznej kory mózgowej, lub po przerwaniu dróg, łączących tę okolice z rdzeniem pacierzowym. A ponieważ i opisany dopiero t. zw. odruch dotykowy Munka ustaje również w tych samych warunkach, wysnuli z tego przeważnie klinicyści wniosek, że łuk odruchowy odruchów skórnych przebiega drogą długą po przez korę mózgową. Dlatego nazwano te odruchy także odruchami korowymi. Jednakże po zniszczeniu okolicy psychomotorycznej u psa, a nawet po przecięciu rdzenia, zachowane jeszcze są niektóre odruchy, które stanowczo za odruchy skórne uważać musimy (Beck i Bikeles). Stąd też hipoteza o odruchach korowych i o łuku rdzenio-mózgowym dla odruchu dotykowego i skórniego u ludzi nie da się utrzymać. Raczej przyjąć należy, że kora mózgową wywiera wpływ torujący na te odruchy, który to wpływ poznaliśmy w ogólnej fizyologii odruchów (str. 281).

b) Odruchy ścięgniste są to skurcze mięśni wywołane przez mechaniczne drażnienie ich ścięgna. Mają one ogromne znaczenie kliniczne, gdyż ich wzmożenie, osłabienie lub zniesienie stanowi bardzo ważny objaw w rozpoznawaniu wielkiej liczby schorzeń układu nerwowego. Najbardziej znane i używane przez klinicystów są:

Odruch kolanowy, który wywołać można przez uderzenie w ścięgno rzepki, polega na krótkim skurczu mięśnia czworogłowego prostującego kolana (*m. quadriceps femoris*).

Odruch ścięгна Achillesa, powstający przy mechanicznem uderzeniu tego ścięгна, polega na zgięciu podeszwowem stopy, wywołanem przez skurez mięśni łydki, który się przyczepia do kości za pomocą ścięгна Achillesa. Należą tu jeszcze inne mniej ważne odruchy ścięgniste, które z odruchami okostnowymi, wywołanymi przez opukiwanie kości przez skórę (n. p. główki kości sprychowej i t. d.) tworzą razem tak zwane odruchy głębokie. Spór, który długi czas toczył się o to, czy wszystkie te objawy objęte nazwą odruchów głębokich, są rzeczywiście odruchami, czy też wywołane są bezpośrednio drażnieniem mechanicznem mięśni, należy obecnie uważać za rozstrzygnięty na korzyść zapatrywania, że są to rzeczywiste odruchy. Pewnem jest, że drogami dośrodkowemi łuku odruchu głębokiego nie są nerwy czuciowe skóry, które się także drażni przy opukiwaniu, lecz nerwy głębokie ścięгна, mięśni, stawu i kości. Drażnienie elektryczne ścięгна nie daje odruchu ścięgnistego, potrzeba do tego koniecznie uderzenia, wstrząśnienia, któreby działało w głąb. Znieczulenie zaś skóry przez podskórne wstrzyknięcie kokainy nie znosi wcale odruchu ścięgnistego.

Wpływ rdzenia pacierzowego na napięcie (*tonus*) mięśni.

Liczne narządy ciała znajdują się stale w pewnym stanie podrażnienia i są też ciągle w stanie czynnym mniejszego lub większego stopnia. Stan ten czynny nazywamy stanem tonicznym. W pierwszym rzędzie odnosi się to do mięśni szkieletu, z których znaczna część rzeczywiście znajduje się w słabym skurczu. W stanie tym utrzymują je podniety, które wychodzą z układu nerwowego środkowego, o czem poucza nas klasyczne doświadczenie Brondgeesta. Jeżeli mianowicie żabie, której wycięto mózg, przetnie się jeden nerw kulszowy i zawiesi się ją pionowo, to kończyzna, której nerw przecięto, jest wiotka i dłuższa niż druga, która w wszystkich stawach jest lekko zgięta. Z tego widać, że przez nerw kulszowy dochodzą stale z ośrodków nerwowych podniety, utrzymujące mięśnie zginacze w stanie tonicznym. Tonus ten jest natury odruchowej, albowiem taki sam skutek, jak przez przecięcie nerwu kulszowego osiąga się, jeżeli się tylko przetnie tylne kończonki i zaopatrujące jedną kończynę. To więc dowodzi, że drogą nerwów dośrodkowych otrzymują ośrodki nerwowe podniety, które je utrzymują w stanie czynnym. Nerwy dośrodkowe, które

tu wchodzą w rachubę, są to nietylko nerwy skóry, ale także i nerwy mięśni, ścięgien, więzadeł i stawów, to też tonus kończyny bardzo mało się zmniejsza, jeżeli się z niej ściągnie skórę.

Działanie to wyobrażamy sobie w ten sposób: Każde ustawienie kończyn drażni mechanicznie głębsze tkanki, rozciągając jedne, uciskając drugie i t. d., a to podrażnienie wywołuje odruchowo stan czynny ośrodków ruchowych. Ośrodki takie niewątpliwie znajdują się w rdzeniu pacierzowym, dowodzi tego bowiem zachowanie pewnego tonus mięśniowego pomimo wysokiego przecięcia rdzenia pacierzowego.

