

JAN SOSNOWSKI

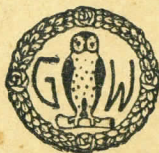
ANATOMIA I FIZYOLOGIA CZŁOWIEKA

**PODRĘCZNIK DLA KLAS WYŻSZYCH
SZKÓŁ ŚREDNICH**

Z 127 RYCINAMI W TEKŚCIE

□□□ WYDANIE TRZECIE □□□

Wydanie drugie książki niniejszej za-
twierdzone zostało przez Okrąg Nauko-
wy Warszawski do użytku szkolnego.



WARSZAWA

Nakład Gebethnera i Wolffa
Kraków, G. Gebethner i S-ka.

Cena w opr. kart. rb. 1.

L. Rusiniak.

ANATOMIA I FIZYOLOGIA CZŁOWIEKA.

JAN SOSNOWSKI

Anatomia i Fiziologia Człowieka

Podręcznik dla klas wyższych
==== szkół średnich ====

Z 127 rycinami w tekście

WYDANIE TRZECIE

Wydanie drugiej książki niniejszej zatwierdzone zostało przez Okrąg Naukowy Warszawski do użytku szkolnego.



WARSZAWA
NAKŁAD GEBETHNERA I WOLFFA
KRAKÓW—G. GEBETHNER I SPÓŁKA

Druk Piotra Laskauera, Warszawa, Nowy-Świat 41.

[1905]



644 + 612 (075.3)

PRZEDMOWA.

Wykład nauk przyrodniczych, a w szczególności anatomii i fizjologii człowieka, jest w szkole średniej rzeczą nadzwyczaj trudną. Jeżeli pominiemy nauki czysto opisowe, to wszystkie inne gałęzie wiedzy przyrodniczej wymagają znajomości, a właściwie rozumienia zasad fizyki i chemii, które znowuż, ze względu na przygotowanie matematyczne, mogą być wykładane zaledwie w klasach najwyższych. Ostateczny rezultat jest taki, że wykład anatomii z fizjologią trzeba prowadzić z uczniami, którzy dopiero zaczynają się uczyć fizyki, a o chemii nie nie słyszeli. Te wszystkie względy musiały się odbić na układzie podręcznika i wywołały przedewszystkiem wielką nierównomierność w traktowaniu różnych części fizjologii. Dwie trzecie książki są poświęcone mięśniom, nerwom i zmysłom, a działy, wymagające znajomości chemii musiały zostać bardzo skrócone. O moczu, na przykład, wolałem prawie nie powiedzieć, niż zmuszać ucznia do wykucia całej litanii nazw, nie dla niego nie mówiących.

Z wielkim bardzo żalem musiałem podawać w formie bardzo skróconej wiadomości z histologii, może nawet stało się, niestety, jak chce przysłowie: brevis esse volo, obscurus fio; ale tu znowuż inne względy grały rolę: wobec niewielkiej ilości czasu przeznaczonego w szkole na anatomię z fizjologią, objętość podręcznika nie mogła przekroczyć jednego arkusza.

Te wszystkie braki i wady książki rozumiem doskonale, ale ubóstwo naszej literatury skłoniło mnie do wydania podręcznika, — może z czasem praktyka pedagogiczna unormuje wykład tak ważnego przedmiotu, jakim jest poznanie czynności i budowy własnego organizmu — pragnąłbym tylko, żeby moja praca przyczyniła się do wyświeatlenia tej sprawy.

AUTOR.

PRZEDMOWA DO WYDANIA TRZECIEGO.

W porównaniu z poprzedniami wydanie to różni się nie wiele. Rozdział dotyczący rozmnażania opuszczony został ze względu na wymaganie władz szkolnych. Pozatem zmieniono kilka rysunków, usunięto nieco szczegółów dotyczących kości, a w zamian za to rozszerzono opis niektórych zmysłów, karyokinezy i t. d. Pod względem zasadniczym w ciągu kilku lat ostatnich wiadomości nasze się nie zmieniły, te też w kilku zaledwie miejscach trzeba było poprawić i uzupełnić poglądy wyrażone poprzednio.

AUTOR.

WSTĘP.

Od kolebki aż do grobu człowiek, jak każda żywa istota musi wykonywać szereg różnych czynności, których zespół życiem nazywamy. Każdy z nas musi *oddychać*, t. j. przyjmować z otaczającej atmosfery tlen, a jednocześnie wydalać na zewnątrz inny gaz, zwany dwutlenkiem węgla, ustawicznie tworzący się w naszym organizmie, ale w większych ilościach dlań szkodliwy. Następnie, człowiek przyjmuje różnorodne *pokarmy*, do których i wodę zaliczyć trzeba. Pokarmy te we wnętrzu naszego ciała ulegają przeróbce głębokiej, którą zwiemy *trawieniem*. Części składowe pokarmu, które okażą się zdadne do zaspokojenia potrzeb organizmu, zostają przezeń użyte, reszta zaś, w postaci kału, musi być możliwie prędko nazewnątrz wydalona, gdyż dłuższe jej przebywanie we wnętrzu naszego ciała poważnie zagraża zdrowiu.

Ale i te części pokarmu, które organizm wchłonał jako materiał dla zaspokojenia swych potrzeb, nie pozostają w nim na zawsze. O ile ciało nasze nie rośnie, nie tyje — słowem, o ile waga jego się nie zwiększa, to wszystek pokarm wchłonięty bywa wydalony na zewnątrz w krótkim czasie, (zwykle w ciągu 24 godzin) co prawda w postaci bardzo zmienionej, gdyż w postaci *moczu*, wyżej wspomnianego dwutlenku węgla i t. d. Podczas tych głębokich zmian chemicznych, jakim pokarm ulega w organizmie, wyswobadza się znaczne ilości energii

która zjawia się bądź w postaci ciepła — wszak ciało nasze jest zwykle o kilkanaście stopni cieplejsze od otoczenia, — bądź też zużyta zostaje na wykonanie jakiejś pracy, która — jak nas uczy fizyka — z niczego powstać nie może. Wreszcie impuls do wykonywania pracy, do ruchów przeróżnych człowiek czerpie ze swego otoczenia; czuje on wszelkie zmiany, zachodzące dokoła, i do nich zastosowuje swoje ruchy.

Żadnej z czynności powyższych nie można przerwać na czas dłuższy pod grozą zepsucia całości organizmu — pod grozą śmierci. To też ciało człowieka zdolnego do życia musi być tak zbudowane, żeby odpowiadało warunkom, wśród których wszystkie te zjawiska mogą się odbywać. Do pewnego stopnia można porównać budowę człowieka z fabryką, przerabiającą materiał surowy na złożony wytwór przemysłu; przemiany, którym materiał podlega, wykonywane są w pewnych do tego przeznaczonych i odpowiednio zbudowanych oddziałach fabryki. Jeżeli którykolwiek z tych oddziałów ulegnie zepsuciu, cała fabrykacja musi stanąć, o ile nie uda się pracy danego oddziału rozdzielić odrazu pomiędzy inne. W organizmie człowieka mamy również szereg oddziałów, zwanych organami, przeznaczonych do wykonania wspomnianych wyżej czynności.

Aby ogólnie zorientować się w budowie człowieka jako też w układzie organów, musimy przedewszystkiem sobie uprzytomnić, że na ciele naszym rozróżniamy *głowę*, *szyję*, *tułów* i dwie pary *kończyn*, t. j. ręce i nogi. Powierzchnię ciała całego pokrywa *skóra* wraz z takimi utworami skórnymi jak włosy, paznokcie i t. d. Pod skórą mamy silnie rozwiniętą warstwę *mięśni*, które, będąc obdarzone zdolnością kurczenia się, mogą wprawiać w ruch całe ciało i poszczególne jego części. Mięśnie przyczepione są do kości, które tworzą *skelet*, będący niejako rusztowaniem dla całego organizmu ludzkiego. Na powierzchni wreszcie ciała mamy rozsiane *organy zmysłów* (oko, ucho, i t. p.), z pomocą których jesteśmy powiadamiani o różnych zmianach zachodzących w naszym otoczeniu. Wiadomości te poprzez *nerwy* zostają przesyłane do *układu nerwowego centralnego*, składającego się z *mózgu*, leżącego w tylnej górnej czę-

ści głowy, i z *rdzenia pacierzowego*, umieszczonego we wnętrzu *kręgosłupa* t. j. utworu kostnego, ciągnącego się wzdłuż tylnej części tułowia, po środkowej jego linii. Z układu nerwowego centralnego pod wpływem wrażeń zmysłowych wysyłane zostają do różnych części ciała odpowiednie impulsy, regulujące czynności tych organów; najbardziej znane są impulsy wysyłane do mięśni i wywołujące ich ruchy.

We wnętrzu tułowia mamy obszerną *jamę ciała* (coelom), którą poprzeczna mięśniowa przegroda — *przepona* (diaphragma) dzieli na dwie części, na *jamę piersiową* i *jamę brzuszną*. We wnętrzu jamy ciała leży większość organów służących sprawie odżywiania. Do nich należy *przewód pokarmowy*, będący rurką z obu końców otwartą, wielokrotnie pozginaną i w kilku miejscach rozszerzoną. Przedni jej otwór nosi nazwę ust i leży na głowie; następnie przewód pokarmowy wchodzi do jamy piersiowej, przebija przeponę, wypełnia swymi zwojami znaczną część jamy brzusznej i otwiera się na zewnątrz otworem odbytowym. W ścisłym związku z przewodem pokarmowym pozostaje cały szereg organów, jako to: *ślinianki*, *wątrobę*, *trzustkę* — które wydzielają soki trawienne, t. j. ciecze wywołujące zmiany chemiczne w przyjętych pokarmach. Jako organy oddechowe, służą *płuca*, leżące w jamie piersiowej po obu jej bokach. Powietrze wchodzi do płuc, względnie wychodzi z nich przez nos, gardziel, tchawicę, która w górnej części tworzy *krtań*, a zaraz po wejściu do jamy piersiowej rozgałęzia się na dwa *oskrzela* — prawe i lewe, dążące do odpowiedniego płuca. W krtani znajdujemy *struny głosowe*, organy służące do wydawania dźwięków. We wnętrzu jamy brzusznej znajdujemy organy wydalinicze; składają się one z dwóch *nerek*, leżących po bokach kręgosłupa; mocz wyprodukowany przez nie ścieka przez dwa *moczowody* do *pęcherza moczowego* umieszczonego w dolnej części jamy brzusznej, skąd od czasu do czasu przez *cewkę moczową* wydalany jest nazewnątrz. Wreszcie funkcję pomocniczą przy wszystkich czynnościach powyższych spełnia *krew*. Jest to ciecz czerwona, składająca się z ciekłego *osocza* i zawieszonych w niem olbrzymiej ilości *ciatek*; krew znajduje się zawsze wewnątrz układu rur, zwanych *naczyniami*, rozgałęzionych obficie

we wszystkich zakątkach organizmu. Krew przeznaczona jest do roznoszenia po całym organizmie tlenu pobranego w płucach i pokarmów zdobytych w przewodzie pokarmowym; z drugiej strony zabiera ona z różnych organów substancje w nich wy-

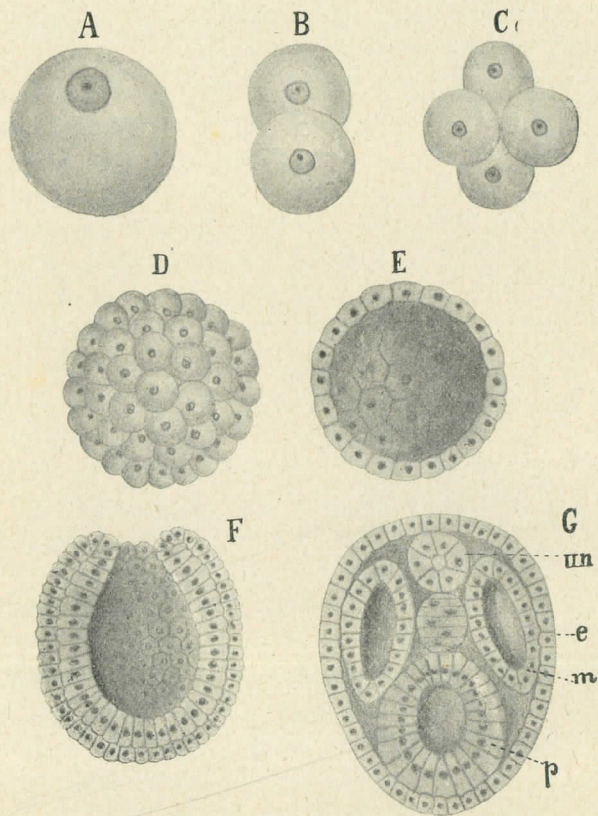


Fig. 1. Kolejne stadia rozwoju zwierzęcia. A jajko, B. C. D.-zarodek składający się z szeregu mniej więcej jednakowych komórek, E. F. G.-zarodki starsze w przekroju. E stadium jednowarstwowe (blastula) F stadium dwuwarstwowe (gastrula) G-zaczątki organów, un-układ nerwowy p-jelito. We wnętrzu każdej komórki widać jądro.

produkowane, a już dla nich niepotrzebne i nawet szkodliwe, i niesie je do organów wydalniczych. Ażeby spełnić te wszystkie czynności, krew musi znajdować się w ruchu ustawi-

cznym, musi opływać cały organizm; to *krążenie krwi* wywołuje *serce*, leżące w jamie piersiowej, które jak pompa tłocząca pobiera krew z jednych naczyń i wtłacza je do innych. Ruchy serca można łatwo wyczuć, przykładając rękę do lewej połowy piersi. Wreszcie cały organizm nasiąknięty jest niejako cieczą swoistą, t. zw. *limfą*, która służy za pośrednika między krwią a składowymi żywymi częściami organów. Z limfy bezpośrednio czerpią one pokarm, do limfy oddają niepotrzebne produkty swej działalności.

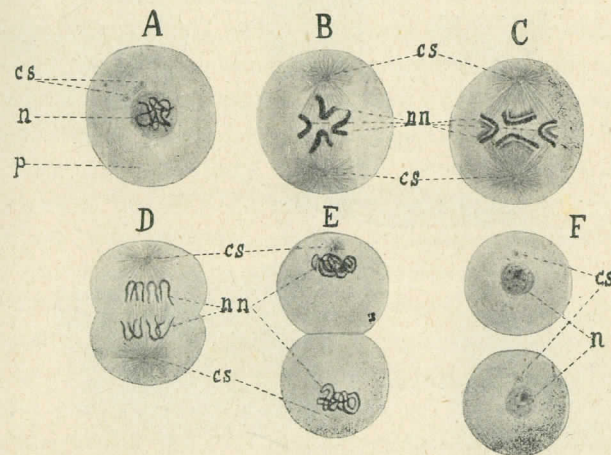


Fig. 2. Zjawiska karyokinezy-widać charakterystyczne zmiany jądra.

Budowa taka, jakiej szkic pobieżny i schematyczny widzieliśmy wyżej, nie jest właściwa człowiekowi od pierwszej chwili jego istnienia. Początek każdego człowieka, jak wogóle wszystkich prawie istot, stanowi *jajko* (fig. 1 A), które u człowieka jest bardzo małe, ledwie dostrzegalne okiem nieuzbrojonym, gdyż jest to kula mająca 0,2 mm. średnicy. W jajku możemy z pomocą mikroskopu rozróżnić masę centralną, zwaną *jądrem* (nucleus), oraz substancję okalającą jądro, którą zwiemy *protoplastmą*. Utwór taki, składający się z dwóch powyżej wymienionych części, nosi nazwę *komórki*. Początek rozwoju jajka, to jest początek procesów, które mają wytworzyć czło-

wieka, polega na tem, że komórka jajowa dzieli się na dwie części; zjawisko to odbywa się w sposób bardzo złożony, który widzimy na fig. 2. Przedewszystkiem jądro podlega głębokim i bardzo charakterystycznym przemianom, noszącym nazwę *karyokinezy*. Podczas niej substancja dla jądra charakterystyczna i zwana *chromatyną*, rozrzucona zwykle po całym jądrze, zbiera się w postaci nici wielokrotnie zwiniętej

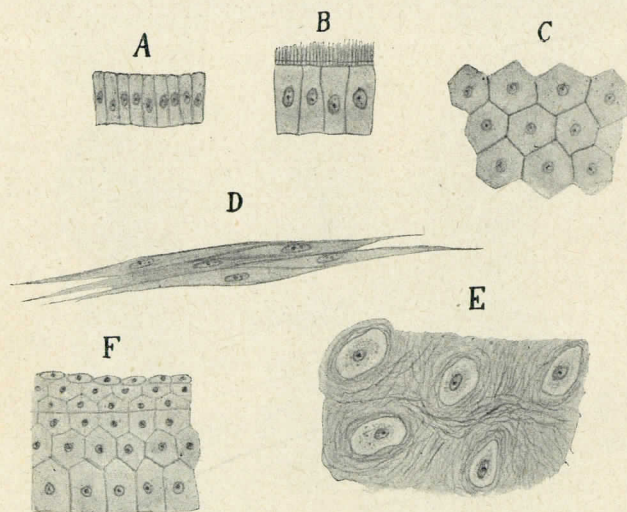


Fig. 3. Różne rodzaje tkanek pod mikroskopem A, B, C, F—tkanka nabłonkowa, w której nie ma substancji między komórkowych, D—tkanka mięśniowa, E tkanka łączna.

(fig. 2. A)—otrzymujemy tak zwane stadium *kłębka*. Potem owa nić chromatynowa rozpada się na kilka, kilkanaście lub kilkadziesiąt utworów zwanych *chromozomami*, często posiadających kształt litery v. Na figurze 2. B widzimy cztery takie chromozomy; ilość ich dla każdego gatunku bywa stała. Jednocześnie w komórce tworzy się inna figura—jakgdyby dwa słońca promieniste, połączone ze sobą niteczkami, których układ ma wygląd wrzeciona. Chromozomy grupują się w środku wrzeciona tworząc *gwiazdę macierzystą*. Dalej chromozomy się

przepoławiają i połówki się rozchodzą, przesuwając się ku biegunom wrzeciona. (fig. 2. D) Jednocześnie i protoplazma zaczyna się dzielić na dwie części. Na figurze 2. E widzimy już plazmę rozdzieloną, wrzeciono znikło, promieniowanie biegunowe słabe, chromatyna dwóch już teraz jąder przyjęła wygląd kłębka, a w chwilę potem (F) widzimy już dwie komórki i dwa jądra w stanie spoczynku.

Następnie każda z tych komórek dzieli się znów na dwie, które dzielą się dalej i t. d. W ten sposób z jajka jednokomórkowego powstaje *zarodek*, składający się początkowo z wielu komórek (fig. 1 A. B. C. D.) jednakowych. Powoli komórki te, tworzące początkowo kulę, zaczynają się układać w ten sposób, że powstają zaczątki organów dorosłego człowieka. Jednocześnie sam wygląd komórek ulega zmianom. Początkowo wszystkie one spełniały czynności jednakowe, to też i pod względem swej budowy niczem się jedno od drugich nie różniły, ale ta jednorodność znika wkrótce. Komórki, które wchodzą w skład mięśni, zaczynają się różnić od tych, co tworzą układ nerwowy, trawienny (fig. 3) i t. d. Początkowo wszystkie komórki przylegają bezpośrednio jedna do drugiej—w następstwie tworzą się pomiędzy nimi przestrzenie wypełnione *substancjami międzykomórkowymi*. Pomimo jednak wszystkich tych zmian łatwo stwierdzić można, że każdy organ, każda część organizmu składa się z komórek, posiadających jądro i protoplazmę. Co więcej, wszystkie czynności człowieka równie jak innych zwierząt, są przeważnie sumą czynności komórek wchodzących w skład naszego organizmu.

Komórki jednakowe spełniające czynności i jednakową mające budowę łączą się zwykle razem, tworząc t. zw. tkanki. Zwykle rozróżniamy następujące rodzaje tkanek: 1) tkanka nabłonkowa (fig. 3 A. B. C. F.), okrywająca ciało z wierzchu i wyściełająca wszystkie jamy; komórki tu przylegają bezpo-

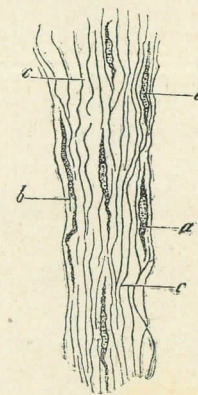


Fig. 4. ściętno.

dnio jedną do drugiej; 2) tkanki łączne (fig. 3 F. i fig. 4), służące do powiązania różnych części organizmu i do wypełnienia luk między niemi; 3) tkanka mięśniowa (fig. 3 D oraz fig. 37 i 38); 4) tkanka nerwowa. Z budową tych tkanek poznamy się w miejscach odpowiednich.

Szkielet czyli kościec.

Szkielet (fig. 5) jest to twarde rusztowanie ciała, ukryte w jego wnętrzu; u wielu zwierząt niższych twarde takie utwory znajdują się na wierzchu (np. u raka) i noszą nazwę szkieletu zewnętrznego, podczas kiedy szkielet człowieka i wogóle większości kręgowców zwiemy wewnętrznym. Stosownie do ogólnego podziału ciała ludzkiego rozróżniamy szkielet tułowia, głowy i kończyn. Główną podstawę szkieletu stanowi t. zw. *kręgosłup* (fig. 6), przebiegający wzdłuż całego tułowia po linii środkowej pleców, gdzie go z łatwością wyczuć można. Kręgosłup składa się z 34 części oddzielnych, zwanych *kręgami* (vertebrae). Każdy kręg składa się (fig. 7) z *trzona* (corpus) i *łuku* (arcus), które otaczają *otwór wewnętrznykręgowy* (foramen vertebrale): trzon skierowany jest ku *przedniej* czyli brzusznej stronie ciała, łuk — ku grzbietowej czyli tylnej. Od środkowej części łuku skośnie ku tyłowi odchodzą *wyrostki ościste* (processus spinosi), które łatwo wyczuć, a nawet policzyć możemy, prowadząc palcem wzdłuż środkowej linii pleców. Po bokach każdego wyrostka ościstego od łuku rozchodzą się na boki *wyrostki poprzeczne* (processus transversi); wreszcie ku górze i ku dołowi od łuku również odchodzą małe *wyrostki stawowe górne i dolne* (processus articulares superiores et inferiores). Łuk w tem miejscu, gdzie odchodzi od trzonu, posiada z góry i z dołu wyszczerbienia; dolne jest znacznie głębsze od górnego. Kręgi, składające kręgosłup, ułożone są w ten sposób, że otwo-

ry wewnątrzkręgowe, leżąc jedne nad drugimi, tworzą kanal rdzeniowy (canalis vertebralis), przebiegający wzdłuż krę-

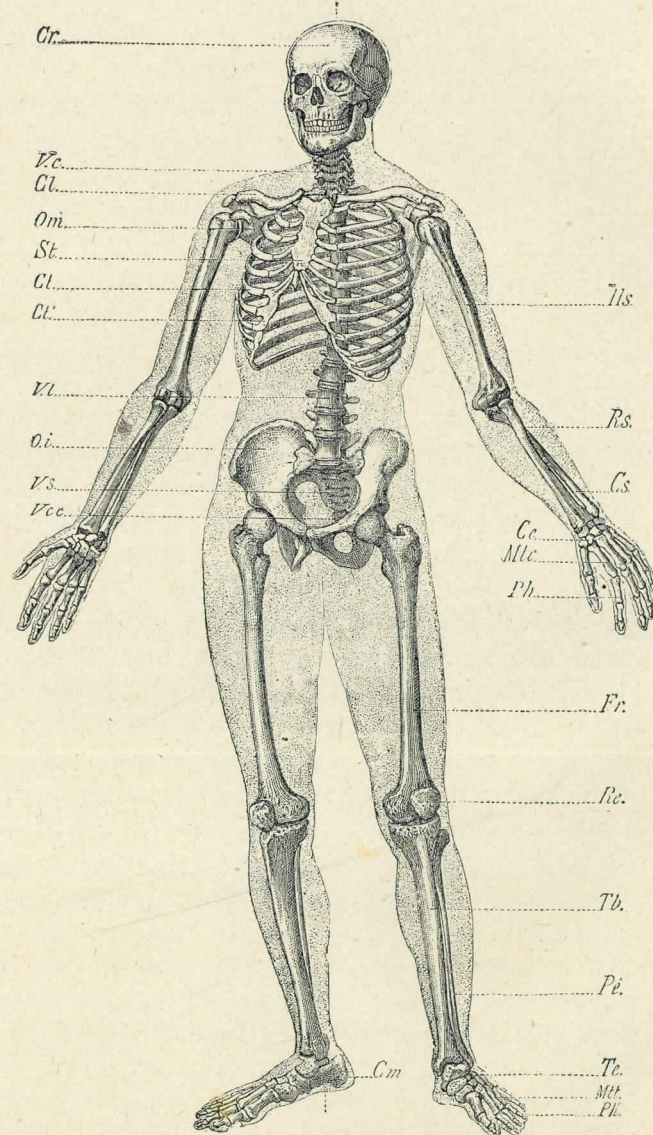


Fig. 5. Ogólny widok szkieletu kostnego człowieka; prawa ręka w polczeniu wywrotnem, lewa w nawrotnem.

gosłupa i mieszczący w sobie część układu nerwowego, mianowicie rdzeń pacierzowy (medulla spinalis); trzony kręgów również leżą jeden nad drugim, a wyrostki stawowe górne jednego kręgu stykają się z wyrostkami stawowymi dolnymi kręgu sąsiedniego. Dolna i górna szczytka w łukach kręgów sąsiednich, stykając się ze sobą, tworzą otwór międzykręgowy, (foramen intervertebrale) przez który wychodzą nerwy rdzeniowe z rdzenia pacierzowego. Opis powyższy kręgu jest nieco schematyzowany i stosuje się najbardziej jeszcze do krę-

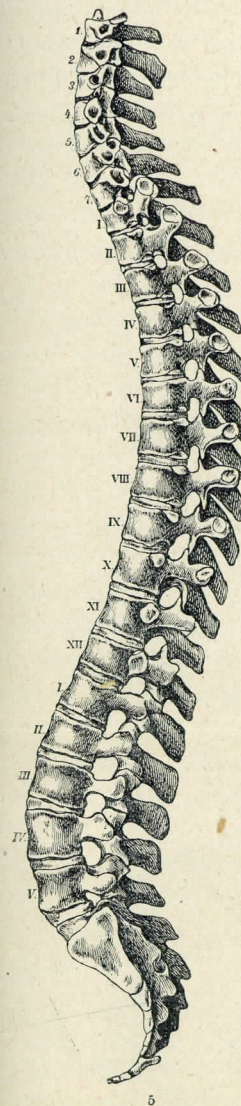


Fig. 6. Kręgosłup człowieka.

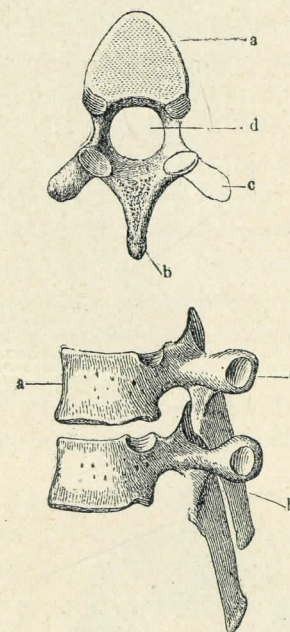


Fig. 7. Kręgi człowieka; u góry krąg widziany z powierzchni, u dołu dwa kręgi z boku. a-ciało, b-wyrostki ościste, c-wyrostki poprzeczne, d-otwór wewnątrzkręgowy

gów znajdujących się mniej więcej pośrodku kręgosłupa. Kręgi każdej okolicy tułowia posiadają cechy swoiste, spowodowane bądź przez historię rozwoju człowieka na ziemi, bądź przez warunki czysto mechaniczne, w danym miejscu panujące. Te modyfikacje kręgów musimy obecnie rozpatrzyć. Okolica szyjowa kręgosłupa składa się z 7 kręgów; dolną jej granicę łatwo można znaleźć na człowieku żywym, gdyż wyrostek ościsty siódmego t. j. ostatniego kręgu wystaje znacznie ku tyłowi, to też prowadząc od góry palcem po środkowej linii szyi, wyrostków nie czujemy wcale, póki nie natrafimy właśnie na ten wystający siódmy. Kręgi okolicy szyjowej są znacznie mniejsze od wszystkich niżej leżących. Wogóle, powieć można, że w miarę badania niższych części kręgosłupa będziemy spotykali coraz większe i silniej zbudowane kręgi—jest to prawdopodobnie przystosowanie funkcjonalne do znoszenia coraz to większego ciężaru. Wyrostki poprzeczne kręgów szyjowych mają otwór pionowy; jest to cecha o wielkim znaczeniu dla historii pochodzenia człowieka, gdyż badania anatomiczne wykazują, że wyrostek poprzeczny kręgów szyjowych w tylnej swej części odpowiada wyrostkowi poprzecznemu kręgów niższych okolic kręgosłupa, część jego przednia jest szczątkiem żeber, istniejących i w okolicy szyjowej u niższych kręgowców, a wspomniany wyżej otwór wskazuje granicę między właściwym wyrostkiem poprzecznym a szczątkiem żebra.