Ale oprócz tego utrzymują tonus mięśni szkieletu także i wyższe części środkowego układu nerwowego i to zarówno półkul mózgowych t. j. kory mózgowej i zwojów podkorowych, jak i mózdzku. Podniety dośrodkowe, których rezultatem jest ten tonus, mogą dochodzić do ośrodków nietylko przez korzonki tylne, przewodzące czucie dotykowe i mięśniowe, ale i innymi nerwami zmysłowymi. Pewne n. p. doświadczenia Ewalda przemawiają zatem, że za pośrednictwem zakończeń nerwu słuchowego w przedśionku i łukach labiryntu dochodzą do układu nerwowego podniety, wpływające wybitnie na tonus mięśni. Wreszcie nie jest wykluczone, że stan toniczny ośrodków ruchowych jest utrzymywany i przez podniety działające bezpośrednio na nie miejscowo, i to podniety chemiczne dostarczone przez krew. Podnieciami temi mogą być bądź produkty przemiany materii, bądź też wytwory wydzielania wewnętrznego pewnych narządów. Wiemy to n. p. o wydzielinie nadnercza, która jak to pierwsi wykazali Cybulski i Szymonowicz ma wybitny wpływ na tonus mięśni szkieletu.

Ośrodki czynności wegetacyjnych.

Fizjologia krążenia, trawienia, wydzielania i narządów moczopłciowych poucza nas, że i czynności wegetacyjne zależą w wysokim stopniu od układu nerwowego, który dostarcza podniec do tych czynności i utrzymuje je, lub wybitnie na nie wpływa.

Znaczna część takich ośrodków wegetacyjnych znajduje się w rdzeniu kręgowym i jest w związku z układem współczulnym. Podzielić je możemy na ośrodki unerwiające mięśnie gładkie i ośrodki zaopatrujące gruczoły.

Co do mięśni gładkich, wchodzą tu w rachubę przedewszy-

stkiem mięśnie naczyń krwionośnych, czyli mięśnie naczynioruchowe, których ośrodek główny znajduje się w rdzeniu przedłużonym, ale niewątpliwie istnieją też ośrodki niższego rzędu rozmieszczone w rdzeniu kręgowym. Ośrodki mięśni wchodzących w skład przewodu pokarmowego i narządu moczopłciowego a więc szczególnie mięśni odbytnicy, pęcherza moczowego i macicy, znajdują się w dolnej części rdzenia kręgowego. Znaczna część tych mięśni jest stale tonicznie skurczoną, jak n. p. mięśnie zwężające naczynia, zwieracze rzeci i cewki moczowej, a tonus ich utrzymywany jest i tu przez ośrodki rdzenia kręgowego i przedłużonego, bądź jako wynik ich automatyzmu, bądź pod wpływem podniet dośrodkowych, a więc drogą odruchu. Że jednak czynności wymienione nie zależą wyłącznie tylko od ośrodków rdzenia, dowodzą doświadczenia Goltza i Ewalda, wykonane na psach, którym wycinano cały rdzeń kręgowy poniżej części szyjnej.

Psy tak operowane, dzięki niezwyklej troskliwości, z jaką je pielęgnowano, pozostawały przy życiu i okazywały następujące objawy: wszystkie mięśnie prądkowane były oczywiście porażone i uległy zanikowi z wyjątkiem zwieracza rzeci zewnętrznego (*Sfincter ani extern.*), który zachował prawidłowy tonus. Procesy trawienia odbywały się prawidłowo, czynność pęcherza moczowego, t. j. zatrzymywanie i oddawanie moczu, nie była upośledzona. Brzemienna suka rzuciła 5 szceniąt donoszonych, z których jedno pozostawione przy matce ssało i rozwijało się doskonale. Gruczoły sutkowe wydzielały mleko o normalnym składzie. Natomiast nie zauważono wydzielania potu. Naczynia krwionośne, z początku mocno rozszerzone, zyskały swój pierwotny tonus, a nawet odzyskały zdolność zwężania i rozszerzania się pod wpływem podniet miejscowych, szczególnie termicznych.

Z doświadczeń tych wynika, że w braku ośrodków rdzenia, mogą ich rolę objąć ośrodki bardziej obwodowe t. j. położone w zwojach współczulnych i w ścianach odnośnych narządów i czynność ich wykonywać zupełnie sprawnie. Do tego przyczynia się i własność mięśni gładkich, które — jak wiadomo — wyposażone są w automatyzm znacznego stopnia.

Z ośrodków wydzielniczych rdzenia pacierzowego wchodziłyby w rachubę przede wszystkim ośrodki gruczołów potnych, podczas gdy gruczoły trawiące żołądka i jelit, dalej trzustka, wątroba, nerki, gruczoł mleczny, jakkolwiek niektóre z nich są zależne od układu nerwowego środkowego, nie stoją pod wyłącznym ich wpływem.

Lokalizacja ośrodków odruchowych.

Rdzeń jest w ten sposób zbudowany, że „gdyby — według wyrażenia Van Gehuchtena — można go było rozciąć na tyle odcinków, ile jest nerwów, które z nich wychodzą, zachowując przytem w nich nienaruszone krążenie i odżywienie, każdy z tych odcinków byłby zdolny do funkcyi, każdy z nich by wystarczał, aby dana część ciała odpowiadała przez skurecz mięśni na podniecie, trafiającą jej powierzchnię czuciową“.