Dwa górne kręgi szyjowe tyle posiadają ważnych cech swoistych, że je oddzielnie rozpatrzyć musimy. Pierwszy z nich

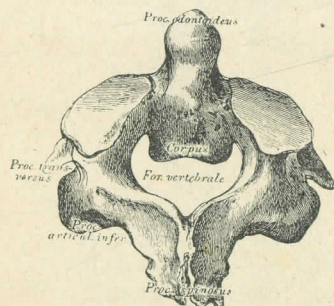


Fig. 9. Krąg obrotowy.

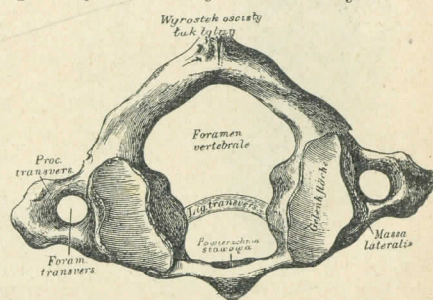


Fig. 8. Krąg szczytowy.

(fig. 8), najwyższy, nosi nazwę *kręgu szczytowego* (atlas); nie posiada on trzonu i tworzy przez to jakby pierścień, którego boki są grubsze od innych części i z góry i z dołu posiadają gładką powierzchnię, t. zw. powierzchnię stawową. Na górnych powierzchniach stawowych kręgu szczytowego opierają się wyrostki kości potylicowej czaszki (obacz niżej), dolne zaś oparte są na drugim kręgu szyjowym czyli na *kręgu obrotowym* (epistropheus). Ten ostatni (fig. 9) na trzonie swoim

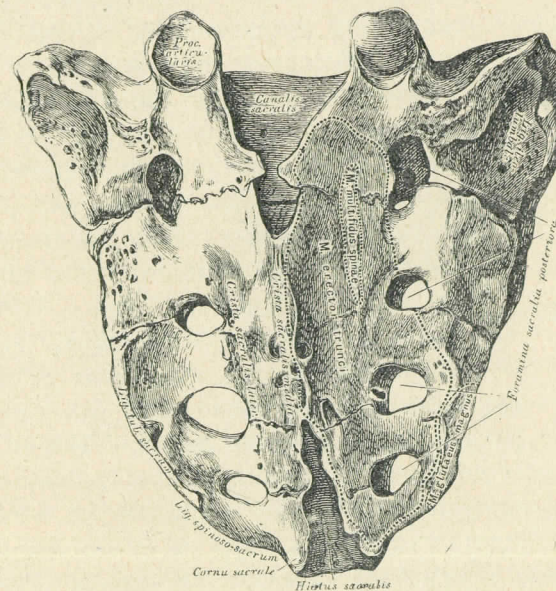


Fig. 10. Kość krzyżowa.

posiada tępy wyrostek kostny ku górze skierowany, zwany *sworzniem* (dens), jest to z punktu widzenia anatomii porównawczej trzon kręgu szczytowego. Sworzeń wchodzi do przedniej części kręgu szczytowego, tworząc jakby oś, na której ten ostatni wraz z głową może się obracać (fig. 12).

Następną z kolei częścią kręgosłupa jest okolica grzbietowa, składająca się z 12 kręgów. Do każdego z nich przyzeczepione są żebra, to też na bokach trzonów, u góry i u dołu, oraz na wyrostkach poprzecznych widać gładkie powierzchnie

stawowe—miejsca połączenia żeber z kręgosłupem. Idąc dalej ku dołowi spotykamy 5 *kręgów lędźwiowych* (vertebrae lumbales); są to kręgi największe, najsilniej zbudowane, gdyż największy dźwigają na sobie ciężar. Pod kręgami lędźwiowymi spotykamy t. zw. *kość krzyżową* (os sacrum) (fig. 10), składającą się z 5 zrośniętych ze sobą kręgów; zrośnięcie to w ścisłym znajduje się związku z przeznaczeniem kości krzyżowej, która służy mianowicie jako przyczepienie i punkt oparcia dla kończyn dolnych, t. j. nóg, a zrośnięcie nadaje jej potrzebną do tego moc i wytrzymałość. Wreszcie na dolnym końcu kręgosłupa spotykamy małą *kość ogonową* (os coccygis) (fig. 11), składającą się z trzech do sześciu, a najczęściej z czterech bardzo słabo rozwiniętych kręgów; na dwóch ostatnich nie można znaleźć nawet śladu żadnych wyrostków. Kość ta nie gra żadnej roli u człowieka, (stanowi tylko odpowiednik tej części kręgosłupa, które u większości zwierząt tworzy szkielet ogona; małpy człekokształtne—goryl, szympan, gibbon i orangutan posiadają kość ogonową zbudowaną jak człowiek, to też podobnie jak my są pozbawione ogona.) Takich organów zupełnie bezużytecznych, a przekazywanych z pokolenia w pokolenie dzięki konserwatywnej sile dziedziczności, wiele znaleźć można u każdego zwierzęcia, a więc i u człowieka; noszą one nazwę *organów szczątkowych*. Zwykle są one słabo rozwinięte, przytem wielkość ich znacznym ulega wahaniom, co widzimy choćby na przykładzie kości ogonowej, która raz z trzech, a czasem nawet z sześciu składa się kręgów. Z czasem, po wielu pokoleniach, takie organy szczątkowe prawdopodobnie znikną zupełnie.



Fig. 11. Kość ogonowa.

Kości kręgosłupa muszą być ze sobą połączone; do tego celu służą t. zw. *wiązadła* (ligamenta); są to utwory mocne, ale elastyczne, spotykane wogóle tam, gdzie różne części organizmu spojone są jedne z drugimi. Takie wiazadła znamy z praktyki życia codziennego pod nazwą żył w mięsie. Wzdłuż wyrostków ościistych idzie jedno takie wiazadło, które w górnej

części kręgosłupa u człowieka jest nadzwyczaj słabe, ale u zwierząt np. u wołu rozwija się tam właśnie bardzo silnie i utrzymuje głowę bez wysiłku mięśni. Łatwo zrozumieć, że u człowieka wobec pionowej pozycji jego ciała wiazadło takie (wiazadło szyjowe—ligamentum nuchae) jest niepotrzebne. Po przedniej stronie kręgosłupa również przebiega jedno długie wiazadło przednie. Prócz tych wspólnych dla całego kręgosłupa mamy jeszcze wiazadła między poszczególnymi kręgami; łączą one wyrostki stawowe, wyrostki ościiste i t. d. Wreszcie trzony kręgów nie leżą bezpośrednio jedno na drugich, ale między nimi istnieją jakby podkładki miękiej elastycznej tkanki chrząstkowej (cartilagineae intervertebrales).

Na szczególną uwagę zasługuje połączenie kręgu szczytowego z obrotowym. Sworzeń kręgu obrotowego oparty jest o przednią wewnętrzną część kręgu szczytowego; na tylnej powierzchni sworznia przebiega mocne *wiazadło poprzeczne* (ligamentum transversum) (fig. 12), przyczepione do bocznych wewnętrznych powierzchni kręgu szczytowego; w ten sposób tworzy się zamknięta obręczka, wewnątrz której obraca się sworzeń. Od górnej jego części odchodzą skośnie ku górze dwa bardzo silne *wiazadła skrzydlate* (ligamenta alaria) przyczepione do kłykei potylicy (obacz szkielet głowy). W ten sposób głowa może się obracać wraz z kręgiem szczytowym dookoła sworznia, mniej więcej na 45° w obie strony. Dalszy ruch znajduje przeszkodę właśnie w owych wiazadłach skrzydlatych. W rzeczywistości możemy dalej jeszcze w bok odwrócić głowę, ale to zależy od skręcenia całej szyjowej części kręgosłupa. Przy gwałtownym zgięciu głowy ku przodowi lub ku górze można przerwać wiazadło, i wtedy sworzeń zgniata rdzeń pacierzowy, tuż za nim leżący, powodując śmierć natychmiastową.

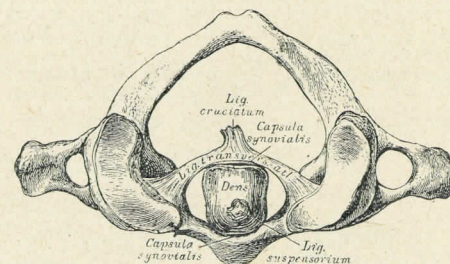


Fig. 12. Połączenie kręgu szczytowego z obrotowym. Widok z góry

— 15 —

Rzućmy teraz okiem na całokształt budowy kręgosłupa. Jest to słup kostny, składający się zwykle z trzydziestu czterech oddzielnych, ruchomo połączonych kości—to też może się on zginać i skręcać we wszystkie strony o tyle, o ile pozwalają wiązadła międzykręgowe. Słup ten jest węzowato skręcony (fig. 6), w okolicy szyjowej i brzusznej wypukłość skierowana jest ku przodowi, a w okolicy piersiowej i krzyżowej—ku tyłowi. U dziecka nowonarodzonego istnieje jedna tylko wypukłość w okolicy piersiowej, reszta tworzy się dopiero potem w zależności od postawy pionowej. Dzięki tym wygięciom oraz elastycznym wiązadłom, kręgosłup ma po części własności sprężyny, to też wszelkie wstrząśnienia (np. przy skakaniu) dochodzą do głowy w stopniu znacznie osłabionym.

Klatka piersiowa.

W skład *klatki piersiowej* (fig. 13) wchodzi część kręgosłupa, składająca się z dwunastu kręgów piersiowych, dwanaście par żeber (costae) i z przodu kość zwana *mostkiem* (sternum).

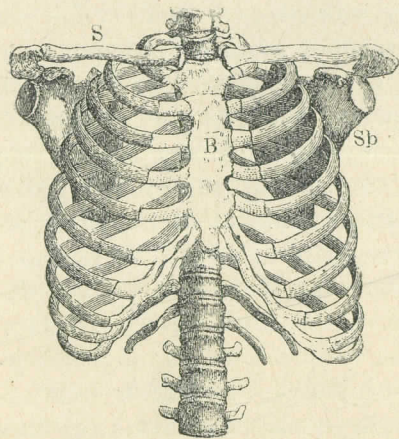


Fig. 13. Widok ogólny klatki piersiowej B. mostek. Sb. łopata. S. obojczyk.
ne (costae fluctuantes).

Żebra są to wąskie blaszki kostne, przebiegające łukowato od kręgosłupa do mostka. Pierwsze, licząc od góry, pięć par żeber dochodzą bezpośrednio do mostka i noszą nazwę *żeber prawdziwych* (costae verae), następne pięć par łączą się najpierw ze sobą i dopiero potem wchodzi w związek z mostkiem—są to *żebra rzekome* (costae spuriae), wreszcie dwie ostatnie pary zupełnie utraciły związek z mostkiem, kończą się swobodnie między mięśniami i zowią się *żebra wolne* (costae fluctuantes).

Żebra nie leżą poziomo, lecz skierowane są nieco ku dołowi i dopiero część ich przednia, koło mostka, znów podnosi się ku górze. Na tylnym końcu każdego żebra widać dwie gładkie powierzchnie stawowe, z pomocą których ono łączy się z kręgami. Przednie końce żeber, łączące się z mostkiem, składają się nie z kości, lecz z chrząstki.

Ilość żeber u człowieka dość często ulega wahaniom. Ostatni kręg szyjowy posiada czasem żebro mniej lub więcej rozwinięte i dochodzące niekiedy aż do mostka. Górne kręgi lędźwiowe też posiadać mogą żebra; z drugiej strony bywa i zmniejszenie ilości żeber: wtedy nie wyrastają one na dolnym kręgu piersiowym. Wogóle ostatnia para żeber nader różnej bywa wielkości; czasem dochodzą one zaledwie do długości małego palca, kiedy indziej znów są tak długie, jak dłoń. Zjawiska owe tłumaczymy sobie w ten sposób, że u niższych kręgowców np. u ryb, żeber jest znacznie więcej, dopiero u wyższych ilość ich ulega redukcji; u człowieka posiadającego stosunkowo bardzo krótki tułów ilość żeber jest bardzo mała. Przytem dwie ostatnie pary, nie łączące się z mostkiem, nie mają żadnego znaczenia fizjologicznego—są to organy szczątkowe i zgodnie z tem, co mówiliśmy poprzednio, podlegają znacznym wahaniom co do swej wielkości. Od czasu do czasu, jakby dla przypomnienia stosunków panujących u innych kręgowców, występują i u człowieka żebra nadliczbowe, nie grające jednak żadnej roli.

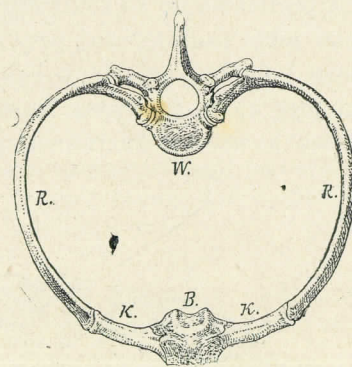


Fig. 14. Przekrój przez klatkę piersiową w płaszczyźnie jednego żebra W trzon kręgu R żebro K chrząstka łącząca żebro z mostkiem. B mostek.

Mostek jest to kość pojedyncza, zamykająca z przodu klatkę piersiową. Na bokach znać miejsca, gdzie łączą się żebra; prócz tego u góry są dwa wcięcia boczne, w których z mostkiem łączy się obojczyk (patrz niżej). Mostek leży nie

pionowo, lecz dość znacznie skierowany jest ku przodowi i do-
łowi, a więc w dolnej swej części jest więcej oddalony od krę-
gosłupa, niż w górnej. Jakkolwiek mostek u człowieka do-
rosłego nie wykazuje nawet śladów parzystości, to jednak hi-
storia rozwoju dowodzi, iż w rzeczywistości tworzy
się on z dwóch równoległych listewek, wytworzonych przez
zebra prawej i lewej połowy ciała. Listewki te następnie się
dopiero zrastają; są jednak znane przypadki, kiedy u człowie-
ka mostek był całe życie parzysty—z podłużną szparą pośrodku.

Ogólny wygląd klatki piersiowej przypomina stożek ucię-
ty, węższym końcem skierowany ku górze; w przekroju po-
przecznym (fig. 14) otrzymamy nie koło, lecz figurę tak zwa-
ną nerkowatą, gdyż kręgosłup leży jakby w zagłębieniu, a łuk
żeber jest spłaszczony z przodu i wydłużony z boków. Kła-
tka piersiowa do 15 roku życia rośnie dość wolno, potem przez
czas jakiś nadzwyczaj prędko i wykształca się ostatecznie do-
piero koło trzydziestego roku życia. U kobiet klatka piersio-
wa jest nieco mniejsza; mostek o 2 cm. mniej więcej krótszy;
często bywa zniekształcona przez ciasną odzież, gorset i t. p.

Czaszka.

Szkielet głowy (fig. 15 i 16) składa się z dwóch części:
czaszki właściwej (cranium), która stanowi jakby pudełko zawiera-
jące w sobie mózg, i *twarzy* (facies). Wszystkie kości czaszki
połączone są ze sobą bardzo ściśle przy pomocy tak zwa-
nych *szwów*; brzegi stykających się ze sobą kości mają mnóstwo
jak gdyby ząbków, (por. rys. 17 u góry) w zagłębienia jednej
kości wchodzą wypukłości innej i powstaje w ten sposób spo-
jenie bardzo mocne. Wyjątek stanowi szczęka dolna, obda-
rzona dość znaczną ruchliwością i odpadająca od reszty ko-
ści z chwilą, kiedy usuniemy wszystkie części miękie.

Czaszka właściwa składa się w tylnej swej części z *kości po-
tylicowej* (os occipitale) (fig. 17), w której rozróżnić można część

łuskowatą (squama)
wznoszącą się ku gó-
rze i tyłowi, oraz
część poziomą, two-
rzącą tylną okolicę
spodu czaszki; tutaj
również znajduje się
duży *otwór potylicowy*,
(foramen occipitale
magnum) przez któ-
ry kanał rdzeniowy
łączy się bezpośre-
dnio z jamą czaszki.
Po obu bokach otwo-
ru potylicowego wznó-
szą się dwa wspo-
mniane już poprze-
dnio wzgórki kostne
t. zw. *kłykie* (condyli
occipitales) opierające
się na powierzchniach
stawowych kręgu
szczytowego. Na ze-
wnętrznej powierzch-
ni łuski, mianowicie
w dolnej połowie, za-
uważyć można kilka
wypukłych grzebieni
kostnych, ogranicza-
jących miejsca przy-
czepienia mięśni po-
ruszających głowę. W
górnej części łuska
kości potylicowej gra-
niczy z dwiema *kośćmi
ciemieniowymi* (os pa-
rietale); granica ta

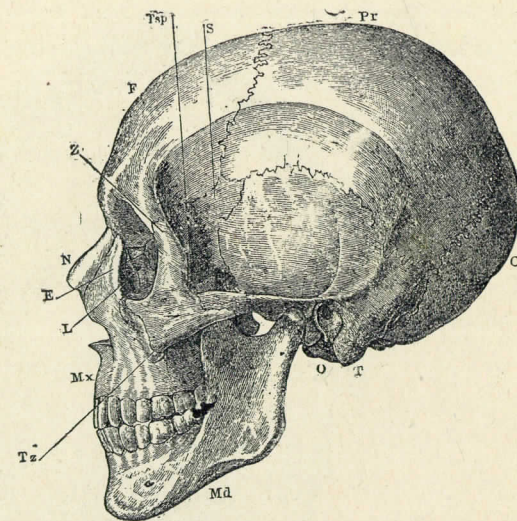


Fig. 15. Widok ołny szkieletu głowy.
O kość potylicowa. Pr ciemieniowa. F czołowa, między temi kośćmi widać szwy. S kłykie potylicy. N kości nosowe. L kość łzowa. Mx szczęka górna. Z kość licowa. T K skroniowa Md żuchwa.

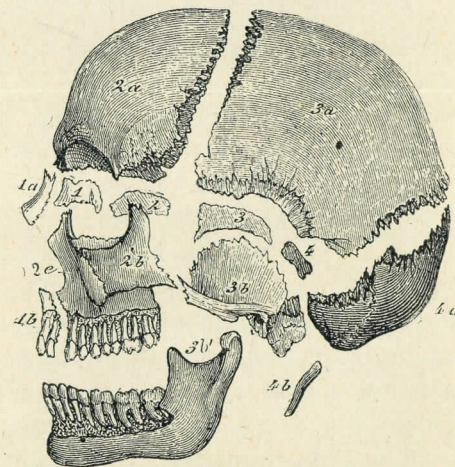


Fig. 16. Kości czaszki rozsunięte.

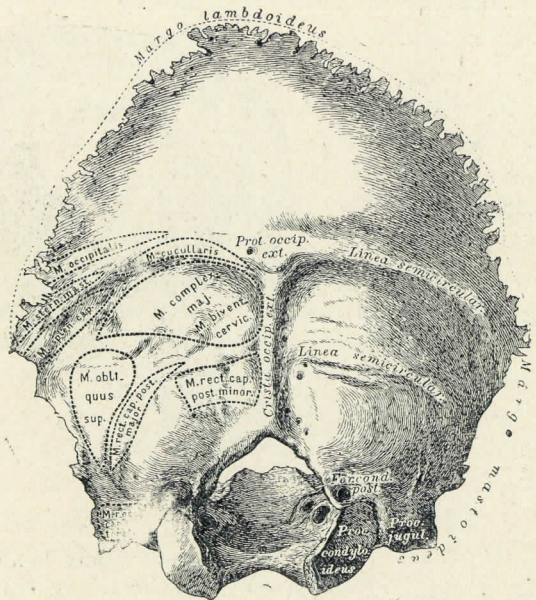


Fig. 17. Kość potylicowa widziana z tyłu. Na górnej części rysunku widać szew łączący potylicę z kośćmi ciemieniowymi. U dołu otwór potylicowy; po jego bokach kłykie.

bardzo łatwo daje się na czaszce zauważyć, i nosi nazwę *szwu obrąbkowego* (sutura lambdoidea). Kości ciemieniowe tworzą środkową górną, po części boczną ścianę czaszki i na linii środkowej łączą się ze sobą *szwem strzałkowym* (sutura sagittalis). Z dołu, po obu bokach czaszki, z kośćmi ciemieniowymi łączą się, zachodząc częściowo na nie, *kości skroniowe* (os temporale) (fig. 18). W nich można rozróżnić kilka części; przede wszystkim *część łuskową* (pars squamosa,) płaską kość, przylegającą do kości ciemieniowej; w tylnej dolnej części widzimy *część sutkową* (pars mastoidea) z *wyrostkiem sutkowym* (processus mastoideus), który łatwo za uchem możemy odnaleźć palcem. We wnętrzu tego wyrostka mamy mniejszą lub większą ilość komór wypełnionych powietrzem i komunikujących się z jamą bębenkową ucha (patrz niżej). Wreszcie ku przodowi

od części sutkowej, leży t. zw. część *graniastosłupowa*, podobna do czworobocznego graniastosłupa, skierowanego wierzchołkiem do wnętrza i środka. We wnętrzu tego graniastosłupa umieszczona jest znaczna część organu słuchu, a na powierzchni widać otwór tam prowadzący, tak zwany *otwór słuchowy zewnętrzny* (meatus auditorius externus). Od części łuskowej tuż przed otworem słuchowym odchodzi ku przodowi łukowato zgięty w płaszczyźnie poziomej *wyrastek łicowy* czyli *jarzmowy* processus zygomaticus). Wreszcie w tylnej części powierzchni zewnętrznej piramidy widzimy cienki ku dołowi schodzący *wyrastek rylcowaty* — (processus styloideus).

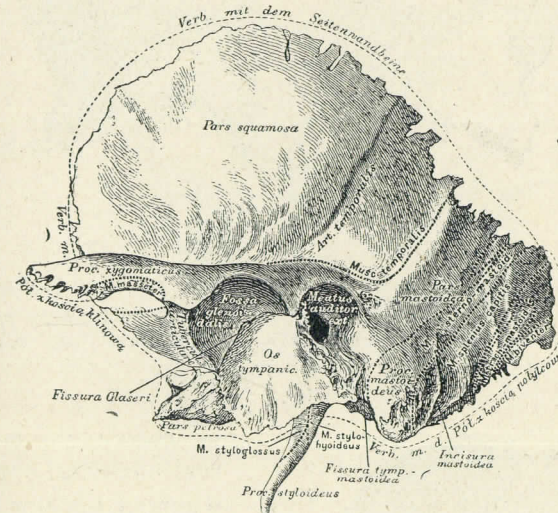


Fig. 18. Kość skroniowa. Część łuskowa u góry, sutkowa — z prawej strony. Ku dołowi zwisa wyrostek rylcowaty, a nad nimi czarny otwór słuchowy.

Kości ciemieniowe w przedniej swojej części z pomocą szwu wieńcowego łączą się z *kością czołową* (os frontale) (fig. 19); kość ta powstaje ze zlania się dwóch kości, prawej i lewej, to też niekiedy pośrodku kości czołowej spotykamy wyraźny szew, który u większości ludzi ulega zupełnemu zanikowi. W dolnej swej części kość czołowa tworzy sklepienie oczodo-

łów. Nad oczodołami leżą wałkowate zgrubienia kostne t. zw. *łuki brwiowe* (arcus superciliares), które szczególnie silnie

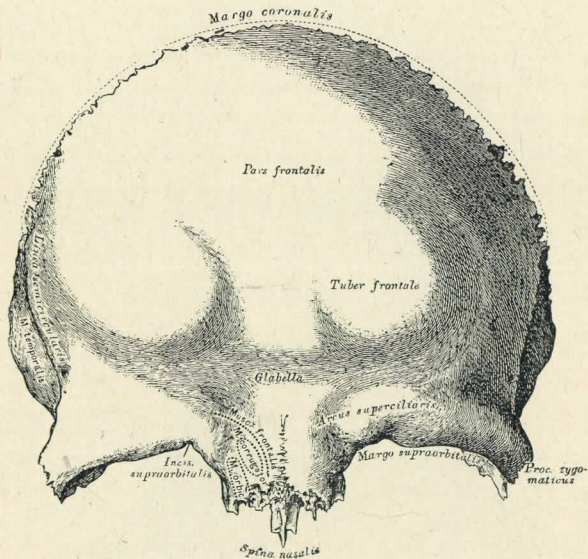


Fig. 19. Kość czołowa z przodu; u dołu pośrodku widać wyrostek łączący się z kośćmi nosowymi, a po bokach brzeg górny oczodołów, nad którym leżą łuki brwiowe.

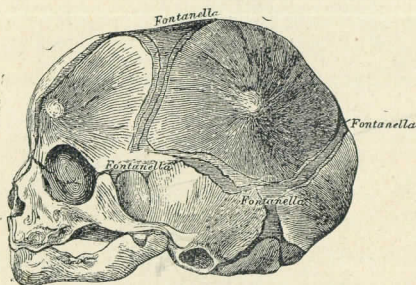


Fig. 20. Ciemiączka zarodka.

wą (patrz niżej), wchodzącą w skład szkieletu twarzy. Między oczodołami spotykamy część nosową kości czołowej, mającą

są rozwinięte u niższych ras ludzkich i u małp. We wnętrzu kości w tem miejscu mamy pustą przestrzeń t. zw. *zatokę czołową* (sinus frontalis), otwierającą się do górnej części jamy nosowej. Na zewnętrznej stronie oczodołów kość czołowa tworzy wyrostek łączący się z kością jarzmową

kształt podkowy, skierowanej otworem ku dołowi. Okolice, gdzie kość czołowa łączy się z ciemieniowcami, u noworodka nie jest jeszcze skostniała (fig. 20) i łatwo dzięki swej miękkości zauważona być może. Takie miejsca noszą nazwę *ciemniaczków* (fontanella). Na głowie noworodka można ich znaleźć kilka; największe jest tylko co wymienione czołowe, które zarasta normalnie pod koniec drugiego roku życia; mniejsze i prędzej zarastające ciemiączko leży z tyłu głowy, tam gdzie potylicza łączy się z kośćmi ciemieniowcami.

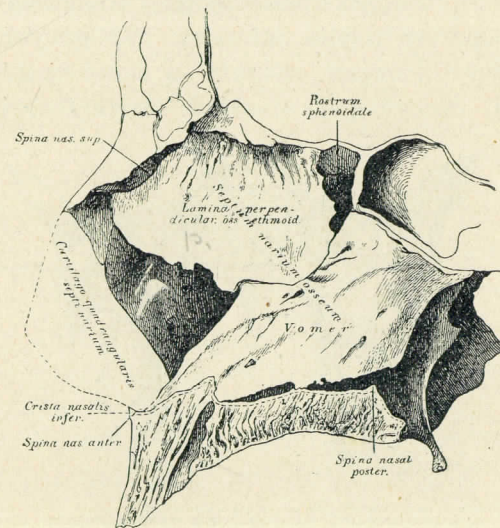


Fig. 21. Szkielet kostny nosa w przekroju. Widać blaszkę pionową, pod nią leży lemięsz, nad nią poprzecznie przecięta blaszka sitowa a jeszcze wyżej wznosi się grzebień koguci.

We wnętrzu wyżej wymienionej podkowy kości nosowej leży *kość sitowa* (os ethmoidale) fig. 21, składająca się z kilku części. Mniej więcej poziomo, wchodząc właśnie w zagłębienie kości czołowej leży cienka *blaszka sitowa*, tworząca przednią część dna czaszki i sklepienie jamy nosowej. Blaszka ta, jak nazwa jej wskazuje, posiada mnóstwo otworów, przez które przechodzą nerwy, głównie nerw węchowy. Na blaszce si-

towej we wnętrzu jamy czaszkowej ku górze sterczy blaszka pionowa, zwana *grzebieniem kogucim* (crista galli), ku dołowi zaś zmierza *blaszka pionowa* (lamina perpendicularis), wchodząca w skład przegrody nosowej. Od bocznych krawędzi blaszki sitowej z każdej strony zwiesza się *labirynt*, składający się z cienkich blaszek kostnych ograniczających puste przestrzenie (cellulae ethmoidales). Od wnętrza nosa komory labiryntu są dostępne, gdyż tylko przysłonięte blaszkami kostnymi zwieszającymi się pochyło ku dołowi, których dolne brzegi zawijają się na zewnątrz. Są to *muszle nosowe*—górną, środkową i dolną (concha nasalis superior, media, inferior). Od góry komory labiryntu w środkowej części zakryte są *blaszką papierową* (lamina papyracea) wchodzącą w skład wewnętrznej, środkowej

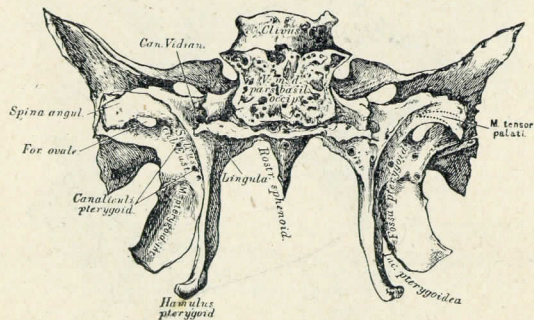


Fig. 22. Kość klinowa od tyłu. Pośrodku trzon, po bokach wyrostki.

ściany oczodołu; sąsiednie kości czaszki i twarzy zakrywają resztę komór sitowych.

Środkową część podstawy czaszki tworzy *kość klinowa* (os sphenoidaleum) (fig. 22); dzięki swemu położeniu styka się ona z wielu innymi kośćmi i budowa jej jest bardzo złożona. Z przodu łączy się ona z kością czołową i sitową, z tyłu przechodzi bez szwu w kość potylicową, z boków dotyka kości skroniowej. Rozróżniamy w kości klinowej nieparzysty sześcienny, ale ku dołowi zwężający się *trzon*, zrosnięty od tyłu z potylicą, i trzy pary płaskich skrzydlatych wyrostków. Dwie pary

leżą poziomo, są to *skrzydła oczodołowe* (alae orbitales), tworzące część tylnej zewnętrznej ściany oczodołów, oraz *skrzydła skroniowe* (alae orbitales), wchodzące w skład bocznej ścianki czaszki przed kością skroniową, oraz zachodzące z boku do oczodołów. Trzecia para wyrostków leży pionowo i pod nazwą *wyrostków skrzydlatych* (processus pterygoideus) tworzy tylną część bocznej ścianki nosa. Wewnętrzna powierzchnia trzonu przedzielona jest dwiema poprzecznymi wyniosłościami kostnymi na trzy pola, środkowe pole wraz z wałkami przypomina nieco swym wyglądem siodło, nosi też nazwę *siodła tureckiego* (sella turcica); na niem leży *przysadka mózgowa* (hypophysis cerebri).

Szkielet twarzy.

Główną część jego stanowi *szczeka górna* (maxilla) (fig. 23), składająca się z dwóch, na linii środkowej złączonych kości. W każdej z nich można rozróżnić trzon i kilka wyrostków. Górna powierzchnia trzonu tworzy wewnętrzną część dna oczodołu, a na dolnej znajdujemy szereg jamek (alveolae), w których są umieszczone korzenie zębów. Z trzonu ku górze wychodzi wyrostek sięgający do części nosowej kości czołowej, a od bocznej ścianki w bok odchodzi szeroki wyrostek połączony szwem z kością jarzmową (patrz niżej). Wreszcie szczeka górna nosi na sobie od tyłu blaszkę poziomą, która tworzy przednią część podniebienia twardego. We wnętrzu trzonu szczęki górnej znajduje się pusta przestrzeń—*zatoka szczękowa* także *jama Highmora* zwana (sinus maxillaris s. antrum Highmori) łącząca się z jamą nosową.

Kości jarzmowe czyli *licowe* (os zygomaticum) (fig. 24) leżą po bokach twarzy w jej części górnej, tuż pod oczodołami, tworząc część ich dolnego brzegu. Z jednej strony kość licowa łączy się z odpowiednim wyrostkiem szczęki górnej, a z

drugiej dochodzi do wyrostka jarzmowego kości skroniowej; w ten sposób powstaje łuk licowy, nadający twarzy wygląd charakterystyczny.

Do tej części szczęki dolnej, która tworzy przednią okolicę podniebienia twardego, przylegają od tyłu *kości podniebienne* (os palatinum). *Kości nosowe* (os nasale) (fig. 24) leżą pomiędzy częścią nosową kości czołowej i wyrostkami czołowymi szczęki górnej. Łącząc się szwem środkowym, tworzą one sklepienie jamy nosowej. W skład przegrody nosowej (septum narium) prócz wymienionej poprzednio blaszki pionowej kości sitowej wchodzi jeszcze *lemiesz* (vomer) (fig. 21), płaska cienka kość, spoczywająca od dołu na wyrostkach szczęki dolnej i kości podniebionych; z tyłu dotyka ona trzonu

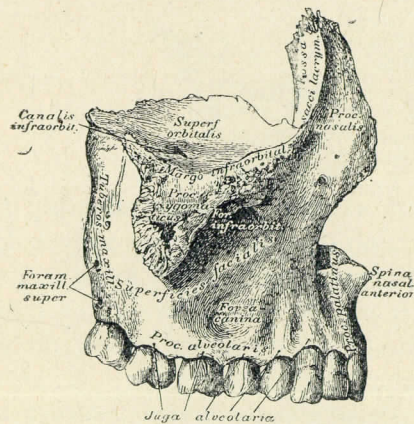


Fig. 23. Szczeka górna od zewnątrz; u dołu zęby, na prawo u góry wyrostek nosowy.

razem z odpowiednią bróздką szczęki górnej tworzy kanał łzowy; tedy łzy z oczu spływają do nosa.

Wreszcie tutaj wspomnieć można *kość gnykową* (os hyoideum) (fig. 25), służącą za punkt oparcia dla znacznej części mięśni języka; leży ona przed trzecim i czwartym kręgiem szyjowym. Można ją łatwo namacać palcem tuż nad krtanią, szczególnie przechyliwszy nieco głowę ku tyłowi. Składa się ona z trzonu leżącego poprzecznie i dwóch par rożków.

Pozostaje nam rozpatrzeć jedyną ruchomą kość głowy mianowicie *żuchwę* (mandibula) (fig. 26); jest to pas kostny,

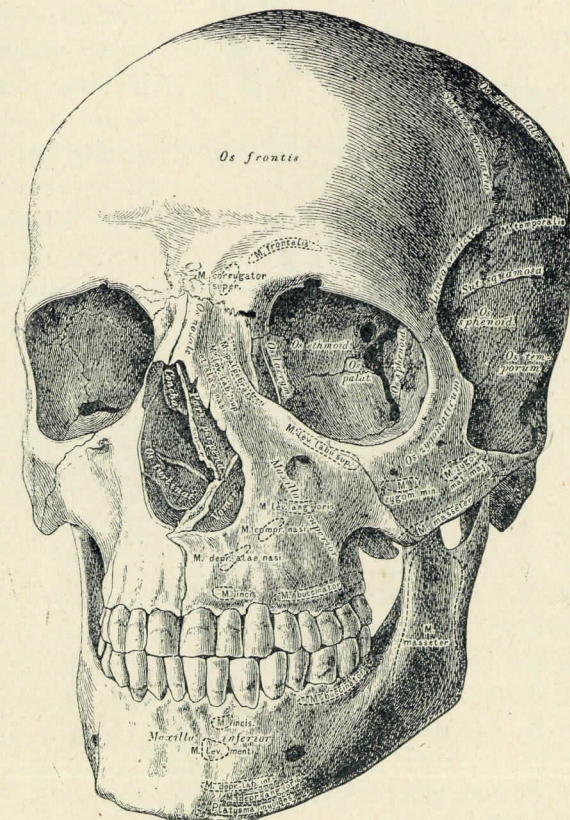


Fig. 24. Widok ogólny szkieletu głowy.

w którym rozróżnić można poziomy, zgięty w podkowę trzon i duże ku górze idące gałęzie. Na górnym brzegu trzonu są zębodoły (alveolae), w których tkwią korzenie zębów. Gałąź każda w górnej swej części rozdzielona jest na dwa wyrostki; tylny czyli *kłykciov*y, (processus condyloideus) wchodzący w odpowiednie zagłębienie kości skroniowej i przedni czyli *wieńcowy* (processus coronoideus), do którego przy-

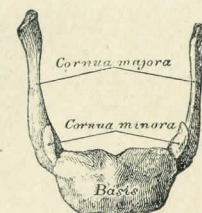


Fig. 25. Kość gnykowa. U dołu — trzon; po bokach — rogi.

czepia się mięsień skroniowy (musculus temporalis). Pod-

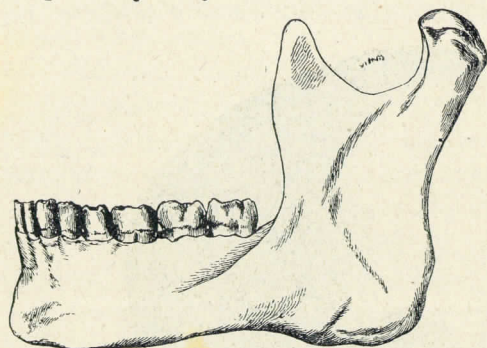


Fig. 26. Żuchwa. U góry na prawo wyrostek kłykciowy, na lewo wieńcowy.

zwykłego—następuje wywichnięcie szczęki.

czas otwierania ust czyli opuszczania żuchwy wyrostek kłykciowy wychodzi z jamki w kości skroniowej i przesuwają się ku przodowi. Przy zbyt silnym otwarciu ust wyrostek może przesunąć się zbyt daleko i wtedy szczeka nie może już wrócić do położenia

Szkielet kończyn.

U większości kręgowców szkielet kończyn przednich mało różni się od szkieletu kończyn tylnych, gdyż czynności obu par są jednakowe. U człowieka ręce używane są w inny zupełnie sposób niż nogi, to też szkielet ręki różni się dość znacznie od szkieletu nogi. Skoro jednak bliżej się przyjrzymy szkieletowi kończyn, to zobaczymy, że i u człowieka są to w zasadzie utwory identyczne.

Szkielet rąk składa się z ramienia, przedramienia i ręki. Pas barkowy łączący kość ramieniową z tułowiem, stanowi łopatkę (scapula) leżącą na plecach i obojczyk (clavicula) znajdujący się w przedniej górnej części klatki piersiowej. Łopatkę (fig. 27) jest to płaska, cienka, mniej więcej trójkątna kość, przylegająca do tylnych części żeber. Podstawa tego trójkąta leży w górze prawie poziomo, wierzchołek skierowany jest ku dołowi. Kąt zewnętrzny jest obcięty, zgrubiały i tworzy powierzchnię stawową dla kości ramieniowej. W poprzek tylnej powierzchni łopatki, bliżej górnego brzegu przebiega silny grzebień, zakończony dużym wyrostkiem barko-

wym (acromion). Na górnym brzegu blisko powierzchni stawowej sterczy zwieszony nad nią wyrostek kruczy (processus coracoideus), zwany tak z powodu swego kształtu. Od wyrostka barkowego do górnej części mostka przebiega obojczyk, cienka kostka, lekko zgięta w kształcie litery S.

Szkielet ramienia składa się z je-

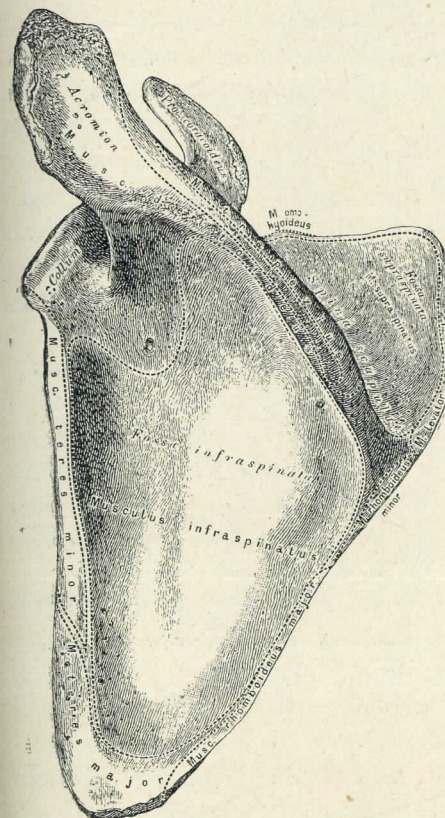


Fig. 27. Łopątka. U góry ze strony lewej wyrostek bokowy, obok w prawo—kruczy.

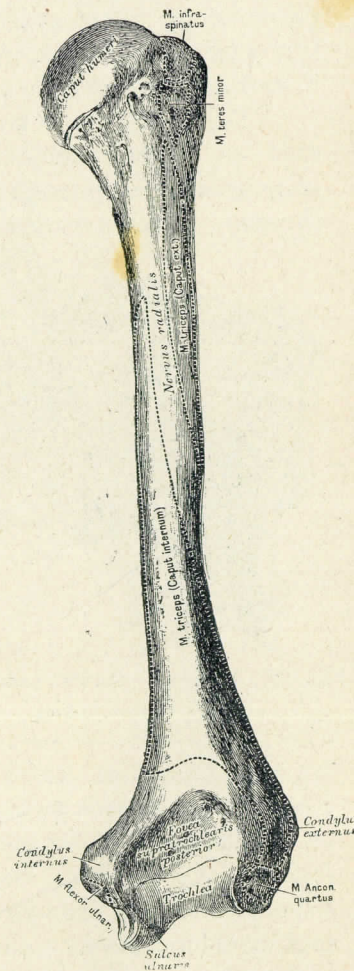


Fig. 28. Kość ramieniowa.

dnej długiej kości ramieniowej (humerus) (fig. 28), górna jej część jest zakończona półkulistą główką stawową, umocowaną na powierzchni stawowej łopatki. Kość ramieniowa jest przy-

znacznie cieńsza, niż u góry, gdzie posiada głęboki dół stawowy, w który wchodzi walcowate rozszerzenie kości ramiennej; powstaje w ten sposób staw, pozwalający kościom poruszać się w jednej płaszczyźnie. Dół stawowy kości łokciowej [z tyłu ograniczony jest dużym *wyrostkiem łokciowym* (olecranon), który wchodzi we wspomniane wyżej zagłębienie kości ramiennej i nie pozwala przedramienia zaginać ku tyłowi.

Położenie wzajemne kości przedramienia może ulegać

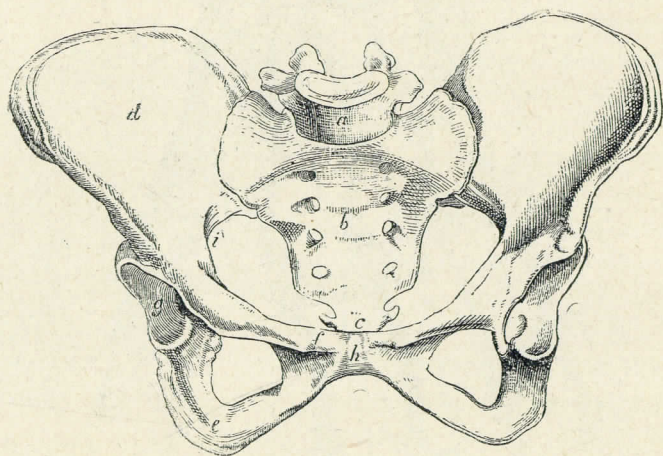


Fig. 31. Miednica człowieka.—a) ostatni krąg lędźwiowy;—b) kość krzyżowa;—c) kość ogonowa;—d) kość biodrowa;—e) kość kulszowa;—f) kość łonowa,—g) panewka.

zmianie, promień mianowicie może się obracać dokoła swej osi, przyczem koniec dolny krzyżuje się z kością łokciową. Jeżeli kości przedramienia leżą równolegle jedno obok drugiej, wtedy przy opuszczonej kończynie dłoń zwrócona jest ku przodowi, a palec wielki nazewnątrż. Położenie takie nazywamy *wywrotnem* (supinatio). W razie przeciwnym t. j. w położeniu *nawrotnem* (pronatio) promień leży skośnie na kości łokciowej, palec wielki na wewnątrz, a dłoń skierowana ku tyłowi (Fig. 5).

Ręka (fig. 30) składa się z ośmiu drobnych kostek, ułożonych w dwa szeregi jeden nad drugim, tworzących t. zw. *napięstek* (carpus), dalej idzie pięć długich kości *dłoni* (metacarpus), z których każda służy za podstawę odpowiedniego palca; te zaś składają się z trzech, a palec wielki z dwóch *członków palcowych* (phalanges digitorum).

Kończyny dolne składają się z uda, goleni i stopy, połączone są z tułowiem przy pomocy pasa biodrowego czyli miednicy.

Miednica (fig. 31) jest to pas kostny utworzony z dwóch symetrycznie położonych kości *beziemiennych* (os innominatum), które z przodu łączą się *spojeniem łonowem*, a ściankę tylną wytworzonej w ten sposób obręczy kostnej tworzy kość krzyżowa. Każda kość beziemienna powstaje ze zrośnięcia trzech kości; górnej szerokiej i płaskiej *kości biodrowej* (os ilei), której brzeg górny łatwo można wyczuć palcem; ku przodowi od niej biegnie *kość łonowa* (os pubis), która na linii środkowej ciała łączy się z taką samą kością strony przeciwnej i tworzy *spojenie łonowe* (symphysis ossium pubis). Wreszcie ku dołowi od kości biodrowej spotykamy skierowaną nieco na zewnątrz *kość kulszową* (os ischii). W tem miejscu, gdzie schodzą się wszystkie trzy kości, widzimy dość głęboki dół stawowy czyli *panewkę* (acetabulum), w którą wchodzi główka kości udowej.

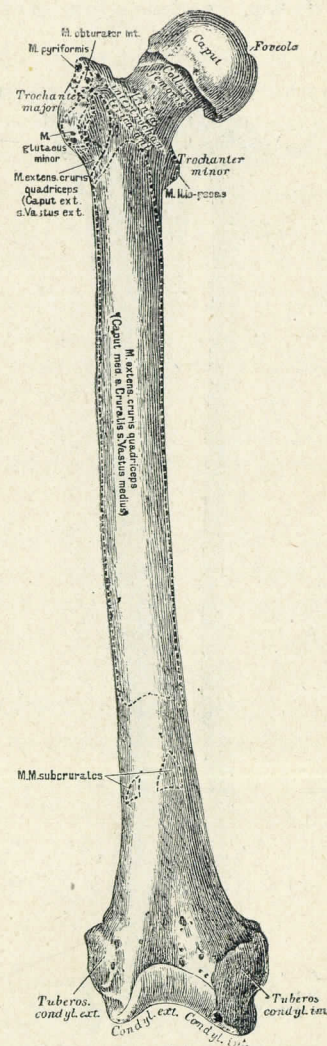


Fig. 32. Kość udowa.

Górna część nogi, czyli udo składa się z jednej kości udowej (os femoris) (fig. 32); w górnej części widzimy główkę stawową, osadzoną na szyjce, tworzącej z resztą kości kąt roz-

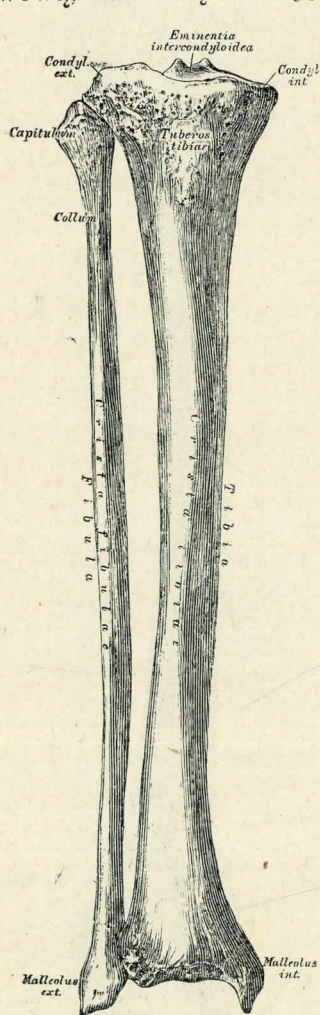


Fig. 33. Szkielet goleni na prawo goleń, na lewo-strzałka.

warty. Główka umieszczona jest w panewce kości bezmiennej, tworząc silny staw biodrowy. W dolnej swej części kość

biodrowa silnie rozszerza się w kierunku poprzecznym i posiada dwie powierzchnie stawowe dla połączenia z kością goleniową.

Szkielet goleni (fig. 33) składa się z dwóch kości; piszczel czyli kość goleniowa (tibia), odpowiadająca promieniowi, gruba, silna kość, w górnej swej części ma dwie powierzchnie stawowe, łączące się z kością udową. Druga, znacznie cieńsza kość goleni zowie się strzałką (fibula), w górnej części nie dosięga kości udowej. Staw kolanowy, jak widzimy, jest wytworzony przez dwie tylko kości: udową i goleniową; na przedniej jego powierzchni leży jeszcze mała trójkątna kostka — rzepka (patella). Staw kolanowy, podobnie jak łokciowy pozwala na poruszanie kości w jednej płaszczyźnie i przytem zginać kolano można jedynie ku tyłowi. Ruch goleni ku przodowi powstrzymywany bywa nie przez wyrostek kostny, jak to ma miejsce w łokciu, ale jedynie przez napięcie wszystkich więzadeł.

W stopie (fig. 34) możemy odróżnić trzy części: stę (tarsus) śródkość (metatarsus) i palce. Stę, podobnie jak napięstek, składa się z siedmiu kostek; tylko jedna z nich zwana skokową (talus) dotyka goleni, pod nią leży kość piętowa (calcaneus) wystająca ku dołowi i tworząca szkielet pięty, reszta t. j. pięć kostek leży płasko dalej ku przodowi. Pięć kości śródkość i członki palców niczem prawie nie różnią się od tego, co widzieliśmy u rąk, tylko członki palców są nieco krótsze.

Ogólna ilość kości wchodzących w skład szkieletu wynosi 213; kończyny górne składają się z 64, dolne z 66 kości; w skład głowy wchodzi 23 kości (wraz z gnykową) i 6 kość ucha.

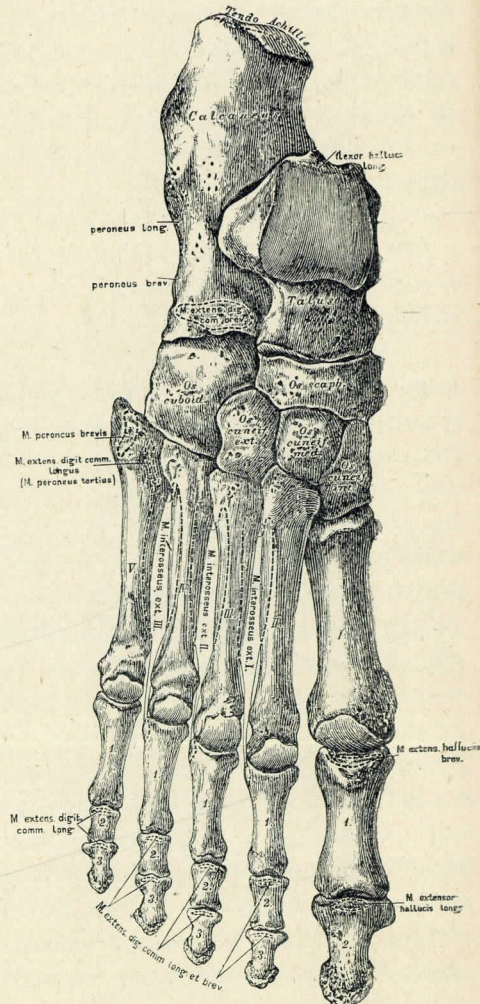


Fig. 34. Szkielet stopy.

Budowa i własności ogólne kości.

Na zasadzie wyglądu zewnętrznego kości można podzielić na 1) kości płaskie, 2) cylindryczne, 3) krótkie; kości należące do każdego z tych działów mają szereg różnic, nawet w we-

wewnętrznej swej budowie. W kościach cylindrycznych architektura wewnętrzna jest najbardziej złożona (fig. 35); w środkowej części kość taka jest to rura, której wewnątrz wypełnia *szpik kostny*, organ właściwie z kością nie niemający wspólnego, mowa o nim będzie później. Wewnętrzna część ścianek tej rury składa się z t. zw. *istoty gąbczastej* (substantia spongiosa), na powierzchni zaś spotykamy *istotę spoistą* (substantia compacta). Istota gąbczasta składa się z cienkich przecinających się blaszek kostnych, pomiędzy którymi są oczka wolne. Istota spoista jest to najtwardsza, zupełnie prawie jednorodna warstwa kości. Ku końcom kości cylindrycznej jama wewnętrzna coraz bardziej wypełnia się istotą gąbczastą, a warstwa spoista

staje się coraz cieńsza — w ten sposób otrzymujemy budowę taką, jak u kości płaskich i krótkich pozbawionych zupełnie jamy wewnętrznej.

Ciekawe są bardzo własności mechaniczne kości; służąc za rusztowanie organizmu kość powinna bardzo trudno poddawać się rozerwaniu, złamaniu i t. d. Rzeczywiście badania odpowiednio dowiodły, że opór kości przeciw rozerwaniu jest mniej więcej taki, jaki wykazuje mosiądz, wydłużanie zaś pod wpływem ciężaru jest znacznie mniejsze, niż u na-

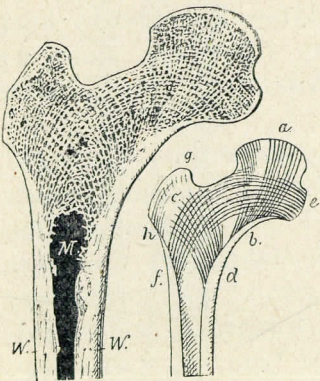


Fig. 35. Budowa kości długich; widać istotę spoistą i gąbczastą. M — jama wypełniona szpikiem.

szych drzew leśnych. Wreszcie struktura wewnętrzna kości odpowiada w zupełności potrzebom mechanicznym. Układ blaszek kostnych istoty gąbczastej zależy od kierunku sił działających normalnie na kości: siła zawsze działa w kierunku długości blaszki kostnej, która w tych warunkach największy stawia opór. Słowem w budowie kości znajdują zastosowanie też same zasady, których trzymają się inżynierowie, projektując różne sklepienia, mające dźwigać ciężary, gdzie przeto również jak w kości chodzi o jaknajwiększą wy-

trzymałość. Co więcej, jeżeli po złamaniu kość zrośnie się krzywo i zmieni się przez to kierunek działającej na nią siły, to po pewnym czasie układ blaszek kostnych też ulega zmianie, przystosowując się do nowych warunków. Wreszcie sama forma rury jest bardzo odpowiednia z punktu widzenia mechaniki, gdyż wiadomo, że rura stawia taki sam opór przeciw złamaniu, jak słup pełny z tego samego zrobiony materiału. Ale za to rura wymaga mniej materiału i jest znacznie lżejsza, co przecież dla kończyn człowieka ma znaczenie niepoślednie.

Ta wytrzymałość mechaniczna kości w ścisłym związku znajduje się z jej składem chemicznym. Zasadnicza substancja organiczna kości impregnowana jest bardzo obficie solami metalu wapnia, mianowicie węglanem i fosforanem. Jeżeli kość na czas jakiś włożyć do roztworu kwasu solnego, to sole nieorganiczne się rozpuszczą, a kość, niezmieniając swego kształtu, stanie się bardzo giętką. Z drugiej strony, przez wypalanie można usunąć z kości wszystkie związki organiczne i przekonać się, jak bardzo jest ona nasycona solami wapnia, gdyż nie rozsypie się po spaleniu, lecz zatrzyma swą formę pierwotną.

Jeżeli zechcemy pogłębić dalej jeszcze wiadomości nasze o budowie kości, to musimy użyć mikroskopu. W przekroju po-

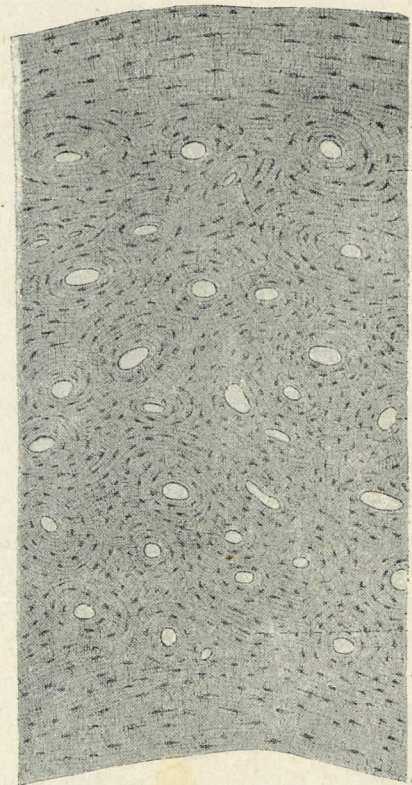


Fig. 36. Budowa kości; kanały Haversa otoczone koncentrycznymi blaszkami; czarne ciałka są to komórki kostne.

przecznym kości (fig. 36) przy niewielkim już (sto kilkadziesiąt razy) powiększeniu możemy zauważyć kanały t. zw. Haversa, po których przebiegają naczynia krwionośne. Dokoła takiego kanału widzimy warstwy koncentrycznie ułożone, na granicy tych warstw leżą charakterystyczne ciała kostne, czyli po prostu komórki, tworzące tkankę kostną. Ponieważ między komórkami istnieją znaczne przestrzenie, wypełnione substancją międzykomórkową, przeto tkankę kostną można zaliczyć do grupy *tkanek łącznych*. Na powierzchni kość okryta jest miękką błoną, noszącą nazwę *okostnej*, składającą się też z tkanki łącznej, ale odmiennej budowy niż kość.

Mięśnie.

Jeżeli trup człowieka lub zwierzęcia obnażymy ze skóry, to ujrzymy pod nią czerwoną włóknistą masę, w życiu codziennym zwaną mięsem, a w języku naukowym — *warstwą mięśni* lub też *muskulaturą*. Pierwszy rzut oka na taki preparat lub na rysunek załączony (fig. 40) przekona nas, że warstwa mięśniowa rozdzielona jest na poszczególne osobniki, noszące nazwę mięśni (musculi). Przytem mięśnie, które w warunkach powyższych widzieć możemy, są przyczepione do kości szkieletu i noszą też nazwę mięśni szkieletowych. Są to, jak już zresztą wiemy, organy ruchu, organy, które, kurcząc się, mogą zmieniać położenie jednych części szkieletu względem drugich.