U licznych zwierząt bezkręgowych składa się układ nerwowy środkowy, odpowiednio do podziału całego ciała na metamery, także z oddzielnych mniej lub więcej jednakich zwojów, które są połączone ze sobą zapomocą spoidel. U kręgowców zaś taka segmentacja układu nerwowego istnieje w życiu płodowem. Odcinki cewy rdzeniowej, tak zwane *neuromery* lub *neurotomy*, odpowiadają tu prakręgom, które są punktem wyjścia segmentalnych zaczątków szkieletu i mięśni. W zapłodowem życiu segmentacja ta widoczna jeszcze jest na kręgosłupie i na korzonkach nerwowych rdzenia. W reszcie ciała — także i w mięśniach — metamerya ta zupełnie się zatarała.

Rdzeń pacierzowy stanowi analogię do rdzenia brzuszno-bezkręgowców, albowiem każdy odcinek rdzenia, z którego wychodzi symetrycznie z obu stron para korzonków nerwowych, stanowi dla przednich korzonków prawdziwy początek, a dla tylnych korzonków pierwszą stacyę końcową. W ten sposób każdy taki odcinek zaopatruje pewną część ciała w nerwy ruchowe i czuciowe i tworzy dla tej części ciała pierwszy ośrodek nerwowy. Unerwienie to jednak odbywa się w ten sposób, że pola projekcyjne nerwów, wychodzących z różnych, szczególnie sąsiednich, odcinków, wielokrotnie na siebie zachodzą lub nawet się wzajemnie pokrywają, to znaczy kilka korzonków sąsiednich zaopatruje jedne i te same lub prawie te same części ciała w nerwy czuciowe lub ruchowe.

Doświadczenia w celu ścisłego określenia lokalizacyi ośrodków rdzenia kręgowego polegały na przecinaniu pojedynczych korzonków i obserwowaniu ewentualnych zmian w ruchach, w czuciu lub w odruchach. Patologia ludzka zaś dostarcza nam obserwacyi klinicznych, w których zniszczenie oddzielnych grup komórek rdzenia lub korzonków poucza o umiejscowieniu danych czynności w rdzeniu człowieka. Doświadczenia te i spostrzeżenia kliniczne

pouczyły nas, że w rdzeniu kręgowym ośrodki trzewiowe tworzące tak zwany system autonomiczny, będący w związku z układem współczulnym, przerastają i w wielu miejscach mieszają się z ośrodkami animalnymi. W rdzeniu kręgowym rozłożone są różne ośrodki vegetacyjne na przestrzeni od I nerwu piersiowego do II lub III lędźwiowego i obejmują także II, III i IV odcinki krzyżowe. Prócz tego posiada układ nerwowy środkowy jeszcze dwa miejsca, należące do systemu autonomicznego: jedno znajduje się w śródomózgowiu (jądro n. okoruchowego) na podstawie wodociągu Sylwiusza, drugie zaś w rdzeniu przedłużonym.

Ośrodki części szyjnej rdzenia zawiadują odruchami narządów klatki piersiowej, mięśni oddechowych i kończyn górnych. Na przejściu części szyjnej rdzenia w piersiową znajdują się ośrodki, zaopatrujące tę część nerwu współczulnego, którego włókna ruchowe (żrenica), naczynioruchowe i wydzielnicze (ślina) głównie zdążają w okolice głowy. Część piersiowa rdzenia zaopatruje mięśnie żeber, a nadto trzewia brzuszne i ich naczynia krwionośne w nerwy ruchowe (początek nerwów trzewnych). Z części lędźwiowej rdzenia wychodzą nerwy do kończyn dolnych i do narządów miednicy.

Na podstawie badań Bikelesa i Gizelta znamy położenie całego szeregu ośrodków odruchowych w rdzeniu pacierzowym psa. Ośrodek odruchu kolanowego znajduje się w rdzeniu psa w IV i V odcinku lędźwiowym, u człowieka w III i IV odcinku lędźwiowym.

Ośrodek odruchu ścięgna Achillesa mieści się w ostatnim odcinku lędźwiowym i w górnych krzyżowych; ośrodki odruchu odbytnicy (analny), odruchu skórno-analnego, mosznowego znajdują się w odcinkach krzyżowych częścią też i w ogonowych. Ośrodek odruchu zgięcia palców i odruchu zgięcia stopy, które otrzymuje się przez głaskanie lub klucie skóry podeszwy, a o których wyżej była mowa, rozciąga się w rdzeniu przez 2 lub 3 najniższe odcinki lędźwiowe i górny lub dwa górne odcinki krzyżowe.

Bliższe dane co do położenia ośrodków potnych, ośrodków mięśni odbytu, pęcherza i narządu płciowego znajdują się w innych rozdziałach tej książki.

UKŁAD NERWÓW WSPÓŁCZULNYCH.

Odrębnie od układu nerwowego środkowego czyli osi mózgo-rdzeniowej, rozpatrujemy zazwyczaj czynności nerwów i zwojów współczulnych (*n. n. sympathici, ganglia*), które tworzą tak zwany układ autonomiczny.