Nim przystąpimy do bliższego zapoznania się z czynnościami mięśni poszczególnych, musimy zaznajomić się z budową mikroskopową mięśnia, z *tkanką mięśniową*. Składa się ona z komórek (fig. 37), dochodzących nieraz 10 cm. długości a grubych zaledwie 0.003 do 0.006 mm. Komórka na wierzchu odziana jest błoną, zwaną *omięśnią* (sarcolemma), a we wnętrzu widzimy nie jedno, lecz wiele jąder rozrzuconych tuż pod omięśnią. Cechą jednak najważniejszą jest, że komórka takiego mięśnia składa się jakby z pasków poprzecznych, jaśniejszych i ciemniejszych. Prócz takich mięśni *poprzecznie prążkowanych* mamy

jeszcze w organizmie człowieka *mięśnie gładkie* (fig. 38), składająca się z wrzecionowatych komórek, długich 0.05 do 0.2 mm, szerokich na 0.004 do 0.007 m, posiadających jedno tylko jądro i pozbawionych zupełnie owych poprzecznie ułożonych warstewek. Mięśnie gładkie u człowieka znajdujemy we wnętrznościach; nie zależą one zupełnie od naszej woli. Jako przykład przytoczę choćby ruchy jelit, które odbywają się ustawicznie właśnie dzięki obecności w nich mięśni gładkich; tych ruchów my dowolnie zmieniać nie możemy, nawet poprostu nie wiemy o ich istnieniu. Wszystkie zaś mięśnie szkieletu, które mi-

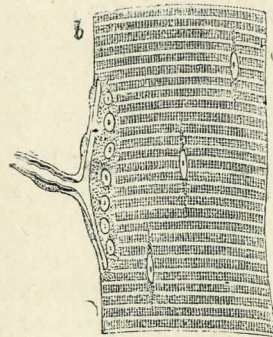


Fig. 37. Włókno mięsne prążkowane; z boku podchodzi nerw.

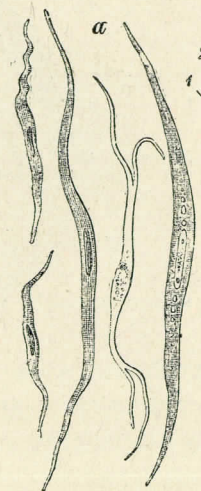


Fig. 38. Włókna mięsne gładkie.

żemy poruszać dowolnie, są zawsze poprzecznie prążkowane.

Mięśnie szkieletowe przyczepione są do kości za pośrednictwem białych błyszczących *ścięgien* (tendines), które budują swoją przypominają wiązadła szkieletowe. Koniec mięśnia, połączony z mało albo wcale nieruchomym miejscem szkieletu nosi nazwę początku, a koniec więcej ruchomy zowie się

przyczepem mięśnia. Istnieją także *mięśnie obręczkowe*, których skurcze mogą zamknąć otwór przez nie otoczony.

Pod względem fizycznym działanie mięśni na kości rozpatrywać trzeba jako działanie siły na dźwignię. Rysunek (fig. 39) zresztą najlepiej wyjaśni to, o czym mowa. Przedramię stanowi tu dźwignię jednoramienną, która może się obracać w stawie łokciowym.

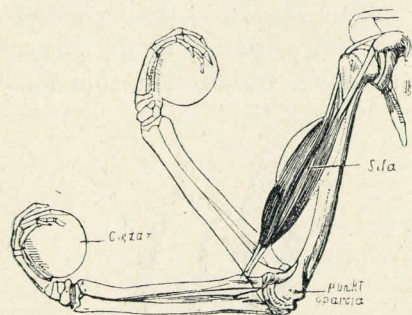


Fig. 39. Działanie mięśni.

Mięsień (zwany dwugłowym), kurcząc się, tworzy jedną siłę, skierowaną ku górze a drugą siłę, skierowaną w dół, stanowi ciężar przedramienia, którego środek ciężkości leży mniej więcej w połowie odległości między łokciem i dłonią. Ciekawą jest rzeczą, że mięśnie zawsze działają na krótsze ramię dźwigni; w ten sposób zyskujemy na prędkości ruchów, tracąc na sile.

Po tych uwagach ogólnych przejdziemy do rozpatrzenia układu i czynności mięśni w naszym organizmie, przyczem uwagę główną skierujemy na ruchy ważniejszych części szkieletu.

Mięśnie pleców.

Spotykamy tutaj mięśnie przeznaczone do wyprostowywania, a nawet zginania pleców ku tyłowi, do poruszania głowy i pasów kończyn. Mięśnie leżą w kilku warstwach; na powierzchni, zaraz po zdjęciu skóry, w górnej części rzuce się w oczy *mięsień kapturowy* (fig. 40) (musculus trapezius) pokrywający znaczną część pleców, szyję i ramiona w postaci dwóch trójkątów, złożonych podstawami wzdłuż linii kręgosłupa. Brzeg jego

górnej części tworzy kontur karku. Mięsień ten łączy się z kośćmi pasa barkowego, może je podnosić ku górze i zbliża łopatkę do kręgosłupa. W dolnej części kręgosłupa widzimy *mięsień*

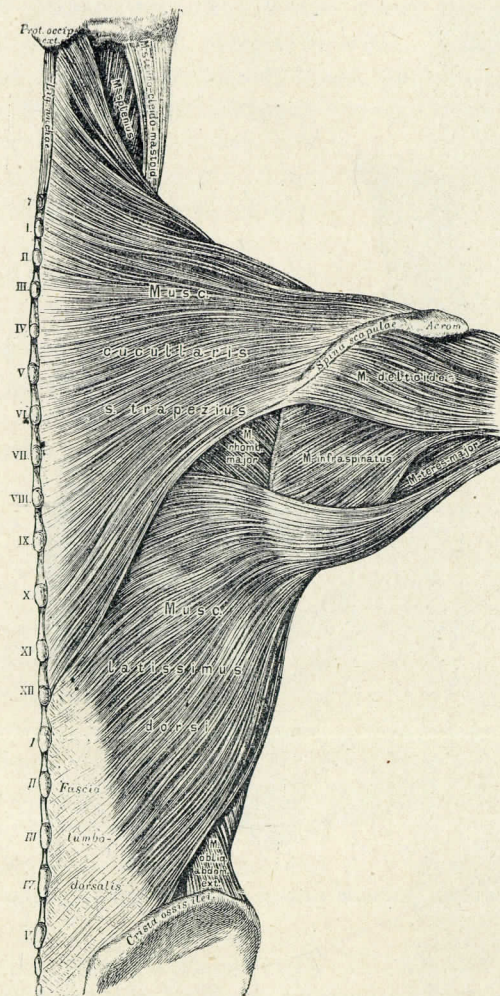


Fig. 40. Warstwa powierzchowna mięśni grzbietu; u góry kapturowy niżej-najszerszy.

sień najszerszy grzbietu (m. latissimus dorsi), który zaczyna się szerokim płatem od dolnych kręgów piersiowych, schodzi ku

dołowi aż do miednicy, a z boków wierzchołkiem zagina się pod ramię i przyczepia do kości ramieniowej. Skurcz tego mięśnia przysuwa ramię do tułowia i skręca je przednią częścią na wewnątrz; prócz tego porusza on łopatkę, z którą jest również połączony. Dwa te mięśnie przykrywają prawie całkiem grzbiet; pod nimi znajdujemy jeszcze kilka mięśni poruszających i utrzymujących łopatkę, wreszcie dwa *mięśnie zębate*

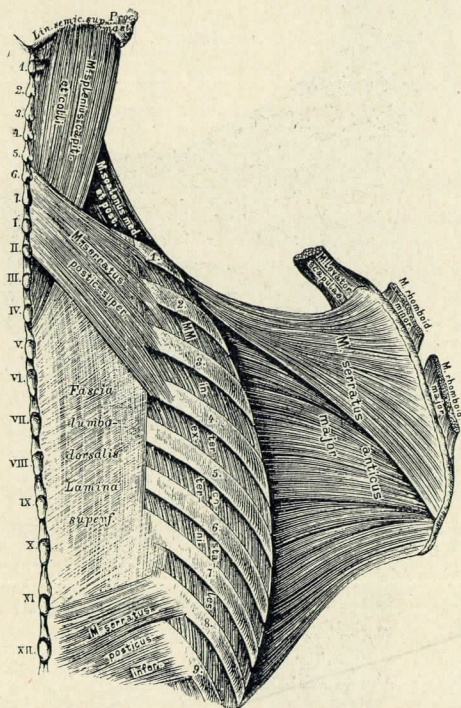


Fig. 41. Warstwa głębsza mięśni grzbietu; widać mięśnie zębate.

te—górny i dolny (fig. 41) (*m. serratus posticus superior et inferior*), biegnące od kręgosłupa do żeber, których skurcz zmienia położenie żeber i zwiększa pojemność klatki piersiowej. Wreszcie pod nimi najgłębszą warstwę tworzy grupa mięśni wyprostowujących plecy (fig. 42) (*erector trunci*). Jedne z nich (*m. sacro spinalis* — krzyżo - grzbietowy) przebiegają wzdłuż

całego kręgosłupa od wyrostka sutkowego czaszki aż do kości krzyżowej i miednicy, łącząc się po drodze z wyrostkami kręgów, inne zaś (*m. transverso spinalis* — poprzeczny grzbietu) biegną od wyrostków poprzecznych skośnie w górę do ościistych. Jeżeli te mięśnie skurczą się z jednakową siłą po obu stronach kręgosłupa, to wyprostowują go; a nawet przechylają ku tyłowi, skurcz zaś jednostronny zgina kręgosłup na boki i zlekka skręca. Prócz tego w górnej części pleców i szyi przebiega kilka mięśni, połączonych z potylicą i kręgosłupem, które utrzymują głowę w położeniu pionowym i mogą ją przechylać ku tyłowi.

Mięśnie grzbietowej strony ciała przylegają bezpośrednio do kręgosłupa; na stronie brzusznej tylko w okolicy szyjowej i lędźwiowej spotykamy mięśnie tuż przed kręgosłupem, znakomita zaś większość leży po przedniej stronie jamy ciała. Na przedniej powierzchni szyi zaraz po zdjęciu skóry widzimy płaski *mięsień szeroki* (*platysma myoides*) (fig. 43) przykrywający całą szyję z przodu. Mięsień ten jest bardzo ciekawy z tego powodu, że stanowi on resztkę warstwy mięśniowej podskórnej, rozwiniętej u zwierząt niższych na całym prawie ciele; dzięki tej warstwie zwierzęta, np. koń, mogą silnie poruszać całą skórą. Po bokach szyi, od wyrostka sutkowego kości skroniowej do obojczyka i mo-

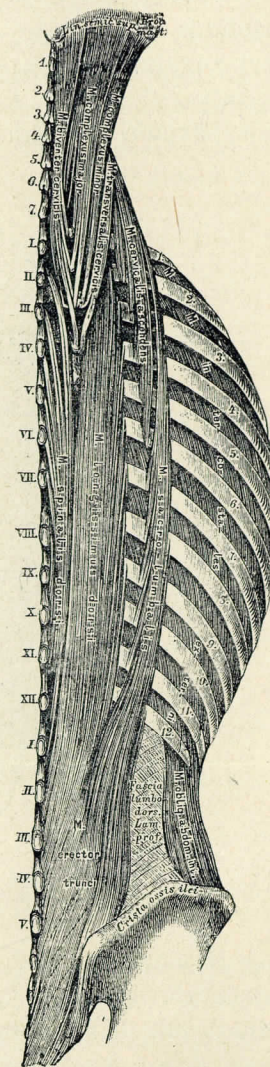


Fig. 42. Głębokie mięśnie grzbietu (wyprostowujące plecy).

ter ścięga, od którego promienisto rozchodzą się włókna mięśniowe, dążące do żeber, mostka i górnych kręgów lędźwowych. Podczas skurczu mięśnia przeponowego cały ten stożek staje się więcej płaski i w ten sposób zwiększa się pojemność jamy piersiowej, co ma wielkie znaczenie dla ruchów oddechowych (obacz niżej).

Ścianki jamy brzusznej nie posiadają wcale utworów kostnych, z wyjątkiem kręgosłupa, i składają się jedynie z mięśni; dzięki temu pojemność jamy brzusznej może się bar-

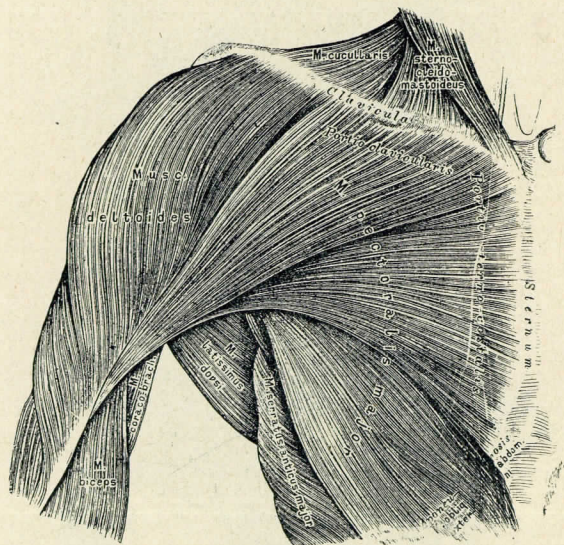


Fig. 45. Mięśnie piersi powierzchowne; całe piersi pokrywa m. piersiowy wielki, ramię zaś naramienny.

dzo zmieniać, zależnie od stopnia wypełnienia jelita, a następnie ścianki brzucha mogą wywierać dość znaczne nawet ciśnienie na zawartość przewodu pokarmowego.

Po linii środkowej brzucha przebiega długie ścięgno, noszące nazwę linii białej, po obu jej bokach znajdujemy dość wązki (fig. 47) *mięsień prosty brzucha* (m. rectus abdominis), którego włókna przebiegają pionowo. Z boków widzimy *mięsień skośny brzucha zewnętrzny* (m. obliquus abdominis externus), któ-

rego włókna idą skośnie w dół do środka od siedmiu dolnych żeber. Głębiej nieco leży *mięsień skośny brzucha wewnętrzny* (m. obliquus abdominis internus), którego włókna przebiegają skośnie w dół od środka, a pod nim jeszcze znajdujemy *mięsień poprzeczny brzucha* (m. transversus abdominis), z włóknami poziomo ułożonemi. Dzięki tym różnym warstwom włókien, jama brzuszna może zmniejszać się jednakowo we wszystkich kierunkach.

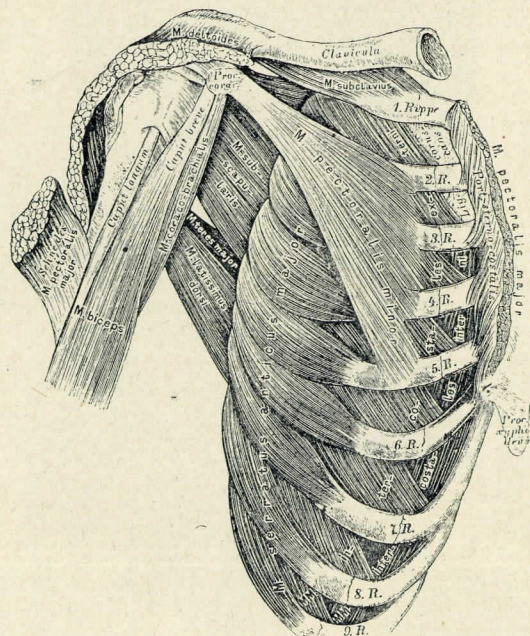


Fig. 46. Mięśnie głębokie piersi; piersiowy mały i zębate przednie.

Mięśnie kończyn w ścisłym znajdują się związku z muskulaturą tułowią, widzieliśmy już poprzednio, że nawet takie główne mięśnie tułowi jak piersiowy wielki i najszerszy grzbietu łączą się z ręką i w ruch ją wprawiają.

Z pomiędzy mięśni ramienia wymienić trzeba przede wszystkim *mięsień naramienny* (fig. 45) (m. deltoideus) pokrywający z góry staw ramieniowy. Zaczyna się on od grzebienia łopatki i zewnętrznego końca obojczyka, a przyczepia do

zewnątrznej części kości ramieniowej, mniej więcej koło połowy jej długości. Mięsień naramienny podnosi ramię do pozycji poziomej. Po przedniej części ramienia przebiegają mięśnie przybliżające przedramię do ramienia t. j. podnoszące przedramię; najwięcej znany, gdyż przebiegający blisko powierzchni, jest *mięsień dwugłowy* (fig. 48) (m. biceps brachii) przebiegający od wyrostków łopatki do górnej części szpry-

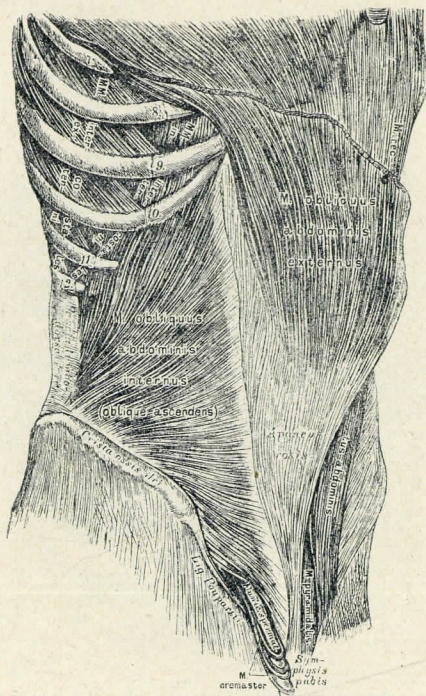


Fig. 47. Mięśnie brzucha—skośny zewnętrzny odchyłony ku linii białej dla pokazania skośnego wewnętrznego.

chy. Podczas skurczu mięśnia dwugłowego u żywego człowieka można obserwować z łatwością zmiany zachodzące w mięśniu, a mianowicie znaczne stwardnienie i zgrubienie.

Z tyłu wzdłuż ramienia przebiega *mięsień trójgłowy ramienia* (fig. 49) (*triceps brachii*) wyprostowujący rękę t. j. oddalający przedramię od ramienia.

Na przedramieniu leży kilka warstw mięśni, pomiędzy którymi znajdujemy *mięśnie zginacze i wyprostowujące dłoń i palców* (mm. flexores et extensores manus et digitorum). Na kiści i palcach znajdujemy ścięgna tylko co wymienionych mięśni, oraz krótkie mięśnie poruszające kości dłoni i palców.

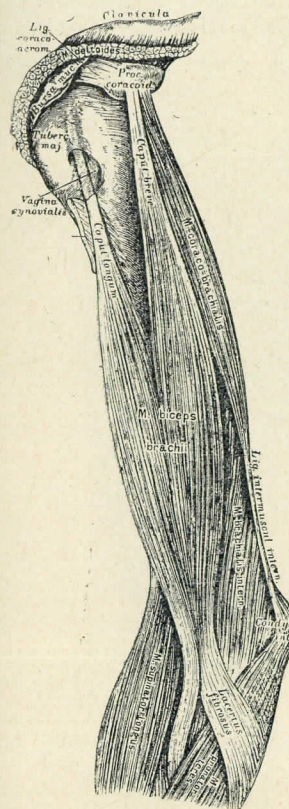


Fig. 48. Zginacze przedramienia;
z przodu m. dwugłowy.

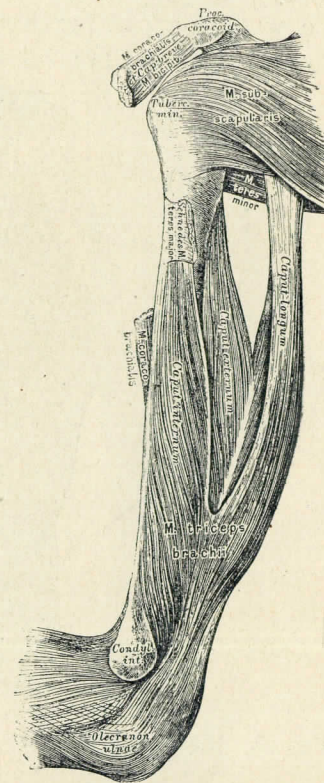


Fig. 49. Wyprostowywacze przedramienia (trójgłowy).

W muskulaturze nóg można rozróżnić też same okolice, które widzieliśmy w umięśnieniu rąk. Przedewszystkiem więc widzimy mięśnie miednicy. Z tyłu *mięśnie pośladkowe, wielki, średni i mały* (fig. 50) m. glutaeus maximus, medius i minimus)

Pierwszy biegnie od kości krzyżowej i biodrowej do kości uda i podnosi nogę ku tyłowi. Pod nim znajdują się dwa inne mięśnie pośladkowe, poruszające nogą w bok. Na przedniej powierzchni uda mamy warstwę wyprostowywaczy; z pomiędzy nich wymienię *mięsień krawiecki* (fig. 51) (m. sartorius), który od przedniego brzegu kości biodrowej biegnie skośnie w dół po powierzchni uda aż na jego stronę wewnętrzną i przyczepia się poniżej kolana do kości goleniowej -- przy

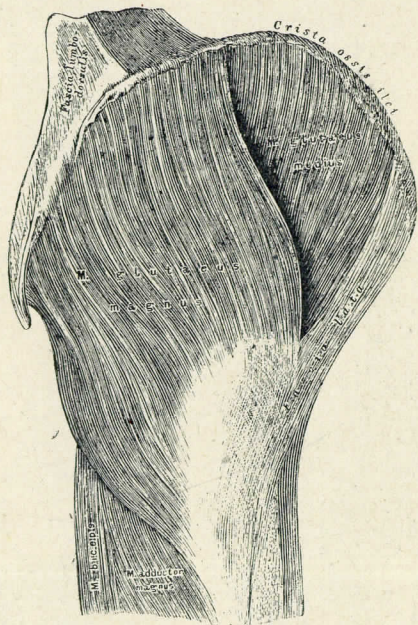


Fig. 50. Mięśnie pośladkowe; na prawo u góry pośladkowy średni, na lewo—wielki

zgiętem kolanie obraca on golenią do wnętrza. Pod nim leży wielki mięsień *czterogłowy uda* (m. quadriceps femoris), przebiegający od miednicy i uda do rzepki. Z tyłu biegną trzy mięśnie zginacze kolana, poczynające się od kości siedzeniowej; dwa z nich dochodzą do goleni, a jeden do strzałki. Na wewnętrznej stronie uda biegną *mięśnie ksobne* (m. adductores), ciągnące nogę ku wewnątrz.

Na przedniej stronie łydki, podobnie jak to widzieliśmy

w przedramieniu, biegną mięśnie podnoszące stopę i palce, a na stronie tylnej znajdujemy mięśnie zginające stopę. Z po-

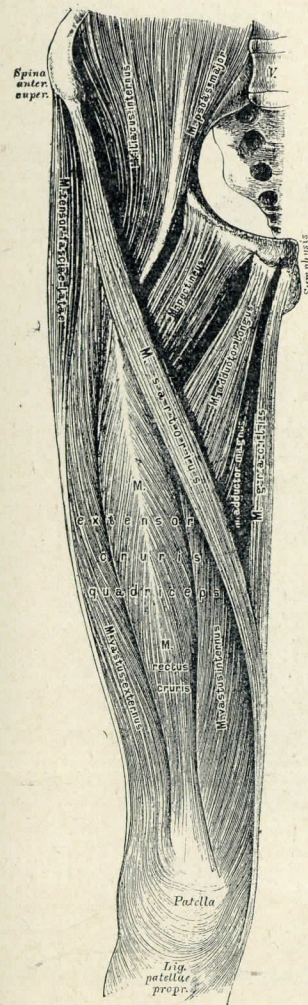


Fig. 51. Mięśnie powierzchowne przedniej strony uda; do kolana dochodzi czterogłowy, nad nim skośnie biegnie krawiecki.

między nich zwrócimy uwagę na *mięsień trójgłowy* (fig. 52) (m. triceps surae), tworzący kontur łydki i połączony z kością

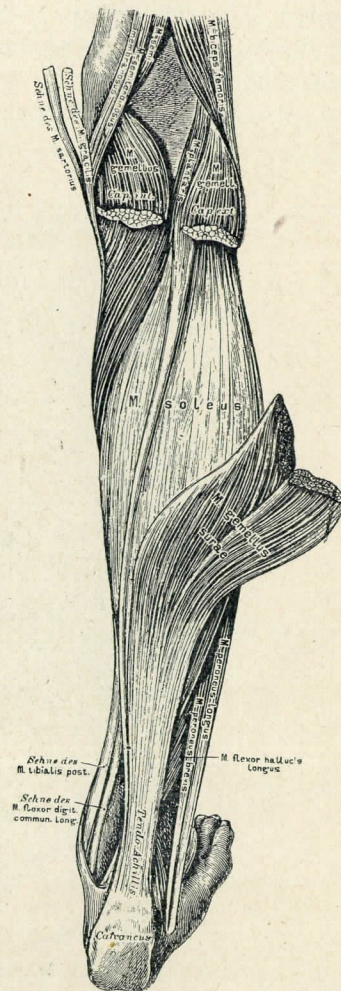


Fig. 52. Mięsień trójgłowy; warstwa jego powierzchowna (dwugłowy) przecięta, dla pokazania trzeciej gałęzi.

nieje dość dużo, wymienię choćby jedną prostą bardzo, a jednak dającą wcale niezłe rezultaty. Jeżeli silnie skurczymy mięśnie podnoszące żuchwę, lub lepiej zaciśniemy powieki, to posłyszemy głuchy, trudno dający się opisać ton, którego pochodzenie zrozumieć łatwo, przypomniawszy sobie, że tęzec jest to właściwie suma skurczów pojedynczych, że w mięśniu podczas tęzca odbywają się jakby drgania nieuchwytne— a z fizyki wiadomo, że ciała w tych warunkach wydają dźwięk. Na zasadzie wysokości tonu można określić, ile drgnień wykonywa mięsień, t. j. ile podniet otrzymuje on w ciągu sekundy; z doświadczeń w tym celu przeprowadzonych wynika, że zwykle mięsień otrzymuje na sekundę 8—12 podniet, przy drażnieniu normalnem t. j. wychodzącem z ośrodków nerwowych. Siła mięśnia podczas skurczu jest znaczna: ażeby ją zbadać, trzeba przedewszystkiem tak urządzić doświadczenie, żeby mięsień podnosił ciężar bezpośrednio, czyli bez pomocy dźwigni, a następnie trzeba brać pod uwagę grubość mięśnia. Ponieważ w mięśniu grubszym jest więcej włókien mięśniowych, więc musi on być silniejszy. Dla otrzymania liczb dających się porównać zwykle przeliczamy na 1-cm² poprzecznego przekroju wtedy siła mięśni żaby równa się 3-kg., a człowieka 10-kg., podczas tęzca: liczba ta oznacza największy ciężar, jaki mięsień może unieść.

A teraz zwróćmy uwagę na to, jakie procesy odbywają się w mięśniu podczas skurczu. Powierzchnownie rzuca się nam w oczy zmiana formy i konsystencji: mięsień staje się krótszy i twardszy ale prócz tego odbywa się w nim cały szereg bardzo głębokich zmian fizycznych i chemicznych. Najłatwiej wykazać się daje kwaśnienie mięśnia; do tego celu wystarczy świeżo wycięty mięsień żaby (najlepiej czynić to z mięśniami kończyn) drażnić przez czas jakiś z pomocą cewki indukcyjnej t. j. prądu wytwarzającego krótkotrwałe i prędko po sobie następujące prądy elektryczne, jeżeli po tem taki mięsień rozetniemy i dotkniemy się wnętrza papierkiem lakmusewym, to zobaczymy, że papierek się różowi, czyli mięsień jest kwaśny. Jeżeli dla porównania w ten sam sposób zbadamy

mięsień nie pracujący, znajdziemy w nim reakcję słabo alkaliczną, a właściwie obojętną.

Nie jest to jedyna zmiana zachodząca w mięśniu czynnym; niestety jednak dziś jeszcze nie możemy sobie zdać jasno sprawy ze wszystkich reakcyi chemicznych, zachodzących w mięśniu czynnym, ale znamy ich ostateczny skutek fizyologiczny t. j. *zmęczenie* mięśnia. Jeżeli w jakibądź sposób drażnić nerw oddzielony od ośrodka nerwowego, wywołamy szereg rytmicznie, w krótkich odstępach czasu następujących skurczów, to po pewnym czasie zobaczymy, że skurcze te będą słabsze, że pobudliwość mięśnia się zmniejsza, to jest, że dla wywołania skurczu potrzeba bodźca silniejszego — wreszcie dochodzimy do stanu takiego, że mięsień zupełnie traci zdolność kurczenia się. Po pewnym jednak czasie widzimy powrót normalnych własności fizyologicznych, zwłaszcza, jeżeli mięsień znajdował się w organizmie i miał zachowane krążenie. Mówimy wtedy, że mięsień po zmęczeniu odpoczął. Zjawiska zmęczenia posiadają wielką pod każdym względem wagę i dla tego bliżej im będziemy musieli się przyjrzeć. Przedewszystkiem wiemy obecnie, że w mięśniu zmęczonym tworzą się jakieś ciała trujące, które działają nie tylko na mięsień pracujący. Tem się tłumaczą objawy bicia serca, przyspieszonego oddechu i t. d., których doświadczamy łatwo przy silnej pracy mięśniowej. Owe substancje przy bardzo wielkiem zmęczeniu mogą nawet wywołać śmierć przez powstrzymanie działalności serca. Jako przykład znany powszechnie można przytoczyć zwiastuna zwycięstwa pod Maratonem, który, biegnąc z pola bitwy do Aten, padł martwy na ulicach miasta, ledwo zdążywszy krzyknąć: zwycięstwo. Produkty zmęczenia mięśnia rozchodzą się po całym organizmie razem z krwią: jeżeli wziąć np. dwa psy, jednego zostawić w spoczynku a drugiego zmusić do ciężkiej pracy i silne przez to wywołać zmęczenie, a następnie krew psa zmęczonego przelać do naczyń krwionośnych psa wypoczętego (co można zrobić dość łatwo), to ten ostatni wykaze wszystkie oznaki zmęczenia.