Związek rozwojowy układu współczulnego z osią mózgo-rdzeniową pozostaje jako związek anatomiczny i w ustroju dorosłym. Budowa głównych pni nerwów współczulnych i ich zwojów przedstawia się w ten sposób:

Przez przednie korzonki rdzenia wychodzą zazwyczaj cienkie rdzenne włókna nerwowe, którym początek dają komórki prawdopodobnie rogów bocznych; zbierają się one w osobne pnie nerwowe tak zwane białe gałązki łączące (*rami communicantes*) i uchodzą do zwojów nerwu współczulnego. Część tych włókien (t. zw. włókna przedzwojowe, *preganglionarne*) kończy się już w tym zwoju, jako zakończenie neuronu przedzwojowego i wchodzi w kontakt z właściwym neuronem współczulnym w ten sposób, że dendryty tych włókien otaczają komórki współczulne skąpymi rozgałęzieniami lub gęstą siatką. Reszta włókien przechodzi przez ten zwój wprost dalej do jednego ze zwojów przedkręgowych, (*gangl. praevertebrale*) i tam się dopiero rozszczepiają. Z komórek zwoju n. współczulnego, względnie zwoju przedkręgowego wychodzą włókna drugiego neuronu (*neuron postganglionare*) przeważnie bezrdzenne, które jako tak zwane szare gałązki łączące (*rami commun. grisei*) dochodzą do narządów odpowiednich i tam się kończą. Część zaś włókien tego drugiego neuronu wraca przytem przez szare *rami communicantes* do pni nerwowych i rozdziela się wraz z ich rozgałęzieniami.

Właściwy nerw współczulny otrzymuje włókna przedzwojowe z całej części piersiowej rdzenia i z dwóch do czterech pierwszych odcinków lędźwiowych. Korzonki szyjne nie oddają gałązek do nerwu współczulnego.

Prócz włókien zwojów, wchodzących w skład nerwów współczulnych, są jeszcze inne, które zaliczyć należy do układu autonomicznego, które jednak nie łączą się z głównym pniem nerwów współczulnych. Należą tu:

a) Układ autonomiczny międzymózgowia, którego włókna pierwszego neuronu, wychodzą przez nerw okoruchowy (*n. oculomotorius*), a kończą się w zwoju rzęskowym (*ganglion ciliare*) i stąd wychodzi włókno drugiego neuronu do oka;

b) Układ autonomiczny w rdzeniu przedłużonym: są to włókna, które za pośrednictwem VII, VIII i IX nerwów mózgowych zaopatrują narządy krążenia i oddychania i przewód pokarmowy; wreszcie

c) Krzyżowy układ, którego nerwy zdążają do splotu podbrzusznego (*plexus hypogastricus*), a stąd włókna drugich neuronów do prostaty, odbytnicy, pęcherza i zewnętrznych narządów płciowych.

Układ autonomiczny, którego dokładne zbadanie zawdzięczamy Gaskellowi i Langleyowi, zaopatruje wszystkie gruczoły ciała oraz wszystkie mięśnie gładkie. Czynność jego tylko w ograniczonym stopniu zależna jest od układu nerwowego środkowego.

Każda połowa unerwia tylko odpowiednią stronę, z wyjątkiem narządów płciowych i ogona zwierząt, gdzie działanie każdego nerwu jest obustronne.

Nerw współczulny szyjny, który dostaje włókna z pierwszych 7 korzonków piersiowych, wysyła nerwy ruchowe do mięśnia rozszerzającego źrenicę (*m. dilatator pupillae*), do mięśnia trzeciej powieki u zwierząt tak, że drażnienie nerwu tego powoduje wciągnięcie migotki (*membrana nictitans*), dalej do mięśni gładkich błony oczodołowej (*membrana orbitalis*), które zwężają powiekę i wysuwają gałkę oczną. Prócz tego zaopatruje szyjny nerw współczulny mięśnie zwężające naczynia tęczówki i spojówki i gruczoł łzowy. Dalej jest on nerwem naczynioruchowym (zwężającym naczynia) skóry i błony śluzowej głowy, ślinianek, zawiera nerwy wydzielnicze tych gruczołów i nerwy ruchowe zaopatrujące mięśnie przywłosne (*mm. arrectores pilorum*). Wszystkie prawie te włókna pochodzą ze zwoju szyjnego wyższego (*ganglion cervicale sup.*) i to przechodzą już to do splotów naczyniowych, już też do niektórych mózgowych lub trzech górnych nerwów rdzeniowych.

Zwoje kręgowy (*ganglia vertebralia*) części piersiowej, brzusznej i miednicznej nerwu współczulnego zaopatrują skórę tułowia, kończyn, odbytu i zewnętrznych części narządu płciowego w nerwy naczynioruchowe, wydzielnicze i pilomotoryczne, nadto mięśnie narządów płciowych jak *retractor penis*, mięśnie *tunica dartos*.

Ze zwojów przedkręgowych (*ganglia praevertebralia*) zwój szyjny dolny nerwu współczulnego (*Ganglion stellatum*), do którego dochodzą włókna z gałązek łączących IV-go do VIII, czasem i IX korzonków piersiowych. Sam wysyła włókna naczynioruchowe do naczyń przednich kończyn, oraz wydzielnicze do gruczołów potnych tych kończyn, dalej nerwy do mięśni przywłosnych. Z tego zwoju

wychodzą także włókna przyspieszające akcję serca (*nn. accelerantes*) i naczynioruchowe do płuc, jednakże nie jest rzeczą pewną, czy włókna te także pochodzą z komórek nerwowych tego zwoju.

Plexus coeliacus s. solaris, złożony z włókien pochodzących z nerwu błędnego (*vagus*) i trzewnego (*splanchnicus*) zawiera nerwy ruchowe jelit, nerwy wydzielnicze gruczołów trawiennych oraz nerwy naczynioruchowe naczyń jamy brzusznej.

Narządy miednicy otrzymują nerwy z lędźwiowej części nerwu współczulnego, oraz z korzonków krzyżowych (I—III). Część lędźwiowa nerwu współczulnego dostaje włókna z ostatniego XIII korzonka piersiowego i z I—V korzonków lędźwiowych; włókna te biegną częścią do zwoju kreskowego niższego (*g. mesentericum inf.*), częścią do zwojów krzyżowych. Włókna, które dostają się do tego zwoju, po największej części tu się kończą, wchodząc w związek z komórkami nerwowymi, mniejsza część zdąża dalej aż do bardziej obwodowych zwojów współczulnych. Najznaczniejsza część nerwów współczulnych, zaopatrujących zewnętrzne narządy płciowe, pochodzi z komórek zwojów krzyżowych.

Te włókna nerwowe, które opuszczają rdzeń przez korzonki krzyżowe i tworzą t. zw. *nervi erigentes penis*, stoją w związku z komórkami nerwowymi, które wplecione w pień tych nerwów znajdują się po większej części w bliskości samych narządów, które zaopatrują.

Włókna pochodzące z części lędźwiowej i krzyżowej układu autonomicznego zaopatrują mięśnie i gruczoły narządów miednicy, a więc najniższych części przewodu pokarmowego, pęcherz moczowy i zewnętrzne części układu moczopłciowego, oraz mięśnie naczyń krwionośnych tej okolicy ciała.

Przedstawiony tu przebieg i rozdział włókien układu współczulnego opiera się głównie na badaniach anatomicznych Gaskella, dokonanych metodą wywoływania degeneracji włókien nerwowych po odcięciu ich od komórek. Ale przedtem jeszcze doświadczenia fizjologiczne na zwierzętach dostarczyły już wielu danych, które nie tylko dały nam poznać czynności układu autonomicznego, ale pouczyły także o rozmieszczeniu włókien i ich połączeniu ze zwojami i z układem centralnym.

Doświadczenia te polegały na tem, że drażniono różne gałązki nerwu współczulnego i obserwowano wywołany przez to drażnienie stan czynny t. j. skurcz mięśni gładkich w danym obszarze

naczyń, lub mięśni gładkich pewnego narządu, włosów i t. d. albo wydzielanie gruczołów. Przy tych doświadczeniach okazało się bardzo pożytecznym zastosowanie nikotyny. Alkaloid ten ma tę własność, że po wprowadzeniu go do obiegu krwi poraża u niektórych zwierząt (n. p. u kota i królika) nerw współczulny. Drażnienie tego nerwu staje się wtedy zupełnie bezskutecznym. Taki sam rezultat, jak przez wstrzyknięcie do krwi, można otrzymać przez miejscowe zastosowanie roztworu nikotyny na zwój sympatyczny. A ponieważ nie działa ta trucizna ani na włókno nerwowe przed zwojem lub za nim, ani też na zakończenia nerwu współczulnego w samej tkance, wynika z tego z wielkim prawdopodobieństwem, że nikotyna poraża te zakończenia włókien nerwowych, idących z rdzenia do zwoju, które otaczają komórki nerwowe.

Przecięcie nerwu współczulnego, lub nawet wycięcie jego zwojów powoduje pewne zaburzenia w czynności narządów, które jednak nie są stałe, lecz dość szybko przemijają. Czynność narządów, których unerwienie pochodzi z układu współczulnego, nie ustaje po większej części nawet i wtedy, gdy je zupełnie wytniemy z ciała. I tak n. p. jelito, pęcherz moczowy, macica i i. po wyjęciu z organizmu w odpowiednich warunkach utrzymane wykonywują energiczne ruchy. Czynność wszystkich tych narządów zależy wprawdzie od układu nerwowego środkowego i od układu współczulnego, ale tylko pośrednio. Mają one swoją własną autonomię, którą zawdzięczają przeważnie ośrodkom nerwowym w nich zawartym (jak to wykazał n. p. Magnus dla ruchów jelit). Ośrodki te dają bezpośrednią podniecie do czynności, a ośrodki układu współczulnego i ewentualnie także ośrodki osi mózgodzeniowej mają tylko wpływ, regulujący tę czynność stosownie do potrzeb ustroju. Pod wpływem podnieć dośrodkowych, które działają na ośrodki wyższe, wysyłają one do niższych bądź impulsy hamujące, bądź też wzmacniające i przyspieszające ich czynności.

Jak ważny jest ten regulujący wpływ układu współczulnego, wskazują doświadczenia Popielskiego, który psom wycinał splot trzewny (*plexus solaris*), a u których w następstwie tej operacji wystąpiły trwale zaburzenia naczynioruchowe oraz w czynności mięśni gładkich przewodu pokarmowego.