Badania zmęczenia mięśnia wykazały jeszcze, że daleko więcej można wykonać skurczów, jeżeli robić częste, choćby krótkie przerwy, niż wtedy, jeżeli przerwy są dłuższe, ale rzadsze. O fakcie tym należy pamiętać przy wszelkiej pracy.

Podczas skurczów mięśnia, wykonywanych pod wpływem woli, t. j. pod wpływem ośrodków nerwowych, nigdy nie możemy właściwie doprowadzić mięśnia do zmęczenia zupełnego. Fakty codziennie obserwowane zdają się temu przeczyć. Jeżeli np., umocowawszy przedramię nieruchomo, będziemy palcem jednym podnosili jakiś ciężar przywiązany na sznurku, przerzucanym przez bloczek, to dojdziemy wkrótce do tego stanu, że mimo największych wysiłków nie będziemy mogli poruszyć wcale tym palcem. Pozornie wydawałoby się mogło, że mamy tu do czynienia z takim samym zjawiskiem, jakie poznaliśmy już wyżej, kiedy to, drażniąc nerw, doprowadziliśmy mięsień do zupełnego znużenia. W rzeczywistości jednak rzecz się przedstawia całkiem inaczej. Przepuśćmy mianowicie prąd elektryczny przez taki zmęczony palec, a zobaczymy, że skurczy się on gwałtownie, więc mięsień nie był zmęczony. Gdzie przeto jest siedlisko zmęczenia przy skurczach dowolnych? Zupełnie pewnej odpowiedzi dać na to nie możemy—ale podejrzewać możemy zmęczenie albo ośrodków nerwowych, albo tego miejsca, gdzie nerw przechodzi w mięsień, gdyż sam nerw nie męczy się wcale (obacz niżej).

Spróbujmy spojrzeć się na mięsień jeszcze z jednego punktu widzenia. Mięsień, kurcząc się, może podnosić ciężary—może wykonywać pracę; energia potrzebna do tego musiała być poprzednio w nim zawarta, gdyż energia podniety jest zbyt mała na to, żeby po odpowiednim przekształceniu mogła być źródłem pracy mięśnia; ostatnia kilkaset razy może przewyższać pierwszą. Bodziec przeto służy tylko do wyzwolenia niejako energii zawartej w mięśniu, podobnie jak mała iskierka może wyzwolić olbrzymią masę energii zawartą w beczce prochu, lub jak słaby bardzo ruch może usunąć zastawkę przytrzymującą naciągniętą cięciwę łuku i wyrzucić strzałę obdarzoną znacznym zapasem energii, poprzednio zawartej w naciągniętej cięciwie. Źródłem energii mięśniowej

są reakcje chemiczne — podobnie jak w maszynie parowej proces spalania węgla czyli łączenia się z tlenem wytwarza znaczne ilości ciepła, które częściowo objawiają się w postaci ciepła, częściowo zaś w postaci pracy mechanicznej. W mięśniu procesy chemiczne są znacznie więcej złożone, przytem dotychczas zupełnie nam nieznane (zdaje się jednak, że mamy tu do czynienia nie ze zwykłym spalaniem, jak to często się mówi), ale rezultat jest taki sam: wytwarzanie ciepła i, ewentualnie, pracy mechanicznej. Podczas spoczynku mięśnia, reakcje chemiczne odbywają się powoli, dopiero podniecia przyspiesza je gwałtownie, powstaje skurcz, może być wykonana praca i mięsień się ogrzewa. Już skurcz pojedynczy mięśnia lydkowego żaby podnosi jego temperaturę o 0.001° do 0.005° , skurcz tężcowy może wywołać ogrzanie o 0.18° . Przytem całkowity zapas energii uwolnionej przez bodziec nie może być przerobiony na pracę mechaniczną—część, i to znaczna, musi się objawić w formie ciepła, podobnie jak to ma miejsce z energią spalania węgla w maszynie parowej. Teraz staje się rzeczą zrozumiałą, dlaczego podczas mrozu człowiek stara się dużo poruszać: w ten sposób wytwarza on dużo ciepła, które nie pozwala opaść zbyt nisko temperaturze ciała. Jeżeli usiąść na mrozie bez ruchu, np. zasnąć, to takie ochłodzenie łatwo może się zdarzyć i nastąpi śmierć.

Mięśnie wycięte z organizmu po pewnym przeciągu czasu tracą swą pobudliwość i inne własności fizyologiczne—słowem umierają. U zwierząt ciepłokrwistych zjawiska te odbywają się znacznie prędzej niż u zimnokrwistych. U pierwszych nie trzeba nawet mięśnia wycinać; ażeby go zabić wystarcza mocno przewiązać naczynie, które doń krew doprowadza. Jeżeli przeciąć nerw idący do mięśnia, to nawet przy zupełnie zachowanym krążeniu, po pewnym czasie mięsień ulega całkowitemu zwyrodnieniu i zanikowi; podobne zjawisko ma miejsce, jeżeli przestanie funkcjonować ta część układu nerwowego centralnego, od której mięsień otrzymuje swój nerw. U człowieka w takich razach po 6—7 miesiącach mięsień już przestaje być pobudliwy. Odwrotnie, mięśnie odpowiednio ćwiczone zwiększają swą siłę i objętość—ale brak ćwiczenia, a na-

wet nieużywanie zupełne mięśnia przy zachowaniu jego aparatu nerwowego, nie pociąga za sobą nigdy straty pobudliwości i zupełnej degeneracji, a tylko zmniejszenie się mięśnia.

Po śmierci wszystkie mięśnie ulegają prędko *stężeniu pośmiertnemu*, dla tego trup jest zawsze sztywny. U człowieka stężenie zaczyna się najwcześniej w 10 minut, a czasem w kilka godzin po śmierci; najpierw sztywnieją mięśnie żuchwy i karku, potem mięśnie rąk, poczynając od ramienia, a następnie i mięśnie nóg. Po kilku dniach stężenie znika, dzięki jakimś procesom chemicznym, odbywającym się w mięśniu, a nie dzięki gniciu, jak to zwykle przypuszczano, gdyż to samo obserwujemy w mięśniach zupełnie usuniętych z pod działania bakterii.

Ruchy ciała ludzkiego.

Skurcze odpowiednich mięśni wywołują najrozmaitsze położenia i ruchy ciała, które teraz kolejno rozpatrzeć musimy, stawiając na pierwszym miejscu stanie, jako położenie z wielu względów najprostsze. Był czas, kiedy wyobrażano sobie, że ono pod względem mechanicznym jest rzeczywiście bardzo proste i odbywa się całkowicie bez udziału mięśni—inne słowy, przypuszczano, że człowiek, stojąc, znajduje się w równowadze takiej, jak np. figurka ze sztywnego materiału. Skoro jednak uprzytomnimy sobie, że człowiek męczy się stojąc i zemdlawszy upada natychmiast, to z łatwością wysnujemy wniosek, że stanie nie jest spoczynkiem, i że drobne skurcze mięśni grają tutaj znaczną rolę. Przyczynę takiego stanu rzeczy zrozumiemy łatwo, pamiętając o tem przede wszystkim, że ciało człowieka nie jest to jednolita masa sztywna, ale składa się z całego szeregu części ruchomych. Podczas stania każda z nich musi się znajdować w równowadze — warunki tej równowagi poznać trzeba.

Nim przystąpimy do rozważań tłumaczących zjawisko stania, musimy jeszcze uprzytomnić sobie ogólne warunki równowagi ciał. Fizyka mówi, że środek ciężkości ciała stojącego

w równowadze musi leżeć tak, żeby linia pionowa przezeń przechodząca trafiała na płaszczyznę podstawy. Jeżeli ciało przechylimy w ten sposób, że owa linia wyjdzie za obręb podstawy, to ciało upadnie, o ile środek ciężkości leżał nad podstawą, albo też powróci samodzielnie do położenia równowagi, gdy środek ciężkości leży niżej podstawy. Widać stąd, że, badając warunki równowagi ciała, trzeba przede wszystkim znać położenie środka ciężkości, co uskutecznić można, wieszając dany przedmiot na nici parokrotnie, przytem za każdym razem trzeba odpowiednio zmienić punkt zaczepienia. Ponieważ środek ciężkości zawsze leży na przedłużeniu nici, to zrozumieć łatwo, że punkt przecięcia się owych przedłużeń przy różnych zawieszeniach wskaże dokładnie położenie środka ciężkości. Oznaczając w sposób podobny środek ciężkości głowy znajdujemy, że leży on mniej więcej 0.5 cm. powyżej otworu ucha, rozumie się w płaszczyźnie pionowej, dzielącej głowę na dwie symetryczne połowy. Miejsce to wypada o 5 mm. ku przodowi od stawu potylicowo - szczytowego, wobec czego głowa ma dążenie do opadnięcia ku przodowi i musi być podtrzymywana w położeniu pionowym z pomocą mięśni karku. Podczas snu, gdy mięśnie już nie otrzymują z układu nerwowego odpowiednich impulsów, głowa zwisa na piersi.

Środek ciężkości tułowia leży na górnym przednim brzegu pierwszego kręgu lędźwiowego, ramienia — na jego osi podłużnej, trochę bliżej łokcia t. j. dolnego końca organu; toż samo da się powiedzieć o środku ciężkości przedramienia, a nawet uda i łydki. Jeżeli prócz położenia środka ciężkości będą nam znane jeszcze i masy odpowiednich części ciała, co łatwo z pomocą wagi zbadać można, to oznaczymy z łatwością położenie środka ciężkości wspólnego dla kilku mas. Do tego celu wystarczy połączyć linią prostą środki ciężkości dwóch badanych części ciała i znaleźć punkt na odcinku, który dzieli go w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do mas tych właśnie organów. Uzasadniać bliżej tej metody nie widzę potrzeby, gdyż znaleźć to można w każdym podręczniku fizyki. Jeżeli teraz zechcemy oznaczyć położenie środka ciężkości tułowia wraz z głową i rękami, to odrazu rzuci się

nam w oczy, że będzie on zmieniał swoje położenie, zależnie od ruchów głowy i rąk. W położeniu najbardziej naturalnem to jest wtedy, gdy ręce zwisają swobodnie ku dołowi, a głowa stoi pionowo, środek ciężkości górnej połowy ciała leży 18 cm. ponad linią przechodzącą przez oba stawy biodrowe, prawy i lewy, i o 9 mm. ku tyłowi od tej linii. Ponieważ zaś ta linia jest osią, koło której górna połowa ciała obraca się ku tyłowi i przodowi, a więc siła ciężkości stara się nas przechylić ku tyłowi—stąd wynika, że mięśnie uda muszą napięciem swem równoważyć działanie siły ciężkości na górną część ciała. Ale teraz występuje obawa innego zakłócenia równowagi; pod wpływem ciężaru tułowia mogłaby się zgiąć noga w kolanie. Dla uniknięcia tego staw kolanowy leży o 1 cm. dalej ku tyłowi, niż staw biodrowy—udo wznosi się ku górze i przodowi, i przez to siła ciężkości nie tylko nie zgina, ale nawet wyprostowuje kolano. Nawet jeszcze przy kolanach lekko zgiętych środek ciężkości górnej części ciała wraz z udem przypada przed stawem kolanowym. Przekonać się o tem można bardzo łatwo w sposób następujący: dotykając się przedniej części kolana osoby swobodnie stojącej czujemy, że mięśnie są wiotkie t. j. nie napięte. Jeżeli teraz osoba badana zacznie zginać kolana, to dopiero po zgięciu dość silnem poczujemy stwardnienie mięśni wyprostowujących nogę, co znaczy, że już linia ciężkości przechodzi za kolanem, grozi jego zgięciem i tylko skurez wyprostowywawczy może temu przeszkodzić. Z rozważań powyższych wynika, że linia ciężkości, przechodząc przed stawem kolanowym stara się łydkę w stawie stopowym przechylić ku przodowi, czemu przeciwdziałają silny mięsień łydkowy. Widzimy więc, że stanie, wbrew temu co przypuszczano dawniej, jest to zjawisko bardzo złożone; siła ciężkości dąży do pozginania różnych stawów, a mięśnie opierają się temu czynnie i tylko dzięki im całe ciało człowieka podczas stania zachowuje się do pewnego stopnia jak sztywna figurka. Ogólny środek ciężkości całego ciała leży na t. zw. promontorium, t. j. przy początku kości krzyżowej, a linia ciężkości musi przechodzić przez powierzchnię zajętą stopami; jeżeli ciało się przechyli i linia ciężkości wyjdzie po za obręb stóp, wtedy niechy-

bnie upadniemy. To też stanie z nogami rozstawionemi jest znacznie wygodniejsze pewniejsze, gdyż powierzchnia podstawy jest znacznie większa, niż, wtedy kiedy stoimy, zsunąwszy stopy. Ten ostatni sposób stania nawet w wojsku wprowadzony został stosunkowo niedawno. [Jeszcze wygodniej stać, oparłszy się tylko na jednej nodze, a drugą swobodnie dotykając ziemi, gdyż wtedy bardzo łatwo z pomocą wolnej nogi poprawiamy wszystkie drobne przesunięcia środka ciężkości, zdarzające się ustawicznie, gdyż mięśnie nigdy nie są w spoczynku zupełnym i ciało nasze przez to ciągle ulega drobnym wahaniom. Jeżeli jedna połowa ciała będzie znacznie obciążona

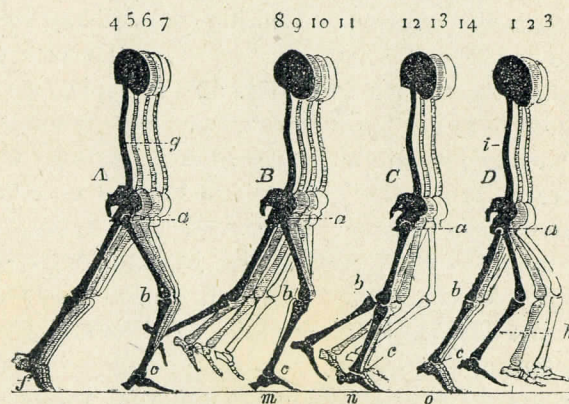


Fig. 56. Położenie nóg podczas jednego kroku.

i środek ciężkości w tę stronę się przesunie, albo też, co na jedno wychodzi, przychylimy się dość znacznie w jedną stronę, to wtedy dla uregulowania położenia środka ciężkości, t. j. dla przesunięcia go na miejsce dawne podnosimy zwykle przeciwną rękę lub nogę. Ruchy te najłatwiej widzieć można przy poślizgnięciu się i ratowaniu utraconej równowagi.

Przejdźmy obecnie do zbadania zjawisk chodzenia. Podczas każdego kroku znajdziemy zawsze moment (fig. 56), gdy jedna—np. prawa—noga stoi mocno oparta o ziemię całą stopą, a druga noga skośnie ku tyłowi jest skierowana. Teraz stopę

lewą zaczynamy odwijać od ziemi, t. j. podnosimy najpierw piętę, potem palce i wreszcie noga ta zawisa w powietrzu, a jednocześnie zgina się nieco w kolanie. Noga w tem położeniu mogłaby się utrzymać tylko dzięki wysiłkowi mięśni, ale my tego zwykle nie czynimy i pozwalamy nodze opadać jak wahadłu. Dzięki zgięciu w kolanie noga nie zaczepi się o ziemię i przesunie się przed prawą. Podczas owego bujania lewej nogi, prawa, poprzednio zgięta w kolanie, wyprostowuje się i przesuną środek ciężkości ciała ku przodowi, co spowodowałoby upadek, gdyby nie to, że noga lewa zdążyła się już wysunąć naprzód, oprzeć stopę o ziemię i w ten sposób przeszkodzić niejako grożącemu upadkowi—w ten sposób powróciliśmy do takiegoż samego położenia, od jakiego zaczęliśmy swe rozważania—tylko nogi obecnie zamieniły swe role. Uważne przyjrzenie się załączonemu rysunkowi (fig. 56), najlepiej sprawę wyjaśni. Długość jednego kroku oraz czas jego trwania ulegają wahaniom bardzo znacznym, które głównie zależą od długości nóg, jako liczby przeciętne przyjąć można 0.6 m. i 0.6 sec.

Bieganie różni się od chodzenia tem tylko, że nogę przednią odejmujemy od ziemi, nim jeszcze noga spadająca od tyłu zdąży dotknąć ziemi. W ten sposób podczas biegania istnieje chwila, kiedy ciało całe zawieszane jest swobodnie w powietrzu.

Inne postacie ruchu są znacznie mniej ważne i rozpatrywać ich tutaj nie będziemy.

S k ó r a .

Całe nasze ciało z powierzchni okryte jest *skórą*, która dzięki swemu położeniu spełniać musi czynności jaknajbardziej różnorodne. Ma ona okrywać całe ciało od wszelkich szkodliwych wpływów świata zewnętrznego, z pomocą obficie w niej rozgałęzionych naczyń krwionośnych musi regulować odpływ ciepła z organizmu; dalej skóra produkuje pot i tłuszcz, poma-

ga sprawom oddechowym i wreszcie jest siedliskiem całego szeregu organów zmysłów (dotyk i pokrewne). Te różne czynności skóry rozpatrzone będą w miejscach odpowiednich, a tutaj rozważamy tylko ogólne cechy budowy tej części składowej organizmu.

Przedewszystkiem w skórze bardzo wyraźnie rozgraniczyć można dwie warstwy—zewnątrzną nosi nazwę *naskórka* (epidermis), a wewnętrzną *skóry właściwej* (derma s. cutis). Naskórek (fig. 57 a), jest pozbawiony naczyń krwionośnych, skła-

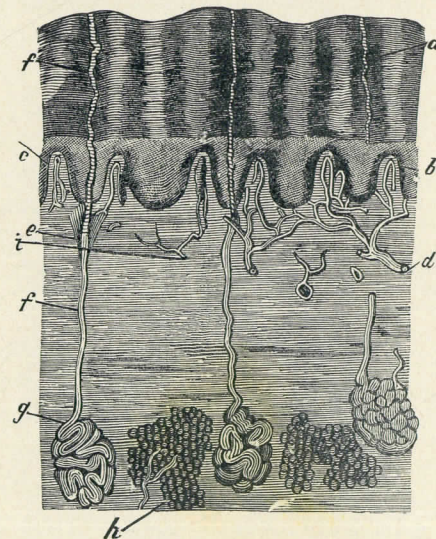


Fig. 57. Przekrój przez skórę, a b—naskórek, c—brodawka skóry właściwej, d—naczynia krwionośne, ff—przewód gruczołu potowego, g—gruczoł potowy, h—tłuszcz podskórny, i—nerw skórny.

da się z tkanki nabłonkowej, to znaczy, że komórki przylegają tutaj bezpośrednio jedna do drugiej. W głębszych warstwach naskórka komórki są kształtu cylindrycznego, posiadają jądro i typową protoplazmę. W miarę zbliżania się do powierzchni, wygląd komórek ulega zmianie; stają się one więcej płaskie, jądro zanika, protoplazma też ulega przekształceniom głębokim i wreszcie w warstwie zewnętrznej widzimy tylko szeregi blaszek martwych, zrogowaciałych, które znakomicie okry-

wają organizm. Te powierzchowne części naskórka ustawicznie się łuszczą t. j. odpadają. W zwykłym biegu rzeczy łuszczenia tego zauważyć nie możemy, gdyż tworzący się w ten sposób biały proszek usuwamy podczas wycierania i obmywania ciała. Wystarczy jednak przeszkodzić usuwaniu naskórka owijając jakąś część ciała na dni parę, a proces łuszczenia łatwo zauważyć będziemy mogli. W miarę opadania naskórka, narasta on dzięki rozmnażaniu się komórek, leżących w warstwach głębszych. Wreszcie wspomnieć trzeba, że wewnętrzne warstwy komórek naskórka zawierają w sobie barwnik ciemny, nadający ciału zabarwienie. U rasy białej barwnika tego jest bardzo niewiele i gromadzi się on obficie zaledwo w nielicznych okolicach ciała np. koło brodawki piersiowej i t. d.

Pamiętać jednak należy, że barwnik ten jest koloru mniej lub więcej brązowego, a różowa barwa skóry zależy od przeświecających naczyń krwionośnych, właściwie od krwi w nich zawartej. Wewnętrzna granica naskórka nie jest gładka, gdyż, jak to widać na załączonym rysunku, wchodzi w nią brodawka skóry właściwej (fig. 57 c).

Pod warstwą naskórka leży obficie unaczyniona skóra właściwa; składa się ona z gęsto i mocno utkanych wiązek tkanki łącznej. Skóra ta jest bardzo elastyczna i stale nieco rozciągnięta, to też przylega ona mocno do głębszych warstw organizmu. Ten stan napięcia łatwo widzieć można, przecinając ją gdziekolwiek bądź — brzegi rany wtedy gwałtownie się rozszerzają; otwory okrągłe w skórze zamieniają się prędko na szpary podłużne, gdyż skóra nie jest jednakowo napięta we wszystkich kierunkach. W miarę przechodzenia do coraz głębszych warstw skóry, spotykamy utkanie coraz luźniejsze, w oczkach tej niby siatki coraz częściej znaleźć można komórki zawierające znaczne ilości tłuszczu t. zw. komórki tłuszczowe — weszliśmy już do warstwy podskórnej, nie odgraniczonej wyraźnie od skóry właściwej. Ilość tłuszczu podskórnego ulega bardzo znacznym wahaniom, zależnie od indywidualnych własności danego osobnika. Najłatwiej zbiera się tłuszcz na policzkach, przedniej ścianie brzucha i w okolicy odbytu; na podeszwie, na dłoni mamy zawsze mniej więcej

ilość jego jednakową, a np. na końcu nosa komórek tłuszczowych prawie wcale znaleźć nie można. Co się tyczy własności indywidualnych, to da się powiedzieć tyle tylko, że na ogół u kobiet warstwa tłuszczowa podskórna silniej jest rozwinięta, od czego zależy białosć ich cery oraz okragłość kształtów. Ilość tłuszczu zależna jest też od wieku; w dzieciństwie mamy zwykle tkankę tłuszczową rozwiniętą obficie, w wieku dojrzałym ilość tłuszczu spada do minimum i dopiero przy zbliżaniu się starości występuje znowu skłonność do tycia.

W skórze znajdujemy jeszcze gruczoły dwojakiego rodzaju: potowe i łojowe. Pierwsze z nich, w postaci kłębków, leżą w skórze (fig. 57 g) i posiadają długi przewód, biegnący ku powierzchni (fig. 57 f), w warstwie naskórka skręcony w kształcie korkociąga i otwierający się na zewnątrz. Ilość gruczołów potowych w różnych okolicach ciała bywa bardzo różna; na przedniej powierzchni ciała jest ich więcej niż na tylnej; najgęściej leżą na dłoni i podeszwie, a koło warg niema ich wcale. Pot jest to ciecz przezroczysta, słona; ilość wydzielonego przez człowieka w ciągu 24 godzin bardzo jest zmienna zależnie od temperatury otoczenia, ruchu lub spoczynku i t. d. Podczas zupełnego spoczynku człowiek dorosły dziennie wydziela sześćset kilkadziesiąt gramów t. j. przeszło półlitra potu. Przy pracy fizycznej ilość ta zwiększa się do 2—3 litrów.

Gruczoły łojowe znajdują się w bezpośrednim związku z włosami i otwierają się do torebki otaczającej włos; wydzielają one tłuszcz, który pokrywa włosy i naskórek, chroniąc od wysychania, pęknięcia i t. d.

Pod względem budowy i pochodzenia do gruczołów skórnych zaliczyć trzeba jeszcze gruczoły mleczne. Mleko bywa wydzielane tylko w pewnych okresach życia t. j. w czasie karmienia niemowlęcia. Białą swą barwę zawdzięcza ono ogromnej ilości kuleczek tłuszczu, zawieszonych w cieczy. W jednym sześciennym milimetrze mleka ludzkiego mamy przeszło milion takich kulek. Licząc ilościowo w mleku ludzkim mamy 3.7% tłuszczu; u innych zwierząt liczba ta może podlegać znacznym wahaniom. Mleko krowy zawiera tłuszczu tyleż co ludzkie, psie ma około 12%, a na drugim nieja-

ko krańcu stoi końskie, mające zaledwie 1·1% tłuszczu. Z innych składników mleka wymienić trzeba *sernik*, ciało natury białkowej, znajdujące się w mleku w stanie rozpuszczonym. Jeżeli jednak w mleku pod wpływem bakterii wytworzy się nieco kwasu, albo jeżeli dolać poprostu do mleka jakiego kwasu, wtedy mleko się zsiada, t. j. sernik przestaje się rozpuszczać i zbija się w kawałki, w których również zbiera się prawie wszystek tłuszcz. Skoro te kawałki oddzielimy, otrzymujemy serwatkę, z lekka tylko mętną, gdyż posiada ona tylko nieznaczną ilość tłuszczu. W serwatce mamy zawarte wszystkie inne składniki mleka—cukier zwany mlecznym, trochę białka, oraz sole żelaza, fosforu i t. p. Po dodaniu do mleka podpuszczki (zobacz rozdział o trawieniu) mleko również się zsiada, przyczem sernik zamienia się na ser.

Prawie cała skóra człowieka pokryta jest włosami, z wyjątkiem czerwonego brzegu warg, dłoni, podeszwy, górnej powierzchni ostatniego członka palców i brodawki piersiowej. Najdłuższe włosy mamy na głowie, krótsze nieco tworzą brodę i wąsy, jeszcze krótsze leżą pod pachą i na dolnej krawędzi brzucha, wreszcie drobne włoski znajdujemy na tak zwanych nieowłosionych częściach skóry prócz, ma się rozumieć, powyżej wymienionych okolic zupełnie nagich.

Każdy włos osadzony jest w zagłębieniu skórny—w t. zw. *torebce włosowej*: na jej dnie widzimy wznoszącą się do góry brodawkę (fig. 58) skórną, którą obejmuje kielichowaty korzeń włosa. Brodawka wraz z korzeniem nosi nazwę *cebulki włosowej*. Na tym samym rysunku widzimy, że włos składa się z szeregu warstw, a w każdej widać budowę komórkową. W bliższy opis tych szczegółów wdawać się tutaj nie będziemy.

Każdy włos dochodzi końca swego życia i wtedy wypada; w normalnym biegu rzeczy na to miejsce wyrasta zaraz włos nowy. W ten sposób u człowieka przez całe życie odbywa się zmiana włosów, u zwierząt zaś proces *linienia* odbywa się peryodycznie.

Barwa włosów zależy od barwnika znajdującego się w powierzchniowych warstwach włosa; na starość zwykle barwnik

ten się nie wytwarza i włosy przyjmują barwę szarą. Jednocześnie zwykle we wnętrzu włosa powstają przestrzenie wypełnione powietrzem, światło na granicach tych przestrzeni odbija się, włos wygląda biał—czyli siwieje.

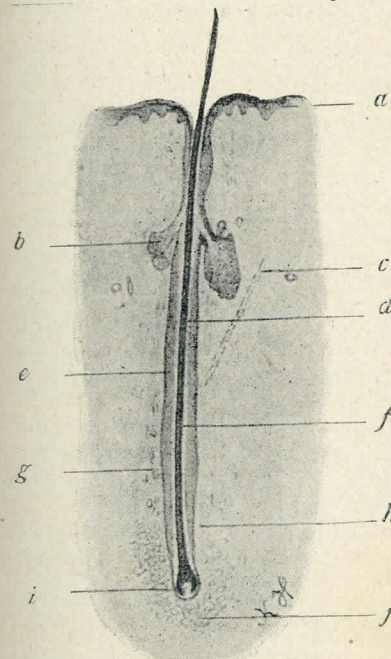


Fig. 58. Przekrój przez skórę, z osadzonym w niej włosiem. *a*—na skórek; *b*—gruczoł łojowy; *c*—mięsień włosa; *d*—korzeń włosa; *i*—cebulka włosa.

Z torebką włosową w ścisłym związku znajdują się zwykle niewielkie ilości komórek mięśni gładkich. Ich skurcze mogą poruszać włosami, co znakomicie daje się obserwować u zwierząt; mięśnie te wyciskają również łój z gruczołów łojowych oraz podnoszą torebkę włosową, tworząc t. zw. gęsia skórę.

Wreszcie wspomnieć tu trzeba paznogcie—blaszki rogowy, okrywające powierzchnię ostatniego członka palców i w tylnej części osadzone w specjalnej fałdzie skóry. Tutaj leży też warstwa komórek, powodująca ustawiczny wzrost paznogcia; miejsce to widać na nim w postaci wygiętego ku przodowi półksiężyca.

Z m y ś l y.