Układ współczulny zawiera także i nerwy dośrodkowe, których komórki odżywcze znajdują się jednak — jak

się zdaje — nie w zwojach współczulnych, lecz w zwojach międzykręgowych. Włókna te przewodzą z narządów wewnętrznych (trzew) podniety do układu nerwowego środkowego, a ich drażnienie (*n. splanchnicus, depressor* i t. d.) powoduje różne odruchy mięśni naczyń, serca i t. d. Włókna te także przewodzić mogą i takie podniety dośrodkowe, które dają wrażenie świadome bólu. O ile narządy wewnętrzne są wrażliwe na podniety mechaniczne, o tem mowa będzie gdzieindziej, tu tylko tyle stwierdzić należy, że podstawy doświadczalne i fizjologiczne są dane, iż nerwy zaopatrujące te narządy (przeważnie nerwy współczulne) zawierają rzeczywiście włókna dośrodkowe. Jednakże wykazano metodą degeneracyi, że liczba tych włókien dośrodkowych jest daleko mniejsza niż włókien odśrodkowych. I tak n. p. wynosi ten stosunek w *nervus erigens* 1:3, a w nerwie podbrzusznym nawet 1:10. Nerw współczulny na szyi nie zawiera wcale włókien czuciowych, drażnienie też dolnego końca tego nerwu nie daje żadnego odruchu. Z głównego pnia nerwu współczulnego prowadzą wszystkie białe gałązki łączące, obok włókien odśrodkowych, także i włókna dośrodkowe; to też drażniąc te gałązki, obserwuje się odruchy kończyn i odruchowe podniesienie się ciśnienia krwi w tętnicach. Włókna te czuciowe zaopatrują trzewia klatki piersiowej i jamy brzusznej i tu ich udział w przeprowadzeniu podniet dośrodkowych jest większy niż innych nerwów.

S E N.

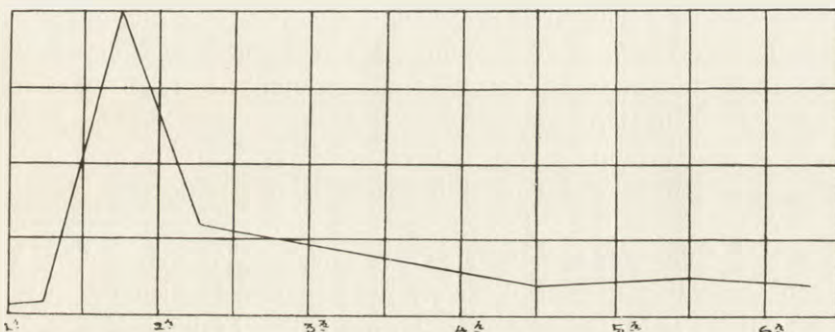
Sen jest odpoczynkiem środkowego układu nerwowego, a szczególnie kory mózgowej, która nie tylko przez pracę umysłową, ale także już przez sam stan jawy, połączony z stałą czynnością kory, ulega znuczeniu. Najbardziej też wybitnym objawem snu jest znaczne upośledzenie, względnie całkowite zawieszenie świadomości tak, że podniety zewnętrzne mogą wprawdzie wywołać reakcję w postaci odruchów, jednakowoż nie powodują one powstania wrażeń świadomych. Jeżeli podnieta jest bardzo silna, to może ona wtedy wywołać świadome wrażenie, ale równocześnie też i budzi śpiącego. Toteż głębokość snu określamy stopniem upośledzenia świadomości, a mierzyć ją można siłą podniety, która wystarczy do obudzenia. W ten też sposób mierzył głębokość snu Kohlschütter.

Używał do tego podniety słuchowej, wywołanej przez dźwięk kuli, spadającej z dowolnej wysokości na płytę kamienną. Za podstawę swoich obliczeń przyjął tę siłę podniety, która wystarczała, by badaną osobę śpiącą rozbudzić do tego stopnia, ażeby na zadane pytanie dała stosowną odpowiedź. Z tych i innych badań, okazało się, że z początku głębokość snu wzrasta nagle i osiąga swoje maximum po upływie 1—1½ godziny; odtąd stopniowo się zmniejsza; z początku szybko, później coraz wolniej, aż do 5-tej godziny, potem głębokość nieco znowu się wzmacnia (p. ryc. 129).

Objawy snu nie ograniczają się jednak tylko do upośledzenia czynności kory mózgowej, bo i czynności niższych części układu nerwowego są mniej lub więcej zmniejszone: odruchy są nieco obniżone, oddechy rzadsze i mają także u mężczyzn typ bardziej pierśiowy, skurcze serca są wolniejsze, tonus naczyń słabszy. Naczynia skóry są jednak rozszerzone i zwężają się pod wpływem podniet,

nawet takich, które nie powodują przebudzenia. Wydzielanie najważniejszej części gruczołów jest zmniejszone lub zupełnie zniesione. Przemiana materii jest mniej energiczna niż na jawie i to tembardziej, im głębszy jest sen. Że sen nie jest wyłącznie tylko atrybutem kory mózgowej wynika już z doświadczeń, omawianych na str. 301, a dotyczących się psa pozbawionego półkul mózgowych, u którego też kolejno mieniał się stan snu i jawy.