Uwagi ogólne. Już przy badaniu mięśni poznaliśmy się z pojęciem pobudliwości i podniety; widzieliśmy, że pewne — nie wszystkie—zjawiska przyrody mogą wywierać swój wpływ na mięśnie w ten sposób, że wywołują ich skurcze. Dla wywołania skutku, w danym razie skurczu mięśnia, podnieta mu-

si być dostatecznie silna, musi, jak się wyrażamy, przekroczyć *próg pobudliwości*. Doświadczenia, tam opisane, nosiły na sobie jednak piętno sztuczności; w przyrodzie nie zdarza się nigdy w warunkach normalnych, żeby jakaś podnieta działała na mięśnie bezpośrednio. Do tego celu służą specjalne zakończenia nerwów, noszące nazwę organów zmysłów, ogólniej — organów recepcyjnych, czyli przyjmujących. U zwierząt wyższych organy recepcyjne różnicują się zależnie od podniet, które otrzymywać mają. Każdy z nich posiada do pewnych podniet skłonność swoistą, która wyraża się przedewszystkiem w budowie anatomicznej, ułatwiającej dostęp jednej tylko ich kategorii. Jako przykład weźmy choćby zmysł powonienia, umieszczony w nosie, dokąd nader łatwo mogą się dostawać ciała gazowe, a wszelkie inne podniety ledwie z trudem znalazłyby tam drogę. Prócz tego ułatwienia dostępu dla pewnej tylko kategorii zjawisk, widzimy zwykle jeszcze nadzwyczajne niżenie progu pobudliwości dla tej właśnie podniety, która jest właściwa danemu organowi zmysłów. Wreszcie u człowieka w pewnych granicach zauważyć można, że charakter czucia, t. j. stanu świadomości wywołanego przez podrażnienia organu zmysłowego nie zależy wcale od podniety, a tylko od organu zmysłów, na który podziałała podnieta. Wszak każdy organ zmysłów nie jest bezwzględnie niewrażliwy na podniety po za tą, która mu jest właściwa; oko np. dla światła ma próg pobudliwości najniżej położony, ale inne bodźce — mechaniczne, elektryczne — mogą podrażnić zakończenia nerwowe oka i wtedy otrzymamy *zawsze czucie światła*. Bez względu przeto na naturę podniety czucie pozostało bez zmiany — jest to t. zw. specyficzna energia zmysłów.

Jeżeli natężenie podniety ulega zmianie, to odpowiednio zmienia się i stan świadomości, t. j. czucie. Powstaje pytanie, czy między temi dwiema zmianami istnieje jakakolwiek zależność. Szereg cały badań, wykonanych początkowo przez uczzonego niemieckiego Webera, pozwolił sformułować prawo, noszące nazwę prawa Webera; głosi ono, że zmiana czucia jest proporcjonalna nie do zmiany podniety, ale do stosunku geometrycznego, jaki zachodzi między zmianą natężenia bodźca i natężeniem jego poprzednim.

Przykład najlepiej wyjaśni, o co tutaj chodzi; jeżeli położymy na dłoni 30 g., to zauważyć będziemy mogli różnicę dopiero po dodaniu 10 g. Jeżeli początkowo leżało 60 g., to trzeba dodać 20 g. i t. d. Słowem stosunek przyrostu podniety do podniety poprzedniej musi być równy $\frac{1}{3}$. Dla zmysłów innych zasadniczo wszystko odbywa się tak samo, tylko stosunek powyższy musi być nieco inny; dla słuchu wynosi on $\frac{1}{6}$, dla wzroku $\frac{1}{100}$.

Z prawa Webera drogą rachunku można dojść do t. zw. prawa psychofizycznego Fechnera, które polega na tem, że czucie ma być proporcjonalne do logarytmu podniety; można też prawo Fechnera sformułować jeszcze w sposób następujący: kiedy podniety wzrastają w postępie geometrycznym, to czucia rosną w postępie arytmetycznym. Oba te prawa nie mogą być uważane za bezwzględnie prawdziwe i słuszne — ale w wielu przypadkach oddają nam znaczne usługi.

Ile mamy zmysłów? Klasyczna liczba pięciu: wzroku, słuchu, smaku, powonienia i dotyku nie może się ostać wobec współczesnych wymagań nauki. Przedewszystkiem łatwo zauważyć można, że zmysł dotyku nie jest jednorodny, wszak czucia ciepła, ucisku, bólu i t. d. różnią się bardzo jedne od drugich, a w ramach tej starej klasyfikacji niema dla nich miejsca. Obecnie nawet nie wiemy napewno, ile zmysłów trzeba uznać u człowieka.

Z m y s ł y s k ó r n e.

Jest to grupa zmysłów umieszczonych w skórze. Pomiędzy nimi rozróżnić można co najmniej cztery: zmysł dotyku w ścisłym znaczeniu, zmysł ciepła, zimna i bólu. Prócz tego, zdaje się, za coś odrębnego uważać trzeba zmysł swędzenia i laskotania, a może z czasem i więcej zmysłów trzeba będzie uznać.

Zmysł dotyku w znaczeniu ściślejszem. Pierwsze pytanie, jakie tutaj się nastrocza, polega na tem, czy wogóle mamy prawo uznawać istnienie takiego odrębnego zmysłu. Wszak z fizjologii nerwów i mięśni wiemy, że organy te są wrażli-

we na ucisk mechaniczny, uderzenie i t. d. Może przeto nie istnieje zmysł dotyku, ze skłonnością swoistą do przyjmowania podniet mechanicznych—a tylko wprost ucisk drażni bezpośrednio nerwy w skórze przebiegające? Na pytanie to daje jasną odpowiedź badanie progu pobudliwości; ażeby nerw bezpośrednio podrażnić, musi co najmniej 0.2 g. spaść nań z wysokości 1 mm, a przecież wiemy wszyscy, że z łatwością zauważyć można na skórze ciężar znacznie mniejszy i opuszczony znacznie wolniej, niż ciało swobodnie spadające.

Jeżeli z pomocą cienkiego włosa będziemy ostrożnie dotykali się skóry, to z łatwością stwierdzimy fakt, że są miejsca, gdzie najłżejsze dotknięcie wyczuć od razu możemy, a są i takie, gdzie lekkie dotknięcie przechodzi całkiem niepostrzeżenie. Te i podobne obserwacje dowodzą nam, że na powierzchni naszego ciała istnieją punkty, posiadające organ zmysłu dotyku, reszta zaś skóry jest na ucisk mechaniczny niewrażliwa. Zrozumieć jednak łatwo, że naciśnięcie silne, choćby z pomocą włosa, zawsze pocujemy: wszak skóra wtedy w jednym miejscu się wgłębi, w sąsiedztwie zaś się rozciągnie i sama zacznie ucisk wywierać. W ten sposób zawsze zostanie podrażniony organ dotyku, znajdujący się gdzieś w pobliżu miejsca pierwotnie uciskanego. Jeżeli przy pomocy cienkiego włosa zbadamy rozkład tych punktów dotykowych na skórze ludzkiej, to zobaczymy, że ilość ich na jednym centymetrze kwadratowym wynosi mniej więcej około dwudziestu pięciu, i leżą one u nasady włosków skórnych. Możnaby się tutaj zapytać, dlaczego my w takim razie, dotykając się przedmiotu, nie wyczuwamy tylko punktów, odpowiadających naszemu organowi dotyku, ale poprostu mamy wrażenie rozciągłości. Jest to zagadka natury psychicznej—my wogóle mamy dążność do wypełniania luk w naszych postrzeganiach zmysłowych. W fizyologii oka dowiemy się, że wszelki widziany przez nas obraz powinien posiadać czarną plamkę, odpowiadającą okolicy oka zupełnie na światło niewrażliwej—a przecież nikt z nas luki takiej nie spostrzega.

Czucia dotykowe, wywołane przez dwie podniety nie są identyczne, gdyż w przeciwnym razie nie moglibyśmy ich od-

różnić, nie moglibyśmy bez pomocy wzroku powiedzieć, czy dotknięto naszej ręki, czy nogi. Cecha, która sprawia, że możemy to w rzeczywistości uczynić, zowie się znakiem lokalnym czucia; jest on tem wyraźniejszy, im dalej od siebie leżą podrażnione organy dotyku; w przypadku odwrotnym, coraz trudniej rozróżnić miejsce dotknięte, a wreszcie oba ukłucia zlewają się w jedno.

Można to łatwo sprawdzić w sposób następujący: bierzemy zwyczajny cyrkiel, przytępiamy zlekka jego końce i dotykamy się ostrożnie skóry czyjejkolwiek to obu końcami, to jednym, to przybliżając do siebie, to rozsuwając końce cyrkla. Człowiekowi badanemu w ten sposób polecamy zamknąć oczy, żeby nie mógł podlegać sugestyi mimowolnej i zadajemy mu pytanie, czy dotknęliśmy go jednym, czy dwoma końcami. W ten sposób dostrzeżemy, że istnieje pewna najmniejsza odległość, poniżej której dotknięcie obu ostrzy zlewa się w jedno. Odległość ta waha się w granicach bardzo szerokich, zależnie od badanej okolicy ciała; na końcu języka wynosi ona 1 mm., na końcach palców u ręki już 2 mm. a na środku szyi, pleców, na wewnętrznej stronie ramienia i uda może dochodzić do 70 mm. Ten znak lokalny pomaga nam przy ocenie wielkości przedmiotów, ale z drugiej strony prowadzi on nas czasami na bezdroża, gdyż każdy przedmiot wydaje się większy, jeżeli dotykamy go tą okolicą ciała, która łatwiej rozróżnia odległość między dotknięciami. Jeżeli np. dotkniemy się zębów językiem, a potem palcami, to w pierwszym przypadku wydadzą się nam one znacznie większe niż w drugim.

Zmysł temperatury. Wbrew niejako temu, co uczy fizyka, musimy rozróżniać dwa zupełnie odrębne zmysły: ciepła i zimna. Sam charakter czuć przemawia już za tem; wszak czucia zimna i ciepła nie tylko ilościowo, ale i jakościowo się różnią. To znaczy, że istnieje zasadnicza odmiennosc między tym stanem psychicznym, kiedy czujemy zimno, a tym, kiedy czujemy mniej lub więcej ciepło.

Jeszcze inaczej możemy to objaśnić mówiąc, że dla fizyki zimno znaczy tylko: mało ciepło, ale dla psycho—fizyologa zimno to nie jest mniej ciepło, a jest to coś zasadniczo różne.

Ponieważ bardzo często, siedząc np. w pokoju, nie odczuwamy ani ciepła, ani zimna, więc z góry przewidzieć można, że musi istnieć temperatura obojętna t. j. taka, przy której nie czujemy ani ciepła, ani zimna. Doświadczenia dowodzą, że tak jest w rzeczywistości, ale wykazują zarazem, że temperatura obojętna nie jest jednakowa dla różnych części ciała i przytem może się zmieniać zależnie od okoliczności. Te części ciała, które zwykle przykryte są ubraniem, posiadają temperaturę obojętną dość wysoką, a przytem mniej więcej stałą, części zaś odkryte ulegają wahaniom bardzo wielkim. Można łatwo sprawdzić termometrem, że woda, która zimą wyda się nam ciepłą, latem wywoła wrażenie zimna. Specyalne badania dowodzą, że palce naprzykład można przystosować w ten sposób do temperatur w granicach od $+11^{\circ}$ do $+39^{\circ}$, czyli woda mająca $+12^{\circ}$ może się wydać ciepłą, a kiedy indziej znowu otrzymamy czucie zimna od przedmiotu ogrzanego do $+38^{\circ}$.

Nie tylko jednak na zasadzie jakości czuć trzeba rozróżnić zmysły ciepła i zimna: w sposób bardziej jeszcze przekonujący mówią nam o tem badania nad rozmieszczeniem punktów, obdarzonych wrażliwością na temperaturę. Przybliżając do powierzchni skóry cienkie włosy ogrzane lub ochłodzone możemy, podobnie jak to widzieliśmy przy zmysle dotyku, oznaczyć położenie zmysłu temperatury. Tutaj dostrzeżemy wyraźnie, że punkty, wywołujące czucie zimna nie są identyczne z punktami, wrażliwymi na ciepło. Nawet ilość tych punktów jest różna; podczas gdy na 1 cm^2 skóry znajdujemy od sześciu do dwudziestu trzech organów zmysłu zimna, to zmysłu ciepła mamy najwyżej trzy, a czasem na przestrzeni wymienionej nie znajdujemy ich wcale.

Dalej stwierdzić można, że wrażliwość na temperaturę bardzo się zmienia zależnie od okolicy ciała, ale przytem wrażliwość na ciepło nie idzie równolegle z wrażliwością na zimno. Jako przykład przytoczyć można, że na plecach w okolicy pasa mamy miejsce nadzwyczaj na zimno wrażliwe, o czem można przekonać się bardzo łatwo, choćby podczas wchodzenia do zimnej kąpieli.

Ciała, działające na nasz zmysł temperatury, mogą posiadać pod względem fizycznym własności bardzo odmienne, co może odbić się i na ich działaniu fizyologicznem; szczególniejszą zwrócić należy uwagę na pojemność cieplną, na przewodnictwo cieplne i na charakter powierzchni. Co się tyczy własności pierwszej, to ciało musi posiadać pewną, nawet dość znaczną pojemność cieplną, ażeby mogło wywołać czucie temperatury. Jeżeli pojemność ta zejdzie niżej pewnego minimum, to obecność dotykającego się przedmiotu nie wywrze prawie żadnego wpływu na temperaturę skóry, i zabierze od niej tak mało ciepła, że nie będziemy mieli żadnego czucia. Przewodnictwo cieplne również wywiera wpływ nie mały: im lepszym przewodnikiem jest dane ciało, tem silniej działa ono jako podnieta, rozumie się, przy innych warunkach jednakowych. Wytłumaczenie przyczyny tego zjawiska nie stanowi żadnej trudności; dobry przewodnik ogrzewa się lub ochładza w całej swej masie i przez to odbiera, względnie oddaje skórze znaczne ilości ciepła, zły zaś ogrzewa tylko powierzchnię bezpośrednio ze skórą zetkniętą, a więc wywołuje bardzo słaby ruch ciepła w skórze. Uwagi powyższe stosują się tylko do czucia powstającego w pierwszej chwili po dotknięciu przedmiotu. Po dłuższem działaniu mogą wystąpić zupełnie nowe zjawiska; jeżeli dotkniemy się jakiegoś złego przewodnika, posiadającego temperaturę pokojową to w pierwszej chwili mamy czucie zimna, ale wkrótce potem występuje czucie ciepła, gdyż dotykająca ciało powierzchnia złego przewodnika bardzo prędko się ogrzewa, i w następstwie ochrania skórę przed stratą ciepła. Takie zjawisko obserwować możemy, choćby wkładając na siebie ubranie, które jest złym przewodnikiem.

Co się tyczy zdolności oceniania różnic temperatury, to jest ona dość znaczna; możemy rozróżnić części stopnia, ale znowuż spotykamy tutaj zależność od okolicy ciała. Na ramieniu i przedramieniu możemy już zauważyć różnice temperatury wynoszące 0.2° , na dłoni zaledwie 0.4° , a na plecach 0.9° do 1.2° .

Zmysł bólu. Badając skórę przy pomocy cienkich włosków, można znaleźć punkty, gdzie ucisk wywołuje odrazu czu-

cie bardzo przykre, zbliżone do bólu. Na tej zasadzie zwykle przyjmujemy istnienie oddzielnego zmysłu bólu. Organy jego mają być bardzo gęsto umieszczone w skórze, gdyż na 1 cm² znajdujemy ich około stu a nawet dwustu. Przypnieć jednak trzeba, że skórny zmysł bólu dotychczas jest zbadany bardzo mało, a jeszcze mniej wiemy o warunkach powstawania bólu w organach wewnętrznych.

Zmysły położenia, ruchu i mięśniowe. Jest to grupa zmysłów bardzo mało jeszcze dotychczas zbadanych, spokrewnionych zdaje się z temi jeszcze bardziej tajemniczymi czuciami, jakie ustawicznie otrzymujemy od wszystkich naszych organów wewnętrznych, co zwykle samopoczuciem ogólnem nazywamy.

Z pomiędzy tych wszystkich wyżej wymienionych czuć rozpatrzmy najpierw czucia położenia, t. j. zdolność oceny położenia całego ciała i wszystkich jego części, rozumie się, bez pomocy wzroku. Otóż położenie całego ciała t. j. kąt, jaki tworzy ono z płaszczyzną poziomą, oceniamy bardzo dobrze, nawet zupełnie zanurzwszy się w wodzie, jak to ma miejsce podczas nurkowania. Podobnie zdajemy sobie sprawę z położenia różnych części ciała, przytem zdolność owa jest silniej rozwinięta w tych okolicach, które częściej kontrolujemy wzrokiem. Jeżeli weźmiemy czyjąś rękę i najfantastyczniej mu ją ułożymy, to bez pomocy wzroku zawsze on będzie mógł odrysować dokładnie położenie dłoni, palców i t. d. Zdolność oceny położenia nie znika nawet wtedy, gdy dzięki chorobie lub w inny jaki sposób zniknie dotyk w badanej okolicy ciała; zmysł położenia nie jest przeto identyczny z dotykiem. Prawdopodobnie w bliskim stosunku z opisanymi powyżej zjawiskami znajduje się zmysł mięśniowy, który ustawicznie informuje nas o stanie naszych mięśni. Bez tej kontroli ruchy stają się prawie niemożliwe; jeżeli nerwy czuciowe, przychodzące od mięśni będą przez chorobę osłabione w swej działalności; to człowiek z wielkim trudem będzie chodził i wogóle się ruszał, nie będzie mógł nawet stać z zamkniętymi oczami, gdyż, jak widzieliśmy, podczas stania drobne skurcze mięśni grają rolę zasadniczą. Pies na przykład może swobodnie biegać na trzech łapach po utraceniu czwartej, gdy jednak przetniemy nerwy

czuciowe jednej z pozostałych łap, to zwierzę już nie będzie mogło chodzić.

Podobnie jak czujemy położenie naszego ciała i jego ruchy czynne, tak również możemy postrzegać ruch bierny bez pomocy wzroku. Przy jednostajnym ruchu ciała czucie jednak wkrótce znika—czyli, zdaje się, czujemy nie prędkość, ale przyspieszenie. Czucia ruchu dają niekiedy początek bardzo ciekawym złudzeniom; jeżeli ruch ciała naszego ulegnie gwałtownemu wstrzymaniu lub choćby zwolnieniu, to mamy czucie ruchu w kierunku przeciwnym. Najwyraźniej zjawisko to występuje na windzie; w chwili jej zatrzymania mamy wrażenie, że winda opada, jeżeli jechaliśmy w górę, i podnosi się, w przypadku przeciwnym; złudzenie jest tak silne, że trudno mu się oprzeć nawet wtedy, gdy zdajemy sobie z tego sprawę.

Poznaliśmy przed chwilą—w sposób może nieco urywkowy— fakty, dotyczące czucia ruchu, położenia i oporu—a teraz musimy zastanowić się nad tem, gdzie szukać należy organu tych zmysłów, jakie są warunki jego działania i t. d. Co się tyczy czucia mięśniowego, to główną rolę, zdaje się, odgrywają nerwy czuciowe, rozgałęzione w mięśniach i stawach; przecięcie ich, jak już wyżej było wspomniane, niszczy czucia mięśniowe. Organ zmysłu ruchu i położenia umieszczony jest głównie w uchu, z którego budowę zapoznać się musimy obecnie.

Budowa ucha.

Po obu bokach głowy osadzone są (fig. 59) *muszle uszne* które składają się z pozginanej chrząstki, obciążonej z wierzchu skórą; na dnie widzimy *otwór słuchowy zewnętrzny* (meatus auditorius externus) prowadzący do przewodu słuchowego zewnętrznego—jest to kanał długi 2—3 cm., idący w głąb kości skroniowej. Ścianki kanału wydzielają żółty tłuszcz, czyli *woszczek uszny*, obdarzony smakiem gorzkim. Dno przewodu słu-

chowego zaciągnięte jest cienką *bloną bębenkową* (membrana tympani), tworzącą jakby niski stożek ścięty, wierzchołkiem skierowany ku wnętrzu ucha. W błonie bębenkowej znajduje się mięsień, mogący ją naciągać mniej lub więcej (m. tensor tympani). Za błoną bębenkową spotykamy ucho środkowe, składające się z wyłobionej w kości skroniowej *jamy bębenkowej ucha* (cavum tympani), pokrytej nabłonkiem, którego komórki na powierzchni, skierowanej do wnętrza jamy niosą jakby cienkie, ustawicznie się poruszające włoski t. zw. *rzęski* czyli *migawki*. Od dolnej części jamy bębenkowej odchodzi kanał, no-

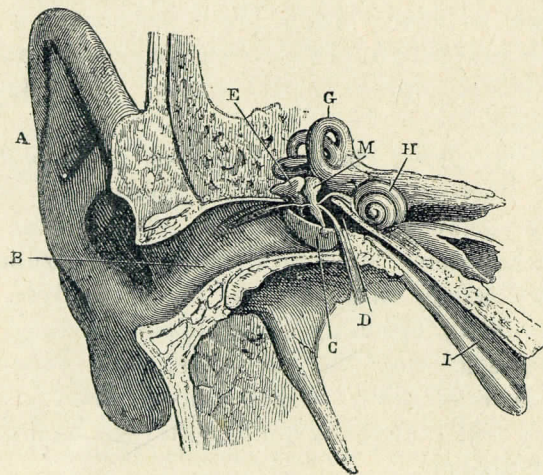


Fig. 59. Przecięcie ucha, A—ucho zewnętrzne, B. przewód uszny zewnętrzny, C—błona bębenkowa, E—kowadelko, G przewody łukowe, H—ślimak, I—trąbka Eustachiusza, M. młotek.

szący nazwę *trąbki Eustachiusza* (tuba Eustachii) wysłany również nabłonkiem migawkowym, i łączy jamę bębenkową z gardzielą. Trąbka Eustachiusza, zdaje się, zwykle bywa zamknięta w ten sposób, że ścianki jej przyciśnięte są jedna do drugiej; podczas polykania i ziewania mięśnie podniebienia otwierają trąbkę Eustachiusza, i w ten sposób wewnątrz jamy bębenkowej komunikuje się z powietrzem otaczającym. Ucho środkowe łączy się jeszcze prócz tego z komorami sutkowymi

(cellulae mastoidee) t. j. z przestrzeniami pustymi w wyrostku sutkowym kości skroniowej. We wnętrzu jamy bębenkowej znajdujemy trzy kostki słuchowe noszące nazwę: *młotek* (malleus), *kowadelko* (incus) i *strzemię* (stapes), Młotek rękojeścią swoją przylega do błony bębenkowej, a główka spoczywa na

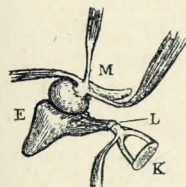


Fig. 60. Kostki uszne. M — młotek, E. — kowadelko, K — strzemię.

kowadelku, do którego przymocowane jest strzemię. Podstawa tego ostatniego opiera się o błonę zamykającą t. zw. okno owalne (fenestra ovalis) t. j. otwór prowadzący do najgłębiej leżącej części ucha do t. zw. ucha wewnętrznego czyli *labiryntu*, jeszcze inaczej zwanego błędnikiem. Pod oknem owalnym leży *okno okrągłe* (fenestra rotunda), prowadzące również do labiryntu.

Ucho wewnętrzne posiada kształt bardzo złożony; umieszczone jest w kości skroniowej, która tworzy jamę t. zw. *labirynt kostny*. W jego wnętrzu leży worek błoniasty, posiadający mniej więcej formę labiryntu kostnego t. zw. *błędnik* czyli *labirynt błoniasty* (Fig. 61) wypełniony cieczą, noszącą nazwę *endolimfy*. Między ściankami błędnika kostnego i błoniastego znajdujemy również ciecz—zwaną *perilymfą*. Labirynt składa się z kilku części; środkowa zowie się *przedsionkiem* (vestibulum), który z jednej strony łączy się z *przewodami łukowatymi* (canales semicirculares) a z drugiej—ze *ślimakiem* (cochlea). Przedsionek łączy się z jamą bębenkową z pomocą okna owalnego, a na ściance swej wewnętrznej ma w jednym miejscu ogromną ilość drobnych otworków, przez które wchodzą włókna nerwu słuchowego,

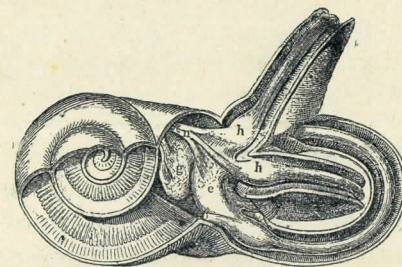


Fig. 61. Błędnik powiększony i w części otworzony, na lewo ślimak, e g—woreczki przedsionkowe, h—bańki przewodów łukowatych.

idącego z mózgu. We wnętrzu przedsionka kostnego leży przedsionek błoniasty, składający się z dwóch woreczków, połączonych wązkim kanałem: większy, leżący wprost okna owalnego nosi nazwę *mieszka* (utricle) a mniejszy *woreczka* (sacculus). Od mieszka odchodzą trzy błoniaste *przewody łukowate* (canales semicirculares) leżące w odpowiednich utworach kostnych. Każdy kanał błoniasty zaczyna się rozszerzeniem czyli *bańką* (ampulla), a drugi jego koniec bezpośrednio otwiera się do mieszka. Ciekawy jest i ważny bardzo układ kanałów półkulistych w przestrzeni; jeden z nich leży w płaszczyźnie poziomej, a dwa inne w pionowych, przecinających się pod kątem prostym.

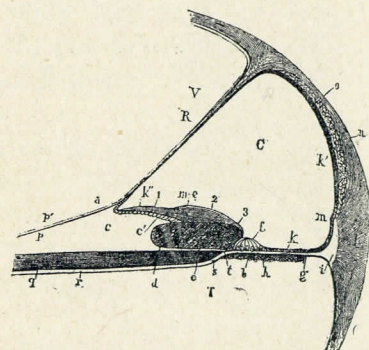


Fig. 62. Przecięcie ślimaka. C. — piętro środkowe. V—piętro przedsionkowe, T—piętro bębnekowe, R —błona Reissnera, mc 2 3—błona Cortiego, cc—blaszka kostna.

Woreczek (sacculus) przechodzi w utwór spiralnie skręcony, zwany *ślimakiem* (cochlea); tutaj znowuż spotykamy się ze stosunkami anatomicznymi, podobnymi do opisanych poprzednio: we wnętrzu spiralnej jamy kostnej leży powłoka błoniasta. Ślimak tworzy dwa i pół obroty dookoła słupka kostnego (columella), od którego odchodzi blaszka kostna, owijająca słupkę na kształt śruby i zwana *blaszką spiralną* (lamina spiralis ossea). Łatwo wyobrazić sobie, że blaszka ta sterczy do środka spiralnej jamy ślimaka, nie dochodząc jednak do ścianki przeciwległej; od wolnego brzegu blaszki spiralnej kostnej idzie błona uzupełniająca przegrodę ślimaka, t. zw. *błona podstawowa* (membrana basilaris). W ten sposób jama ślimaka dzieli się na dwa piętra: *piętro przedsionka* (scala vestibuli) i dolne, *piętro bębka* (scala tympani). Pierwsze otwiera się do przedsionka, a drugie do jamy bębnekowej przy pomocy okienka okrągłego. Od tego brzegu blaszki spiralnej, gdzie zaczyna się błona podstawowa, odchodzi skośnie ku górze jeszcze przegroda błoniasta

nosząca nazwę *błony Reissnera* (fig. 62) (membrana Reissneri) i oddzielająca od piętra przedsionkowego trójkątną w przekroju przestrzeń t. zw. *piętro środkowe* (scala media s. ductus cochlearis). W piętrze środkowym widzimy jeszcze *błonę okrywającą* lub *błonę Cortiego* (fig. 62) (membrana tectoria) odchodzącą od brzegu blaszki kostnej i kończącą się wolno w cieczy wypełniającej piętro środkowe. Blaszka spiralna kostna na wolnym swym brzegu pod błoną Cortiego ma rowek, a w nim, oraz na błonie podstawowej leży nader ważny organ Cortiego (fig. 62).

Nerw słuchowy, tworzący ósmą parę nerwów mózgowych, dochodząc do ucha wewnętrznego dzieli się na dwie gałęzie; jedna z nich—(ramus vestibularis) idzie do przedsionka a dru-

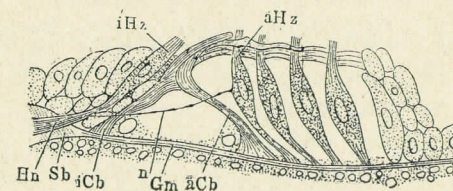


Fig. 63. Przyrząd Cortiego w przekroju: Sb — blaszka spiralna, iCb — aCb — wewnętrzny i zewnętrzny pręcik Cortiego, iHz—aHz—wewnętrzne i zewnętrzne komórki rzęskowe, H—nerw słuchowy.

ga (ramus cochlearis) do ślimaka. We wnętrzu ślimaka, baniek oraz woreczka i mieszka znajdujemy właściwy organ zmysłów t. j. zakończenia nerwowe; w mieszkach i woreczkach są to t. zw. *plamki słuchowe* (maculae acusticae) składające się z szeregu komórek, opatrzonych niskimi rzęskami, na których leży masa sklejonych mikroskopowych kryształów węglanu wapnia. W bańkach spotykamy organy podobne: — wzdłuż każdej z nich sterczy mianowicie dość wysoki *grzebień słuchowy* (crista acustica), składający się z komórek, opatrzonych włoskami, sklejonemi z pomocą śluzowatej masy. Daleko bardziej złożoną budowę posiadają zakończenia nerwowe w ślimaku, gdzie tworzą t. zw. organ Cortiego (fig. 63); widzimy tu-

łaj dwa pręciki Cortiego — wewnętrzny i zewnętrzny (i Cb i aCb) schodzące się na górze i tworzące tunel. Od strony wewnętrznej, to jest od strony słupka ślimaka, do pręcików Cortiego przylega jeden szereg komórek opatrzonych rzęskami; a od strony zewnętrznej stoją cztery szeregi takich samych komórek.

Wreszcie dalej jeszcze na zewnętrznej i wewnętrznej stronie widzimy szeregi innych komórek. Cały ten przyrząd okryty jest wzmiankowaną wyżej błoną pokrywową i stoi na błonie podstawowej.

Czynności ucha.

Poznawszy budowę ucha, zastanówmy się nad jego czynnościami. Jeżeli u zwierząt usunąć kanały łukowate i aparat przedsionkowy, to wystąpią zaburzenia ruchów i położenia; zwierzęciu można nadać różne najdziwniejsze pozycje i nie wróci ono do położenia normalnego. Po upływie dłuższego czasu objawy te znikają i zwierzę zachowuje się normalnie, tylko siła mięśni znacznie słabnie. Po jednostronnem wycięciu tej części labiryntu objawy są jeszcze silniejsze — zwierzę jest skrzywione głową ku stronie zoperowanej, pada łatwo i t. d. Podrażnienie zaś ucha, choćby z pomocą prądu elektrycznego, pociąga za sobą ruchy oczu, czucie zawrotu, chylenie i obrót ciała — słowem znowuż zaburzenia w postrzeganiu kierunku przestrzeni. Wreszcie u głuchoniemych, posiadających w stanie zaniku labirynt, widzimy często brak zdolności oryentowania się nawet pewną niezgrabność ruchów. Stąd wywnioskować można, że kanały łukowate i labirynt przedsionka są organem opisanego wyżej zmysłu ruchu i położenia. Prawdopodobnie przy zmianach położenia ciała przesuwa się nieco masa otolitów, leżących na płamkach słuchowych, i uciska wtedy rzęski coraz to innych komórek, drażniąc w ten sposób nerw i powiadamiając nas o przechyleniu się ciała; wreszcie ruchy endolimfy wewnątrz kanałów

łukowatych mogą również naginać rzęski grzebieni słuchowych i drażnić nerwy. Zresztą, wiele tutaj jeszcze pozostaje do zrobienia, znamy dość dużo faktów nie dających się wtłoczyć w ramki teorii powyższej; być może labirynt nie jest to jedyny organ zmysłu położenia — przyszłość dopiero te wszystkie pytania rozstrzygnąć musi.

Obecnie wiemy już bez żadnej wątpliwości, że ucho składa się jak gdyby z trzech organów, różne spełniających czynności. Kanały łukowate są, jak już widzieliśmy, siedliskiem zmysłu położenia i ruchu; ślimak jest organem zmysłu słuchu, a rola ucha zewnętrznego i środkowego polega jedynie na doprowadzaniu dźwięków, a właściwie fal dźwiękowych powietrza do ślimaka. W całej różnorodności czuć dźwiękowych można odróżnić *tony*, mające spokojny, gładki przebieg, oraz *szmery*, robiące na nas wrażenie czegoś szorstkiego i ustawicznie zmiennego. Ponieważ udało się dowieść, że szmery są to też pewne kombinacje tonów, więc będziemy zajmowali się tylko temi ostatniemi, uważając je ze pierwiastki naszych wrażeń słuchowych. Z fizyki wiadomo, że to, co my słyszymy jako ton, ma swoją przyczynę fizyczną w drganiach okresowych powietrza. Drgania te mogą różnić się swą częstością, wielkością odchylenia od punktu równowagi oraz formą, odpowiednio i tony różnią się wysokością, natężeniem i barwą. Tony najniższe, jakie wogóle słyszeć możemy, mają około 16 drgań na sekundę, podczas gdy najwyższe dochodzą do 20000. W muzyce jednak używamy tylko tonów średniej wysokości, od 32 do 4000 mniej więcej; gdyż tony zbyt wysokie lub zbyt niskie nie są przyjemne dla naszego ucha.

Przechodząc teraz do bliższego poznania się z czynnościami różnych części naszego ucha widzimy, że fale dźwiękowe natrafiają przedewszystkiem na muszlę uszną, a następnie wchodzi do przewodu słuchowego zewnętrznego. Obydwa te organy służą jedynie do chwytania i prowadzenia dalej dźwięku; przytem u człowieka muszla uszna gra bardzo małą rolę głównie dzięki temu, że jest nieruchoma. To też ludzie mający słuch przytępiony i pragnący lepiej słyszeć często ręką nakierowują muszlę uszną w stronę odpowiednią.

Inne zwierzęta czynią toż samo z pomocą odpowiednich mięśni.

Na dnie przewodu słuchowego zewnętrznego fale dźwiękowe natrafiają na błonę bębenkową, którą wprawiają w drgania odpowiednie. Ponieważ błona bębenkowa zrosnięta jest z młotkiem, więc i jemu drgania się udzielają, a potem kowadełku i strzemienu. Stąd drgania przechodzą na endolimfę, która ostatecznie swe drgania przekazuje błonie Cortiego będącej właściwym organem słuchu. Błona ta zbudowana jest jakgdyby z całego szeregu włókien długości niejednakowej; tony różnej wysokości wprawiają w drgania włókna różnej długości—dzięki temu, co w fizyce zwiemy rezonans i w ten sposób możemy rozróżniać pojedyncze tony wpadające do naszego ucha. Zdolność rozróżniania wysokości tonu bardzo wielkim podlega wahaniom; jedni ludzie są jej całkowicie prawie pozbawieni, gdy inni ją posiadają w stopniu wprost zadziwiającym.

Zmysł powonienia.

Zmysł powonienia umieszczony jest w górnej części nosa; u człowieka organ tego zmysłu leży w muszli górnej i w części przegrody nosowej leżącej wprost tej muszli (fig. 64) w tych okolicach spotykamy nabłonek, a pomiędzy jego komórkami leżą bardzo charakterystyczne komórki węchowe (fig. 65) połączone z włóknkami nerwu węchowego, które przez białą sitową wchodzi do jamy nosowej.

Organ powonienia wrażliwy jest na różne bardzo ciała, znajdujące się w stanie gazowym; podczas oddychania gazy te wraz z powietrzem dostają się do opisanego wyżej nabłonka węchowego. Ilość ciała, wystarczająca do wywołania czucia węchowego, jest nadzwyczaj mała; w tabelce następującej wymienię jako przykład ilość miligramów kilku substancji, wystarczających dla nadania ledwie dostrzegalnego zapachu jednemu litrowi powietrza:

kamfory	5 mg.
eteru	0.0005 "
olejku pomarańczowego	0.0005 "
piżma	0.000005 "

Co się tyczy klasyfikacji zapachów, to jest ona rzeczą nadzwyczaj trudną, a nawet niemożliwą, to też zwykle zapachom nadajemy nazwę wydających je przedmiotów; mówimy np. o zapachu róży, fiołka i t. d. Mniej więcej jednak można ująć zapachy w dziewięć klas następujących:

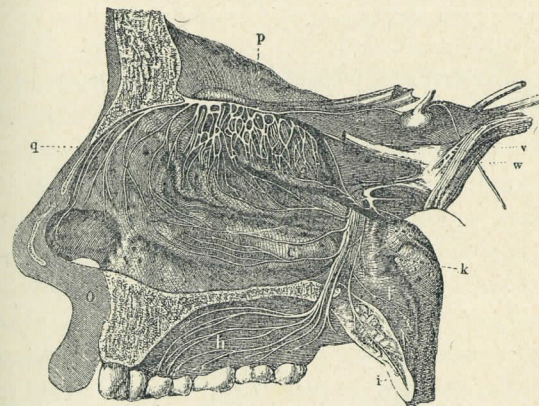


Fig. 64. Przerój przez nos; białe niteczki u góry są to rozgałęzienia nerwu węchowego.

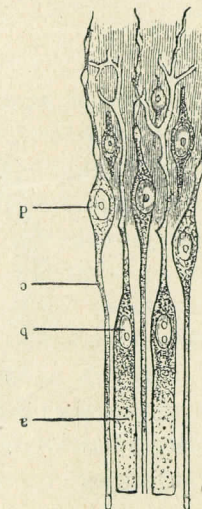


Fig. 65. Komórki węchowe.

- 1) zapachy eteryczne;
- 2) zapachy aromatyczne;
- 3) zapachy balsamiczne;
- 4) zapachy piżma i podobne;
- 5) zapachy czosnku i cebuli;
- 6) zapachy spalenizny;
- 7) zapachy koźle;
- 8) zapachy odrażające;
- 9) zapachy wstrętne, wywołujące nudności.

Zmysł powonienia bardzo łatwo ulega zmęczeniu—to też

znacznie, tworząc na granicy rogówki tak zwane *ciało rzęskowe* (corpus ciliare). Zewnętrzna warstwa tego ciała składa się z gładkich komórek mięśniowych i tworzy t. zw. *mięsień rzęskowy* (m. ciliaris). Na granicy białkówki z rogówką naczyniówka przechodzi w płaski krążek zwany tęczówką (iris), która w środkowej swej części posiada okrągły otwór — *żrenicę* (pupilla). Dookoła żrenicy mamy obrączkę komórek mięśniowych — tak zwany *zwieracz żrenicy* (m. sphincter pupillae), a na zewnątrz od niego biegną promienisto włókna mięśnia *rozszerzacza żrenicy* (m. dilatator pupillae). W tęczówce, podobnie jak w naczyniówce, znajdujemy warstwę barwnika; jeżeli jest go mało, to prześwitujące głębsze warstwy oka wywołują wrażenie barwy niebieskiej, w ten sam sposób, jak prześwitujące przez skórę naczynia krwionośne również wydają się niebieskie. Jeżeli zaś tęczówka zawiera dużo barwnika, to otrzymujemy oczy szare, zielonawe, piwne, i wreszcie, przy największej obfitości barwnika — prawie zupełnie czarne. Tęczówka dzieli oko na dwie komory; przednia wypełniona jest *cieczą wodnistą* (humor aquaeus), a tylna — *ciałem szklistym* (corpus vitreum).

Trzecią, najbardziej wewnętrznie położoną błonę gałki ocznej tworzy *siatkówka* (retina). Jest to warstwa w znacznej części natury nerwowej. Z tylnej strony do gałki ocznej, nieco na wewnątrz jej osi, t. j. linii przechodzącej przez środek rogówki i tęczówki, podchodzi nerw wzrokowy, przebija zewnętrzne błony oka i rozpościera się na powierzchni naczyniówki, wraz z innymi elementami nerwowymi tworząc siatkówkę, w której możemy rozróżnić szereg warstw: na wewnętrznej t. j. do środka oka zwróconej powierzchni siatkówki leży warstwa włókienek nerwu wzrokowego (fig. 67. 1—2) nad nimi t. j. bliżej powierzchni oka znajdujemy komórki nerwowe (fig. 67—3), potem idzie jeszcze szereg warstw innych; wreszcie spotykamy warstwę czopków i pręcików (fig. 67—9), a na samej powierzchni siatkówki widzimy warstwę barwnika (fig. 65—10). Przyjrzenie się temu bardzo schematycznemu rysunkowi uzmysłowi nam choć trochę złożoną budowę siatkówki.

Nie wszędzie jednak posiada ona budowę opisaną. To miejsce, gdzie wchodzi nerw wzrokowy, nie posiada innych warstw, prócz włókienek nerwowych, i nosi nazwę miejsca ślepego, gdyż jest na światło nie wrażliwe. Nieco na zewnątrz od miejsca ślepego leży t. zw. *plamka żółta* (macula lutea), gdzie znajdujemy tylko czopki — a pręcików brak. Wreszcie, w miarę zbliżania się do przedniej części oka, siatkówka traci elementy nerwowe zupełnie, wzamian za to znajdujemy utwory nabłonkowe i tkankolączne.

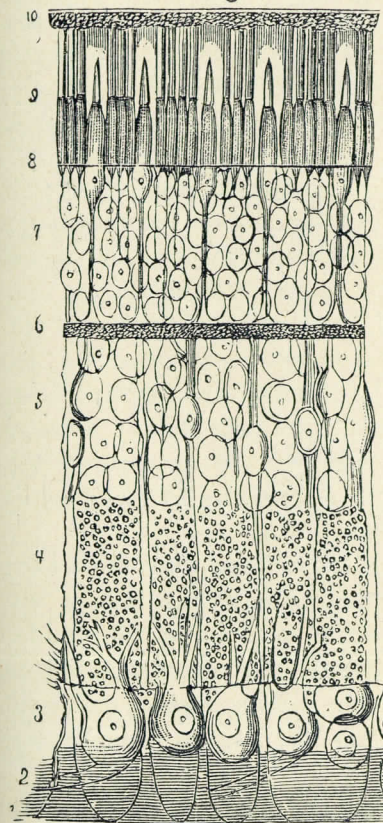


Fig. 67. Schemat budowy siatkówki.

Wreszcie tuż za tęczówką widzimy *soczewkę* (fig 66) (lens crystallina) ciało przezroczyste, przypominające swym kształtem soczewkę dwuwypukłą. Przednia płaszczyzna soczewki ocznej jest mniej wypukła od tylnej; promień pierwszej przy pełnym spoczynku oka wynosi 8.3 mm. a promień drugiej tylko 6 mm. Soczewka jest przywieszona do ciała rzęskowego z pomocą *obróżki Zinna* (zonula Zinni s. ciliaris), składającej się z włókienek promienisto ułożonych i zachodzących na przednią i tylną powierzchnię soczewki.

Gałka oczna leży w oczodole, otoczona wielką ilością tkanki tłuszczowej. Z pomiędzy narządów ściśle z okiem związanych (fig. 68) należy wymienić brwi — być może osłaniające oko od potu, padającego z czoła. Dalej idą powieki — dwie fałdy skórne, nasunięte na

oko od góry i dołu; pomiędzy nimi istnieje szpara oczna, po stronie zewnętrznej kończąca się kątem ostrym, a po stronie wewnętrznej (nosowej) zakończona rozszerzeniem, zw. *jeziorem łzowym* (lacus lacrymalis). Na wolnym brzegu powiek sterczą rzęsy. Te części powierzchni gałki ocznej oraz powiek, które ślizgają się jedne po drugich, okryte są *spojówką* (conjunctiva); na granicy jeziora łzowego spojówka tworzy *fałdę półksiężycową* (plica semilunaris), a z dna jeziora wznosi się wgórek, zwany *mięsko łzowe* (caruncula lacrymalis) (fig. 68). Nad kątem zewnętrznym oka leży gruczoł łzowy, wydzielający ciecz wodnistą, składającą się 99% wody, 0.8% soli, głównie kuchennej, 0.1% białka i 0.1% komórek nabłonkowych. Łzy ściekają do nosa przez otwory kanalików łzowych czyli

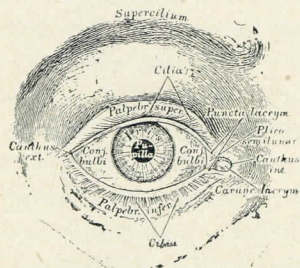


Fig. 68. Widok z powiekami i rzęsami.

punkty łzowe (puncta lacrymalia), umieszczone w kącie wewnętrznym oka; jeżeli zaś pod wpływem różnych stanów uczuciowych wydziela się ich zbyt wiele, mogą one wylewać się na twarz, nie znajdując dostatecznego odpływu. W normalnym biegu rzeczy łzy służą do zwilgocenia powierzchni oka.

Wreszcie jako bardzo ważny aparat pomocniczy oka trzeba wymienić sześć mięśni (fig. 69); z nich cztery (*mięśnie proste*—m. recti) przebiegają równolegle do osi oka: z wierzchu, z dołu i po bokach; a dwa *mięśnie skośne* (m. obliqui) leżą poprzecznie względem osi i mogą dokoła niej obracać gałkę oczną.

Czynności oka. Pod względem fizyologicznym oko daje się porównać do aparatu fotograficznego. Rogówka i soczewka grają rolę soczewki, czyli tak zwanego w aparacie fotograficznym obiektywu; tęczówka ze źrenicą, której wielkość jest zmienna, odpowiada diafragmie, przeznaczonej do zmniejszania lub zwiększania ilości promieni wpadających do oka czy też ciemni fotograficznej.

W dzień, przy silnem świetle, każdy człowiek ma źreni-

nieć mniejszą niż wieczorem (najlepiej to widać u kota); zresztą wystarczy nawet ręką zasłonić oko, a potem prędko je odsłonić, żeby widzieć, jak szybko kurczy się źrenica rozszerzona w ciemności.

Wreszcie, wrażliwa na światło siatkówka spełnia w oku zadanie podobne, jak klisza przy fotografii. Nie będziemy się tutaj wdawali w stronę fizyczną tego zagadnienia, jakim jest wytwarzanie się z pomocą obiektywu fotograficznego obrazów zmniejszonych i odwróconych. Rysunek (fig. 70) wyjaśni nam kwestyę w zarysach najogólniejszych.

Niech ABC będą trzy punkty przedmiotu, wysyłające wiązkę promieni, które po odpowiednim załamaniu w soczewce MN zbierają się znowuż w punktach abc. Z rysunku

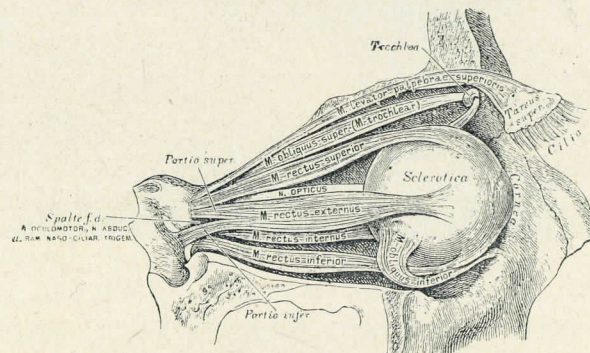


Fig. 69. Mięśnie oka.

widać, że obraz wyraźny otrzymamy tylko wtedy, jeżeli klisza, czy też siatkówka, będą leżały w płaszczyźnie abc, jeżeli znajdują się w płaszczyźnie pq lub rs, to obraz wyjdzie niewyraźny, zamazany, gdyż każdemu punktowi przedmiotu będzie odpowiadał nie punkt, lecz krążek. Jeżeli przedmiot ABC będzie się od soczewki oddalał, to obraz jego abc, będzie się do soczewki przybliżał i odwrotnie. Jeżeli wypukłość soczewki będzie się zwiększała (przypuszczamy, że materyał, użyty na soczewkę, nie ulega zmianie) to obraz przedmiotu do soczewki się przybliży, w razie zmniejszania wypukłości obraz się oddali. W każdym razie dla danej soczewki i da-

nej odległości przedmiotu obraz znajduje się w jednym miejscu. Skoro, pamiętając o tem wszystkim, pomyślimy o naszym widzeniu, to wystąpi zaraz pytanie, jakim sposobem widzimy równie wyraźnie przedmioty, znajdujące się w odległościach niejednakowych. Zdolność ta polega na tak zwanej *akomodacji*, czyli *przystosowywaniu oka*. Obwódka Zinna, składająca się z elastycznych, naciągniętych promienisto włókien wywiera stale silny ucisk na soczewkę, i spłaszcza ją dość znacznie. W oku normalnie zbudowanem stosunki są takie, że w stanie zupełnego spoczynku na siatkówce rysuje się

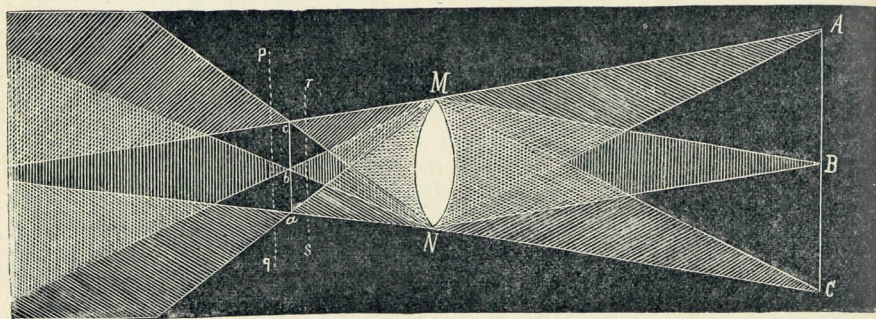


Fig. 70. Tworzenie się obrazów w soczewce dwuwypukłej. ABC trzy punkty przedmiotu, którym odpowiadają abc trzy punkty obrazu zmniejszonego i odwróconego. MN—soczewka.

wyraźnie obraz przedmiotów bardzo oddalonych. Jeżeli skierujemy wzrok na przedmiot bliższy, to kurczymy bezwiednie mięsień rzęskowy, przesuwamy ciało rzęskowe ku soczewce, przez to zmniejsza się napięcie obwódki Zinna, a soczewka dzięki swej elastyczności staje się więcej wypukła i rzuca ostry obraz przedmiotu na siatkówkę. Dla oglądania jednak zbyt bliskich przedmiotów akomodacja nie wystarcza t. j. soczewka nie może się stać dostatecznie wypukłą. To też przedmioty leżące bliżej niż 100–120 mm. od oka nie mogą być wyraźnie postrzegane. Nie trzeba jednak ze słów powyższych wyprowadzać wniosku, że wogóle najlepiej widzieć możemy przedmioty odległe. Fizyka uczy, że im prze-

dmiot będzie więcej oddalony, tem mniejszy otrzymamy jego obraz, i z trudem będziemy mogli go wyczuć a tembardziej rozróżnić jego szczegóły. Najlepiej dostrzegamy przedmioty niewielkie, np. druk, z odległości 250 mm.

Wszystkie uwagi powyższe stosowały się do oka normalnego. Istnieją jednak często oczy zbyt krótkie lub zbyt długie, innemi słowy takie, w których obraz przedmiotów oddalonych tworzy się za siatkówką (fig. 71) lub też przed nią. W przypadku pierwszym mówimy o dalekowzroczności i poprawiamy ją z pomocą umieszczonej przed okiem soczewki

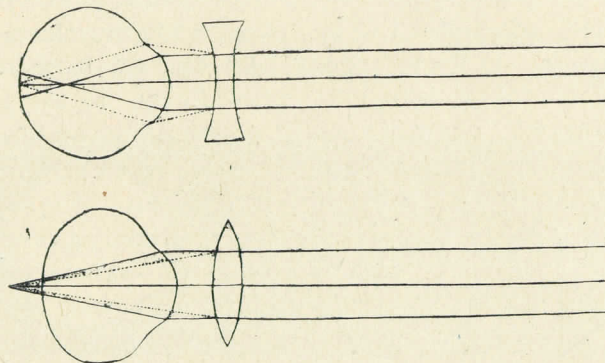


Fig 71. Górny rysunek przedstawia zarys oka krótkowzrocznego, dolny — oka dalekowzrocznego; przed pierwszym znajduje się szkło wklęsłe, przed drugim—wypukłe. Linie ciągłe przedstawiają bieg promieni w oku nieuzbrojonym, linie kropkowane zaś—kierunek tych promieni po przejściu przez szkło odpowiednie (na rysunku dolnym przez pomyłkę linie kropkowane przeciągnięto po za granicę oka, gdy tymczasem powinny się schodzić na tej właśnie granicy, podobnie jak w rysunku górnym.

wypukłej, która zagina promienie światła i sprowadza obraz na siatkówkę. Jeżeli zaś oko jest zbyt długie, to będzie ono krótkowzroczne; wtedy będziemy mogli widzieć wyraźnie przedmioty bliskie, gdyż obraz ich, leżąc dalej, padnie na siatkówkę, a dla dostrzegania przedmiotów dalekich musimy użyć soczewki wklęsłej, która rozchyli promienie, nadając im kierunek oznaczony na rysunku (fig. 71) u góry linią krop-

kowaną; po załamaniu w oku promienie spotkają się teraz na siatkówce, czyli wytworzą na niej obraz przedmiotu. Na starość zwykle akomodacja słabnie, zmniejsza się nawet zdolność załamывania światła w oku—a rezultatem tego jest znowuż, że obrazy przedmiotów bliskich tworzą się za siatkówką. To też starcy widzą dokładnie przedmioty dość oddalone, lub też, podobnie jak dalekowzroczni, muszą się posługiwać szklami wypukłymi. Zdarza się czasem, że zdolność załamывania światła w oku jest niejednakowa w różnych płaszczyznach; wtedy możemy naprzykład dobrze widzieć linie pionowe, a jednocześnie źle dostrzegamy poziome leżące w tej samej odległości i t. p. Taka wada wzroku zowie się *astygmatyzmem*. O ile te zmiany zdolności załamывania światła noszą charakter jako tako prawidłowy, to astygmatyzm można naprawić, używając szkieł odpowiednio oszlifowanych.

Widzieliśmy już, jak się tworzy obraz na siatkówce—teraz powstaje kwestya, jak on jest postrzegany. Przedewszystkiem wiemy obecnie, że wrażliwymi na światło są czopki i pręciki, stanowiące zewnętrzną warstwę siatkówki; to znaczy, że światło musi przejść przez całą grubość siatkówki, nim podzieliła na wrażliwą jej warstwę. Jako dowód przytoczyć można doświadczenie Mariotte'a; jeżeli zamkniemy oko prawe i lewem będziemy się przyglądali krzyżkowi na fig. 73 z odległości trzy razy większej, niż odległość od krzyżyka do jasnego krążka, to krążek ten zniknie zupełnie i będziemy widzieli tylko czarne pole. Odległość, z której patrzeć trzeba, łatwo znaleźć przybliżając i oddalając książkę z ryciną. Zjawisko tłumaczymy sobie w ten sposób, że chcąc jakiś przedmiot dobrze obejrzeć, przesuwamy okiem póty, póki obraz nie znajdzie się na tak zwauej plamce żółtej. Jeżeli obraz krzyżyka będzie się tam właśnie znajdował, to krążek biały w warunkach powyższych odrysuje się na miejscu ślepem siatkówki t. j. nie posiadającym czopków i pręcików i przestanie być widoczny. Ponieważ naczynia krwionośne siatkówki przebiegają po jej stronie wewnętrznej, więc muszą na warstwę czopków i pręcików rzucać cień, nie widoczny dla tego tylko, że jesteśmy doń zbyt przyzwyczajeni.

ni. Jeżeli jednak przy pierwszym otwarciu oczu ze snu wzrok swój skierujemy na jasną ścianę, to zobaczymy jakieś rozgałęzione nici—będzie to właśnie cień naczyń siatkówki, tak zwana figura Purkiniego. Można ją też zobaczyć w warunkach nieco więcej złożonych, ale za to dających się łatwiej odtworzyć; jeżeli mianowicie rzucimy silne światło z boku oka, to ono przejdzie przez białkóvkę i wytworzy cień naczyń krwionośnych na miejscu niezwykle, nie tam gdzie on pada przy oświetleniu przechodzącem przez źrenicę. Ponieważ do tego cienia nie jesteśmy przyzwyczajeni, więc go ujrzymy wyraźnie.

Czucia świetlne różnią się bądź to ilościowo, co nazywamy jasnością, bądź jakościowo, to jest barwą. Jasność

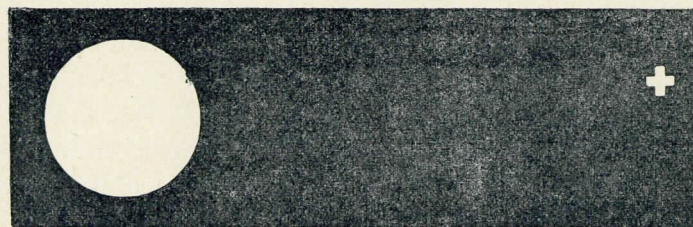


Fig. 73. Doświadczenia Mariotte'a.

waha się od barwy białej po przez szarą do czarnej i zależy od fizycznego natężenia światła, oraz od stopnia zmęczenia siatkówki; dzięki temu ostatniemu, wchodząc naprzykład do ciemnego pokoju nie widzimy w pierwszej chwili nic prawie, dopiero w miarę wypoczywania siatkówki zaczynamy rozróżniać otaczające nas przedmioty.

Stan podrażnienia siatkówki zależy także od czasu, w ciągu którego jest ona wystawiona na działanie podniety. Bardzo jasne, ale krótkotrwałe światło wywiera skutek słabszy, niż światło mniej jaskrawe, lecz dłużej trwające. Z drugiej strony, po zniknięciu podniety nie od razu znika stan podrażnienia siatkówki; to też jeżeli weźmiemy żarzący się wę-

giel, przywiesimy go na sznurku i zaczniemy szybko obracać, to ujrzymy jasne koło. Nim w jakimś miejscu siatkówki zniknie podrażnienie, wywołane przez powstający tam na chwilę obraz węgla, to on zdąży wykonać obrót i powrócić na dawne miejsce—w ten sposób powstaje wrażenie ciągłości. Na tej samej zasadzie zbudowany jest kinematograf, gdzie przed oczami szybko przesuwają się obrazy figurek w kolejnych stadyach ruchu i wywołują wrażenie przedmiotów rzeczywiście się ruszających.

Jakość czuć świetlnych bywa bardzo różna,—zależnie od długości fali światła. Promienie czerwone mają fale najdłuższe, promienie fioletowe—najkrótsze. Znałe z fizyki promienie poza czerwone i poza fioletowe nie wywołują na siatkówkę żadnego wrażenia. Z promieni widzialnych najsłabiej na siatkówkę działają czerwone, najsilniej żółte, a potem niebieskie. To też w odpowiednio przyciemnionym pokoju przedmioty czerwone wydają się nam czarne, a żółte i niebieskie pozwalają rozróżnić swą barwę. Mieszanina wszystkich barw, leżących między czerwienią i fioletem t. j. wszystkich barw tęczy, wywołuje wrażenie światła białego. Mieszanie barw może się odbywać jednocześnie t. j. możemy z pomocą odpowiednich przyrządów rzucić na jedno miejsce wszystkie barwy widma i mamy wtedy czucie białości; także same rezultaty otrzymamy przy mieszaniu następczem t. j. wtedy, kiedy wszystkie barwy prędko jedno po drugiej będą padały na siatkówkę. Bierzymy np. krążek białego papieru, dzielimy go na szereg wycinków, które malujemy kolejno barwami tęczy, a następnie patrzymy na ten krążek szybko go obracając; wyda się on nam wtedy białym, a właściwie szarym, gdyż nigdy nie osiągniemy dostatecznego stopnia jasności. Korzystamy tutaj z poprzednio opisanej własności siatkówki, polegającej na tem, że stan jej podrażnienia trwa jeszcze czas jakiś po zniknięciu podniety. Jeżeli więc promienie barwne padają prędko jeden po drugim, to rezultat jest prawie taki, jak przy padaniu ich jednoczesnem. Czucie białości można również wywołać przez zmieszanie dwóch barw, które wtedy nazywamy *barwami dopełniającemi*; barwa czerwona

na i zielona, żółta i fioletowa, pomarańczowa i niebieska stanowią właśnie takie dopełniające się pary. Mieszanina zaś barw innych daje barwę pośrednią, np. czerwona i żółta dają pomarańczową.