W każdym razie spoczynek i sen u psa Goltza trwał o wiele krócej niż u psa normalnego, z czegooby oczywiście wynikało, że przedewszystkiem półkule mózgowe potrzebują długiego i głębokiego snu. Nawet niektóre doświadczenia przemawiają za tem, że półkula lewa, która, jak wiemy, bardziej jest czynna niż prawa, wpada w sen głębszy, niż druga półkula. Ze spostrzeżeń Marnasseiny mianowicie wynika, że jeżeli łaskotamy śpiącego piórkiem po twarzy, to najczęściej wykonywa ruchy ręką lewą, nawet gdy leży na lewym boku, bez względu na to, którą stronę się drażni. Na 50 osób w ten sposób badanych wyjątki tyczyły się tylko mańkutów, którzy odpowiadali na podniety ręką prawą a u których oczywiście na jawie więcej czynną była prawa półkula mózgu.



Ryc. 129.

Wytłumaczenie przyczyny snu wydaje się na pozór rzeczą łatwą. Każdy narząd w ustroju pracuje z przerwami, w czasie których straty swoje niejako uzupełnia, a nawet serce, które jest ciągle czynne, znajduje w czasie pauz między każdym skurczem należyty odpoczynek, chroniący je od znużenia. Oczywiście więc i układ nerwowy środkowy (a w szczególności mózg), którego praca jest w ciągu dnia prawie nieprzerwana, wymaga odpoczynku. Trudność jednak w wytłumaczeniu zjawiska snu leży w tem, że przychodzi on właściwie dość nagle i że powtarza się z taką regularnością. Najbardziej rozpowszechnioną jest teoria toksyczna snu, której twórcą był Preyer. Z analogii ze znużeniem mięśni

(patrz str. 130), które przypisywał Preyer nagromadzeniu się produktów rozpadu, a szczególnie kwasu mlekowego, przyjmował, że w czasie czuwania wskutek stałej pracy mózgu wytwarzają się jako produktu wzmożonej przemiany materii substancje, które działają na układ nerwowy w sposób podobny jak środki narkotyczne, i wywołują sen. W ciągu snu substancje te bądź opuszczają ustroj z wydaliniami, bądź też ulegają przemianom chemicznym i w ten sposób układ nerwowy odzyskuje swoją sprawność, następuje przebudzenie.

Trudność jednak w przyjęciu tej teorii nasuwa się odrazu, jeżeli zważymy, że silne bodźce, jak ból, emocje psychiczne, zabawa i t. d. odpędzają sen z powiek, gdy podniety te, drażniąc energicznie korę mózgową, musiałyby się właściwie przyczynić do wytworzenia większej ilości owych hipotetycznych substancji, a temsamem do szybszego sprowadzenia snu. Zjawisko to stoi w zupełnej sprzeczności z przyjęciem zatrucia mózgu substancjami chemicznymi, jako dominującego czynnika w powstawaniu snu, gdyż przez silne wrażenia, pracę umysłową i t. p. zatrucia tego nie tylko nie moglibyśmy wstrzymać, lecz owszem czynniki te tylko by je przyspieszyć musiały.

A odwrotnie człowiek nawet wcale nie znużony może zasnąć pod wpływem braku wszelkich wrażeń lub dostatecznej ich ilości. Wiemy o tem już z doświadczenia życia własnego, a dowodzi tego szczególnie znana powszechnie i często cytowana obserwacja Strümpfla: chłopiec, który dotknięty był zupełnym brakiem czucia skór nego a był nadto ślepy na jedno oko i słyszał tylko jednym uchem, wpadał zawsze w głęboki sen, ilekroć zawiązywano mu oko zdrowe i zatykano ucho, którem słyszał, czyli skoro tylko przestał odbierać wrażenia z otoczenia.

Wogóle jest rzeczą wiadomą, że pomimo znużenia i senności trudno człowiekowi zasnąć, gdy nie odsunie od siebie możliwie zupełnie wszelkich podnieć zewnętrznych: dźwiękowych, świetlnych, dotykowych, gdy ułożywszy się do snu, nie zdoła odpędzić myśli nieraz uporeczywie uwagę jego zajmujących. Z drugiej strony skupienie uwagi w jeden punkt, albo odbieranie wrażeń monotonnych, pochodzących ze stale powtarzającej się podniety, również jest w stanie sen wywołać. W tym przypadku częstokroć sen jest tylko częściowym t. j. utrzymany jest pewien stopień świadomości dla odbieranych właśnie usypiających wrażeń, zniesioną zaś dla wrażeń

innego rodzaju. Zmiana tych wrażeń lub ich ustanie może wtedy być przyczyną obudzenia się ze snu. Stąd to pochodzi, że młynarz, który spi wśród jednostajnego stuku koła, budzi się gdy młyn staje, podobnie budzi się podróżny, drzemiący w wagonie, gdy pociąg nagle się zatrzyma, słuchacz śpiący na wykładzie, gdy prelegent zrobi przerwę.

W tem wszystkiem widzimy ważny wpływ, jaki wywierają wrażenia odbierane ze świata zewnętrznego na powstawanie snu, wpływ, który jedynie tylko w połączeniu ze znużeniem rozważać należy, jeżeli chodzi o wytłumaczenie przyczyny snu. A wpływ ten, jak z tego, co już powiedziano, wynika, jest dwojaki: z jednej strony bodźce zewnętrzne, pobudzające ośrodki psychiczne do pracy, przyczyniają się do szybszego ich nużenia, z drugiej strony ich obecność podtrzymuje pracę tych ośrodków i nie dozwala znużeniu brać górę.

Inne teorye, które tłumaczą powstawanie snu zmianami w krążeniu krwi w mózgu, albo zmianami morfologicznymi w komórkach nerwowych i w ich wypustkach, zasługują zaledwie na wymienienie. Bliżej niemi zajmować się nie ma potrzeby, albowiem występowanie tych zmian w czasie snu nie jest z wszelką pewnością dowiedzione, a nadto gdyby takie zmiany nawet rzeczywiście zachodziły, trzebaby znowu wyjaśnić, jaka jest przyczyna ich peryodycznego jawienia się.

W czasie snu występują czasem marzenia senne czyli t. zw. sny. Najczęściej zdarza się to wtedy, gdy sen nie jest bardzo głęboki, a więc n. p. przed przebudzeniem się, gdy świadomość nie jest zupełnie, lecz tylko częściowo zniesiona. Marzenia senne powstają bądź pod wpływem podniet zewnętrznych n. p. słuchowych, dotykowych i t. p., bądź też pod wpływem podniet wewnętrznych, działających bezpośrednio na korę mózgową (zmiany w krążeniu, zatrucia i t. p.). Podniety te wywołują szereg wyobrażeń, a nawet prawidłowych kojarzeń, obracających się jednak w ściśle ograniczonym ciasnym kole. Tylko pewne części kory mózgowej są czynne, inne niejako spią, związek między niemi jest jakby przerwany, wpływ reszty kory na nie jest zupełnie zniesiony. Stąd pochodzą dysocyaeye w wyobrazeniach, brak logicznego związku między wyobrazeniami, szybkie przemijanie obrazów pamięciowych, a śniący uważa te obrazy zupełnie bezkrytycznie za zjawiska rzeczywistości. Nie ma dla niego granic czasu ni przestrzeni, rzeczy najnieprawdo-

podobniejsze uważa za naturalne, doświadczenie nabyte w ciągu życia całego jest zupełnie zawieszane.

Pod wpływem takich snów człowiek czasem reaguje, dając wyraz czynności rozgrywającej się w jego umyśle, a więc jęczy, mówi przez sen, broni się rękami od urojonego niebezpieczeństwa i t. d.; a wyższy stopień takiej reakcyi widzimy we śnie somnambulicznym, który już wkracza w stan patologiczny.

Pewne podobieństwo do snu, zwłaszcza takiego, w którym występują marzenia senne, ma tak zwany sen hipnotyczny. Istoty tego stanu właściwie nie znamy, znane nam są najważniejsze jego właściwości. Najłatwiej wywołać można sen hipnotyczny przez działanie, szczególnie długie, pewnych podniet n. p. wpatrywanie się w jakiś błyszczący przedmiot, lub twarz hipnotyzera i t. d. Jest on właściwie wynikiem poddawania czyli sugestyi t. j. rozkazu hipnotyzera, pod którego wpływem hipnotyzowana osoba się znajduje. Człowiek, który łatwo wpada w sen hipnotyczny, jest wogóle podatny do najrozmaitszego rodzaju sugestyi, a w czasie samego snu hipnotycznego ta sugestywność jest największa. We śnie hipnotycznym kora mózgowa jest wprawdzie czynną, jednakże nie odbiera ona bardzo wielu wrażeń zmysłowych i oczywiście nie zużytkowuje ich, jak również nie zużytkowuje wrażeń dawniej otrzymanych (pamięci). Słowem czynność kojarzenia jest podobnie jak w czasie snu naturalnego ograniczoną. Natomiast jeden tylko rodzaj podniet, a raczej podniety pochodzące z jednego źródła t. j. od hipnotyzera, wywołują odpowiednie wrażenia i wyobrażenia. Wskutek wyłącznego działania tych podniet wpływ ich staje się dominującym.

Brak kontroli innych ośrodków, brak kojarzeń sprawia, że podobnie, jak w czasie marzeń sennych, hipnotyzowany przyjmuje obrazy urojone, wzbudzone przez hipnotyzera, jako fakta rzeczywiste, wykonywa jego rozkazy w czasie snu hipnotycznego, lub po przebudzeniu i t. d. Objawy te wszystkie są tak różnorodne, a tak zależne od indywidualnych właściwości hipnotyzowanych, że niepodobna tu wchodzić w szczegółowy ich opis. Również i wrażliwość na hipnozę jest różna; nie każdy człowiek jest podatny do uśpienia. A ponieważ dowiedziona jest rzeczą, że neurastenicy i osoby histeryczne łatwo wpadają w stan hipnotyczny, przeto nie jest nieuzasadnionem zapatrywanie, że i sam sen hipnotyczny graniczy z chorobliwym stanem umysłu.

Niektóre zwierzęta jak żaby, kury, węże, świnki morskie i t. d. można wprowadzić w stan podobny do snu. Przez odpowiedni rękoczyn wywołać u nich można ustawienie przymusowe, w którym pozostają nieruchome aż do czasu, gdy się je z tego stanu wyprowadzi przez nową silną podniecię. Na tem polega „zaklinanie węzów“ przez fakirów, na tem polega też znane *experimentum mirabile patris Kircheri* (1683). Stan ten uważano długi czas za identyczny z hipnozą człowieka. W rzeczywistości jednak mamy tu prawdopodobnie do czynienia ze zahamowaniem tonicznym tych ruchów odruchowych, które są potrzebne do tego, aby zwierzę przeszło z położenia przymusowego w prawidłowe.

Prof. Dr. K. Twardowski