Kilka razy już wspominaliśmy, że po zniknięciu przedmiotu obraz jego widzimy jeszcze przez chwilę. Jeżeli jednak w przedmiot wpatrywaliśmy się długo i usilnie, to po jego zniknięciu zobaczymy obraz niejako odwrócony; miejsca jasne przedmiotu ujrzymy jako ciemne i odwrotnie. Ażeby takie odwrócone poobrazy zaobserwować wystarczy przez chwil parę uporczywie—nie poruszając okiem—przyglądać się choćby lampie, jasno oświetlonemu oknu i t. p. a następnie oczy zamknąć lub też przenieść wzrok na gładką jakąś powierzchnię. Jeżeli przedmiot był barwny, to poobraz jego wystąpi w barwie dopełniającej, a więc przedmiot zielony przedstawi się jako czerwony i t. d.

Wszystkie barwy dadzą się odtworzyć przez zmieszanie trzech barw, najłatwiej czerwonej, zielonej i fioletowej, zajmujących w widmie miejsca najbardziej od siebie oddalone. Stąd już jeden krok do uznania, że w siatkówce istnieją zakończenia nerwowe trojakie, wrażliwe właśnie na te barwy zasadnicze. Z chwilą, kiedy widzimy przedmiot barwy jakiegokolwiek innej, to podrażnione będą dwie lub nawet trzy kategorie tych zakończeń, w stopniu odpowiednim. Pogląd ten, zwany teorią Younga i Helmholtza, nie jest jedynie możliwy—ale nie będziemy się tu wdawali we wszystkie próby wytłumaczenia widzenia barwnego. Zdarzają się czasem przypadki, że zakończenia nerwowe jednej kategorii nie istnieją, czy też nie działają, wtedy oko nie jest w stanie rozróżniać pewnej kategorii barw—mamy tu do czynienia z częściową ślepotą barwną. Najczęściej znika zdolność rozróżniania barwy czerwonej—co zowiemy zwykle daltonizmem. Znałe są również przypadki całkowitej ślepoty barwnej t. j. braku zdolności rozróżniania barw wogóle, przy jednoczesnem zachowaniu wrażliwości na stopnie jasności. Według wszelkiego prawdopodobieństwa zakończenia nerwowe, wrażliwe na barwy, leżą w czopkach, a pręciki przeznaczone są do poznawania jasności.

Ruchy oczu i postrzeganie przedmiotów. Dzięki mięśniom, opisanym powyżej, możemy gałką oczną obracać dość znacznie we wszystkie strony i w ten sposób obejmować wzrokiem znaczną część leżącej przed nami przestrzeni. Jeżeli chcemy przyjrzeć się dokładnie jakiemuś przedmiotowi, to poruszamy okiem póty, póki obrazu nie sprowadzimy na żółtą plamkę, gdzie ostrość widzenia jest największa i gdzie najlepiej różniamy barwy.

Obraz padający na boczne części siatkówki wydaje się nam niewyraźny, zamazany, dzięki temu będąc w odpowiednim nastroju skłonni jesteśmy nadać mu kształty fantastyczne. Tu leżyć może nieraz przyczyna różnych złudzeń wzrokowych; każdemu chyba zdarzało się w stanie jakiegoś podniecenia postrzegać z boku przedmioty dziwne, które po skierowaniu tam oka, t. j. sprowadzeniu obrazu na plamkę żółtą, okazywały się czemś bardzo zwykłym. Jeżeli jednak ktoś wierzy zmysłom swym bezkrytycznie, to przypuszczać będzie, że tam coś było rzeczywiście, a potem zniknęło bez śladu.

Ruchy oka mają wielkie znaczenie dla oceny rzeczywistości położenia ciała; oddawna interesowało wszystkich pytanie, dlaczego widzimy przedmioty w położeniu normalnem, kiedy obraz ich na siatkówce jest odwrócony i zmniejszony. Zjawisko to w rzeczywistości tłumaczy się dość prosto; dziecko początkowo nie rozróżnia dokładnie przedmiotów i z trudem wielkim uczy się tego, pomagając sobie dotykiem. Wyobraźmy sobie, że na siatkówce dziecka powstaje odwrócony obraz przedmiotu pionowego; ażeby przedmiot ten ręką zbadać, musi dziecko poruszać nią od góry do dołu, w tym samym kierunku musi obracać gałkę oczną. W ten sposób z biegiem czasu dziecko nabiera doświadczenia co do tego, jakiemu rzeczywistemu położeniu przedmiotów odpowiadają obrazy siatkówkowe. Wreszcie doświadczenie to zakorzenia się w naszym umyśle tak głęboko, że nie możemy sobie wyobrazić przedmiotów inaczej, niż są w rzeczywistości.

Drugie pytanie podobne polega na tem, dlaczego widzimy przedmioty pojedynczo, chociaż odbijają się one w obu

oczach. Odpowiedź polega na stwierdzeniu faktu, że położenia obu oczu są ściśle jedno od drugiego zależne. Linie wzrokowe, t. j. kierunki promieni światła padających na plamkę żółtą, bądź leżą równolegle, jeżeli patrzymy w przestrzeń nieskończoną, bądź też przecinają się w tym punkcie, któremu się przyglądamy. Wobec tego na obu siatkówkach mamy odpowiadające sobie okolice, t. j. miejsca, na które zawsze padają obrazy jednego i tegoż samego punktu zewnątrz nas leżącego. Znowuż drogą doświadczenia dochodzimy do wniosku, że obrazy wytworzone w takich odpowiadających sobie miejscach siatkówki są odbiciem tego samego przedmiotu. Jeżeli jednak przesuniemy sztucznie, choćby z pomocą palca, jedną gałkę oczną, wtedy obrazy na siatkówkach nie będą już leżały w miejscach odpowiednich i ujrzymy wszystkie przedmioty podwójnie.

Ruchy oczu pozwalają nam również oceniać dokładnie odległość przedmiotów, co znowuż jest rezultatem długiego doświadczenia. Przedewszystkiem dla wyraźnego widzenia przedmiotu musimy odpowiednio ustawić akomodację oka, t. j. musimy zmienić napięcie mięśnia rzęskowego; ten stan napięcia czujemy, a z drugiej strony nieraz doświadczalnie się przekonaliśmy, np. mierząc odległość, starając się przedmiot dostać i t. d., że danemu stopniowi napięcia mięśnia rzęskowego odpowiada pewna określona odległość przedmiotu widzianego. Te dwa pojęcia łączą się w naszym umyśle tak ściśle, że odrazu występuje ocena odległości.

Jednakże na zasadzie tylko akomodacji nie możemy oceniać odległości dokładnie; jeżeli np. zamkniemy jedno oko, to przekonamy się, że wzajemne położenie przedmiotów poznajemy znacznie gorzej, a przecież akomodacja nie uległa zmianie. Spróbujmy nawlec na przykład igłę na nitkę, patrząc jednym tylko okiem, a zobaczymy, z jakim to nam przyjdzie trudem, jeżeli nie pomożemy sobie dotykiem lub nie ustawimy przedmiotów tak, żeby igła i koniec nitki leżały na osi wzrokowej. Dopiero używając obu oczu możemy trafnie zmierzyć odległość; wtedy do czucia mięśniowego akomodacji dołączają się jeszcze czucia mięśni poruszających gałki oczne

w ten sposób, żeby ich osie wzrokowe przecinały się na przedmiocie obserwowanym. Łatwo zrozumieć, że kąt wytworzony przez osie wzrokowe musi się zmieniać zależnie od odległości przedmiotu, przez co zmienia się napięcie mięśni poruszających oko. I tu znowuż przychodzi z pomocą doświadczenie, dzięki któremu wiemy, jaka odległość odpowiada jakiemu napięciu mięśni. Zdolność oceniania odległości może być bardzo wyćwiczona przez doświadczenie i obserwację, co staje się bardzo zrozumiałe po uwagach powyższych.

Dzięki patrzeniu dwoma oczami możemy rozróżniać wypukłości, t. j. widzieć ciała, a nie figury płaskie. Pochodzi to stąd, że w każdym oku widzimy przedmiot nieco z innej strony; takie dwa obrazy łączymy w umyśle naszym w jedną całość trójwymiarową. Prawdopodobnie doświadczenie gra tutaj rolę taką samą, jak przy ocenianiu odległości. Na tej samej zasadzie zbudowany jest powszechnie znany przyrząd zwany stereoskopem, który polega na tem, że dwie fotografie jednego przedmiotu, odpowiadające obrazom wytworzonym w lewym i prawym oku, z pomocą zwierciadeł lub pryzmatów rzucamy jednocześnie na odpowiadające sobie okolice siatkówki i wywołujemy wrażenie przedmiotu wypukłego.

Złudzenie wzrokowe. Ponieważ proces widzenia jest w znacznej mierze rezultatem doświadczenia, więc dość łatwo powstają złudzenia wzrokowe, o ile tylko warunki w danym przypadku będą zmienione tak, że nie będą się zgadzały z poprzednio czynionymi obserwacjami. Tutaj należy wspomnieć wyżej rozdawanie przedmiotów przy naciśnięciu jednej gałki ocznej.

Dziedzina tych złudzeń wzrokowych jest bardzo wielka i dotychczas mało zbadana. Do takich niezupełnie wytłumaczonych jeszcze złudzeń zaliczamy znany wszystkim fakt, że słońce i księżyc nad horyzontem wydają się znacznie większe, niż wtedy, kiedy świecą wyżej na niebie. Dalej wszystkie odległości, wypełnione przedmiotami, uważamy za większe od tych, gdzie niema żadnych przedmiotów. Jeżeli na prostej weźmiemy trzy punkty a , b , c , tak żeby odległość ab równą była

odległości bc i następnie między a i b oznaczmy szereg punktów, to długość odcinka ab wyda się nam znacznie większą od długości bc . Jeżeli kwadrat przetniemy szeregiem linii prostych, równoległych do jednego z boków, to kwadrat zrobi na nas wrażenie prostokąta, wydłużonego w kierunku prostopadłym do przecinających go linii. Te różne zjawiska znajdują szerokie zastosowanie choćby w sztuce krawieckiej, gdzie odpowiednie ustawienie pasków na materyale może wywoływać pożądane złudzenie.

Układ nerwowy.

Uwagi ogólne. Trojakiego rodzaju czynności ma spełniać układ nerwowy człowieka; przede wszystkim otrzymuje on za pośrednictwem organów zmysłów różne wrażenia ze świata zewnętrznego, następnie przerabia te wrażenia, kombinuje z innymi otrzymanymi jednocześnie lub poprzednio i wreszcie wywołuje procesy, które są odpowiedzią organizmu na podniety zewnętrzne.

Wobec czynności powyższych układ nerwowy daje się podzielić na część *centralną* czyli *ośrodkową*, gdzie właśnie przerabiane i kojarzone bywają różne wrażenia, gdzie powstają również impulsy do reakcyi zwierzęcia na podniety, — i na część *obwodową* czyli *periferyczną*, która bądź to doprowadza wrażenia do układu centralnego, bądź też przewodzi wychodzące stamtąd podniety do odpowiednich części ciała. Układ nerwowy ośrodkowy człowieka (fig. 74) składa się z *mózgowia* (encephalon) umieszczonego w czaszce i *rdzenia pancerzowego* (medulla spinalis) zajmującego kanał we wnętrzu kręgosłupa; układ obwodowy składa się z nerwów, rozgałęzionych we wszystkich zakątkach organizmu. Można by układ ośrodkowy porównać do centralnej stacyi telefonicznej, a wtedy nerwy będą grały rolę drutów-przewodników.

Prócz powyżej opisanego układu mózgo-rdzeniowego istnieje

jeszcze u człowieka *układ t. zw. współczulny* czyli *sympatyczny*, zawiadujący głównie sprawami odżywiania.

Elementy składające układ nerwowy są to *komórki zwojo-*

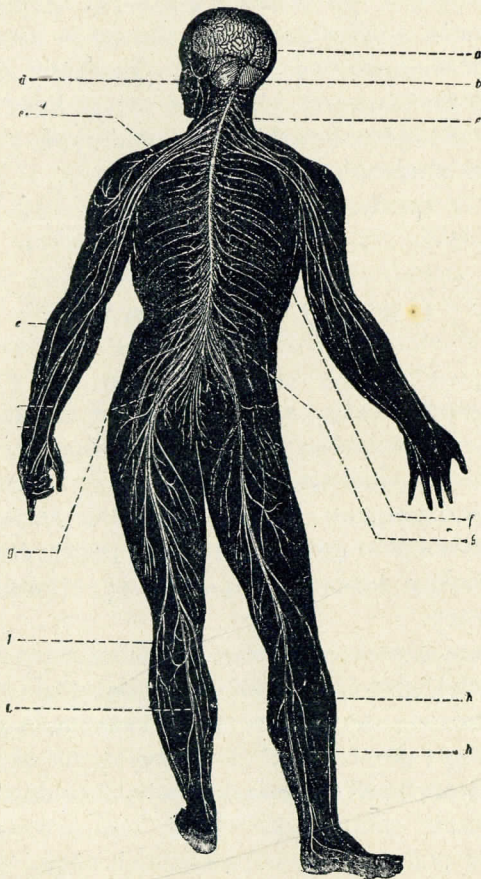


Fig. 74. Układ nerwowy człowieka. W czaszce widać mózgowie, wzdłuż kręgosłupa rdzeń pacierzowy, od którego na wszystkie strony rozchodzą się nerwy obwodowe.

we i włókna nerwowe; prócz tego do spajania tych specyficznie nerwowych utworów istnieje swoista tkanka łączna t. zw. *neuroglia*. Obecnie wiemy, że włókna i komórki nerwowe nie

różnią się zasadniczo; każda bowiem komórka niesie na sobie szereg wyrostków, które podzielić można na dwie kategorie — jedne z nich, krótkie, rozgałęziające się nadzwyczaj obficie noszą nazwę *wyrostków protoplazmatycznych*, *drzewiastych* czyli *dendrytów*. Po za tem istnieje jeden długi, mało rozgałęziający się wyrostek *neuryt*, czyli *wyrostek osiowy* (fig. 75, 76). Komórkę zwojową wraz ze wszystkimi wyrostkami zwykle zowiemy *neuronem*. Z badań najnowszych wynika, że przez cały

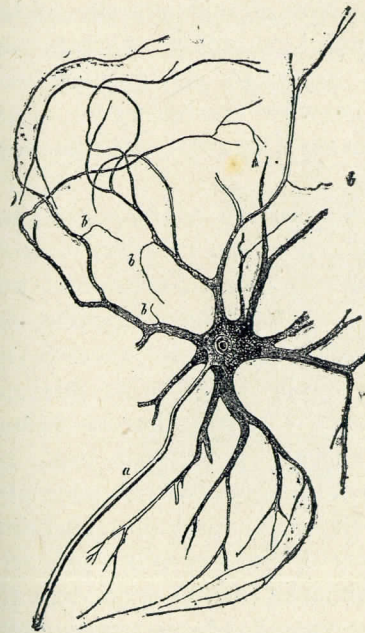


Fig. 75. Komórka nerwowa: *a* — neuryt, *b* — dendryty.

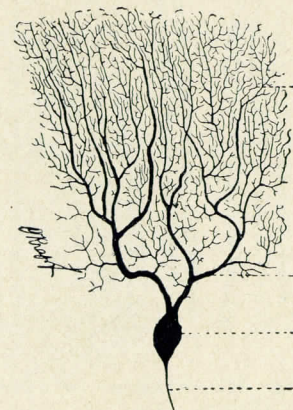


Fig. 76. Neuron; u góry dendryty, u dołu początek neurytu.

neuron przebiegają nader cienkie włókienka, które prawdopodobnie przenoszą wszystkie impulsy nerwowe.

Komórki zwojowe i wyrostki protoplazmatyczne leżą zawsze w układzie nerwowym centralnym, ściślej mówiąc, tworzą w nim skupienia, zwane *substancją szarą*; reszta zaś układu centralnego, tak zwana *substancją białą*, oraz nerwy obwodowe zawierają tylko neuryty. Każdy z wyrostków osiowych

wkrótce po wyjściu z komórki zwojowej odziewa się szeregiem powłoczek i tworzy w ten sposób włókno nerwowe. Neuryt zajmuje środkową jego część i nosi nazwę *włókna osiowego*; dokoła niego widzimy warstwę substancji mającej charakter tłuszczowy i zwanej *powłóczką myelinową*, którą z zewnątrz otacza cienka, delikatna *powłoczka Schwanna*, czyli *neurilemma*. Składa się ona z komórek, to też znaleźć w niej można jądra (fig. 77).

Czynności nerwów obwodowych. Nim przejdziemy do dokładniejszego opisu budowy i czynności układów centralnych, musimy zapoznać się z właściwościami nerwów obwodowych, składających się z szeregu włókien nerwowych.

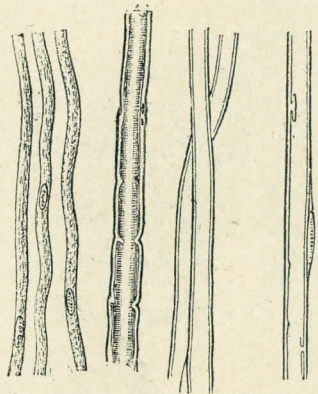


Fig. 77. Włókna nerwowe w powiększeniu; po stronie lewej widać jądra powłoczki Schwanna.

go włókien jest całością zamkniętą w sobie. W zwykłym biegu rzeczy każde włókienko nerwowe otrzymuje podniety z jednego tylko końca; bądź to pochodzą one z obwodu, z organu zmysłowego, i przenoszone są do układu centralnego, bądź też stosunki panują wprost odwrotne i stan podrażnienia zaczyna się w ośrodku nerwowym. Pierwsza kategoria nerwów nosi nazwę *czuciowych* czyli *dośrodkowych*, drugą zaś zwiemy *ruchowymi* czyli *odśrodkowymi*. W rozdziale traktującym o mięśniach wspomnieliśmy już, że nerwy mogą w sposób sztuczny być podrażnione w każdym miejscu, czyli są wszędzie pobu-

dliwe. Najczęściej drażnimy nerwy z pomocą cewki indukcyjnej wyobrażonej na fig. 78, której opis można znaleźć w każdym podręczniku fizyki i dla tego bliżej nad jej budową zastanawiać się nie będziemy. Jeżeli włókno nerwowe jest gdziekolwiek podrażnione, to stan ten rozchodzi się w obie strony, bez względu na to, czy mamy do czynienia z włóknem czuciowym czy ruchowym. Prędkość rozchodzenia się podrażnień w nerwie nie jest tak wielka, gdyż wynosi około 30 m. na sekundę, podczas gdy głos naprzykład posiada szybkość 340 metrów na sekundę w temperaturze pokojowej.

Rozpatrując czynności mięśni poznaliśmy się tam ze zja-

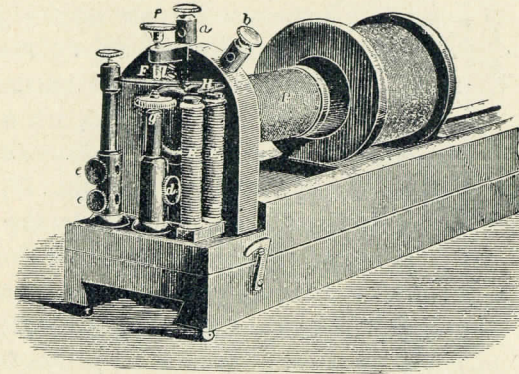


Fig. 78. Cewka indukcyjna.

wiskiem zmęczenia; wydawaćby się mogło rzeczą niewątpliwą, że spotkamy się z czemś podobnym i w nerwach—tymczasem dotychczas nie udało się zauważyć w nerwie normalnym obwodowym nic takiego, co by napewno dowodziło zmęczenia. Pamiętać jednak należy, że dotyczy to tylko nerwów obwodowych; ośrodki i zakończenia nerwowe męczą się bardzo łatwo.

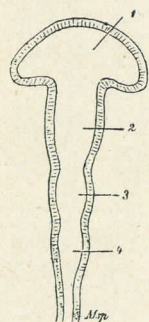
Nie można jednak stąd zbyt pochopnie wysnuwać wniosku, że nerw jest to tylko martwy przewodnik; wiemy obecnie, że nerw oddycha, t. j. do funkcyonowania swego potrzebuje tlenu, wiemy dalej, że będąc odcięty od organu centralnego obumiera i już po czterech dniach (u zwierząt ciepłokrwistych)

traci swą pobudliwość. Ten proces obumierania nerwów odciętych można sobie tłumaczyć w ten sposób, że włókna osiowe są to przecież części komórki-neuronu, a z całego szeregu doświadczeń wiemy, że po przecięciu sztucznym jakiegokolwiek komórki ta część jej, która nie posiada jądra, skazana jest na śmierć prędką.

Podczas przechodzenia podniety przez nerw odbywają się w nim zjawiska elektryczne, ale w opis ich nie będziemy się tutaj wdawali.

Budowa układu nerwowego centralnego. Zarówno pod względem budowy, jak i czynności układ centralny jest najbardziej skomplikowaną częścią organizmu ludzkiego. Chcąc jasno zrozumieć położenie różnych części mózgowia i rdzenia musimy zwrócić się do rozwoju zarodka; na grzbietowej stronie bardzo wczesnie powstaje rurka, zwaną rurką nerwową, która w przedniej swej części tworzy trzy pęcherze mózgowe. Wkrótce potem (fig. 79) na pęcherzu przednim z boków wyrastają wzgórki, z których następnie wytworzy się siatkówka oka i nerw wzrokowy, reszta zaś przedniego pęcherza z pomocą obrączkowego wgłębienia dzieli się na dwa pęcherze, a jednocześnie trzeci pierwotny pęcherz mózgowy dzieli się również na dwa. Ostatecznie przeto w przednim końcu rurki nerwowej mamy pięć pęcherzykowatych zgrubień; z nich tworzy się mózgowie w ten sposób, że światło kanału daje początek układowi komórek mózgu, a ścianki tworzą masę mózgową. Z części rurki tylnej, nierozszerzonej powstaje rdzeń pacierzowy, którego budowę i czynności teraz poznać musimy.

Fig. 79. Przedni koniec rurki nerwowej. Pęcherz przedni z boków wytwarza oczy.



W postaci ostatecznej jest to słup nerwowy (fig. 80) umieszczony we wnętrzu kanału kręgosłupa i rozpoczynający się na wysokości kręgu szczytowego, a w dół sięgający do pierwszego kręgu lędźwiowego. Tutaj zwęża się on stożkowato i przechodzi wreszcie w ciekłą nić końcową (filum terminale), która biegnie ku dołowi aż do drugiego kręgu kości krzyżo-

wej; po drodze znikają w niej wszystkie elementy nerwowe i ostatecznie jest to sznur tkankolączny. Rdzeń pacierzowy przez całą długość na powierzchni swej przedniej i tylnej ma dwie bruzdy (fig. 82), które go dzielą na dwie połowy symetryczne — prawą i lewą — połączone tylko wązkim przesmykiem. Wreszcie przez środek rdzenia przechodzi kanał środkowy, będący resztką światła pierwotnej rurki nerwowej i wypełniony cieczą mózgo-rdzeniową.

Z prawego i lewego boku rdzenia pacierzowego odchodzi 31 para nerwów, które przez odpowiednie otwory międzykręgowych wydostają się na zewnątrz kręgosłupa. Każdy nerw zaczyna się dwoma korzonkami — przednim i tylnym; ostatni z nich ma na sobie zgrubienie, zwane *zwojem międzykręgowym* (ganglion spinale). Substancja szara rdzenia pacierzowego umieszczona jest w jego wnętrzu, tworząc jakby literę H, z brzo-gami zagiętymi ku zewnątrz. Rozróżniamy zwykle tutaj rogi przednie, szersze, i rogi tylne — węższe (fig. 81).

Dla zrozumienia bliższych szczegółów wewnętrznej budowy rdzenia musimy zwrócić się

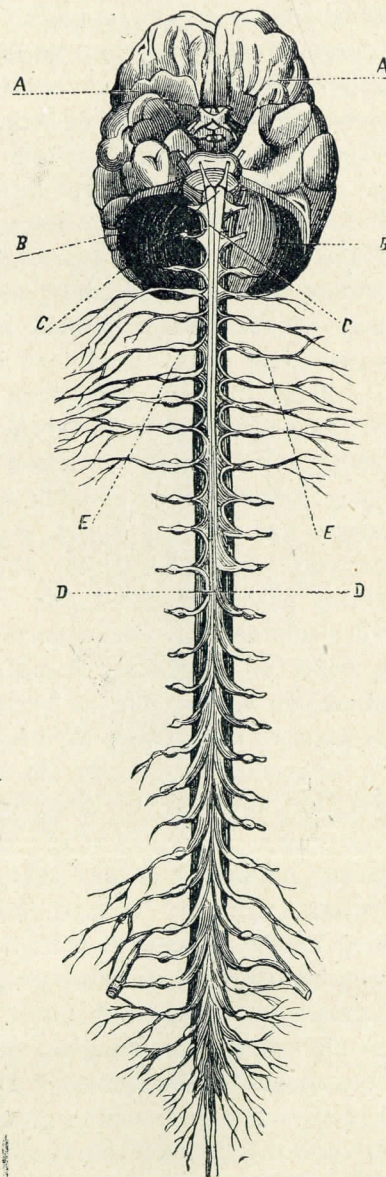


Fig. 80. Układ mózgo-rdzeniowy. Widać nerwy wychodzące z rdzenia pacierzowego.

do zbadania jego czynności. W tym celu trzeba koniecznie zniszczyć wpływ innych części układu mózgo rdzeniowego, co najlepiej zrobić można, całkowicie je usunawszy. W tym celu ostrymi nożyczkami przecinamy rdzeń pacierzowy tuż przy górnej jego granicy, albo też, dla uniknięcia krwotoku, poprostu go w tym miejscu szczypcami rozgniatamy.

Operacja ta na żabie udaje się bardzo łatwo i zwierzę można długo utrzymać przy życiu; w zastosowaniu do organizmów wyższych, ciepłokrwistych, spotykamy trudności znacznie większe, które jednak przezwyciężyć można, a rezultaty wszędzie będą zasadniczo identyczne.

Jeżeli żabę z przeciętym (nie zgniecionym) rdzeniem będziemy obserwowali, to robi ona na nas wrażenie martwej: kończyny wyciągnięte, ruchów dowolnych brak zupełny. Spróbujmy jednak którąkolwiek łapę ukuć, uszczypać, zmoczyć słabym kwasem lub wogóle podrażnić w jakibądź sposób, a zobaczymy, że żaba łapkę skurczy, uniesie. Jeżeli podnieta działać przestanie, to łapka opadnie i żaba zapadnie w martwość poprzednią. Doświadczenie to można powtórzyć dowolną ilość razy zawsze z jednakowym skutkiem. Takie zawsze jednakowe ruchy, będące odpowiedzią organizmu na podniety zewnętrzne nazywamy *odruchami*.

Zwróćmy się teraz do zbadania stosunków anatomicznych, umożliwiających odruchy. Przedewszystkiem, czy rdzeń pacierzowy gra tutaj rolę? Odpowiedź nie jest trudna—wystarczy zniszczyć rdzeń, wkładając drucik do kręgosłupa, a wszystkie odruchy znikną raz na zawsze. Rozumujemy teraz dalej: między rdzeniem a łapką istnieje połączenie tylko z pomocą jednego nerwu, zwanego *kulszowym* (n. ischiadicus) on przeto musi przy odruchach łapki grać rolę zasadniczą. Ale zjawia się zaraz pytanie, czy oba jego korzonki są pod względem czynności identyczne. Dla rozstrzygnięcia tej kwestii bierzemy żywą normalną żabę i przecinamy korzonek tylny prawego na przykład nerwu kulszowego. Zachowanie się tej żaby pozornie żadnej nie ulegnie zmianie, ale spróbujmy kłuć, szczypać, nawet krajać na kawałki prawą tylną łapę—a zobaczymy, że żaba siedzi spokojnie, wcale się nie interesując lo-

sami swej kończyny. Odwrotnie, jeżeli przetniemy korzonek przedni, to żaba łapą odpowiednią poruszać wcale nie będzie mogła, ale zachowa zdolność czucia wszelkich podniety na tę łapę skierowanych. Mówimy zwykle, że korzonki tylne są czuciowe, że po nich biegną podniety do układu centralnego, a korzonki przednie są ruchowe, po nich idą impulsy do mięśni. Fig. 81 lepiej jeszcze ilustruje mechanizm powstawania odruchów. Widzimy tutaj powierzchnię skóry, od której biegnie włókienko nerwowe, będące wyrostkiem komórki zwojowej, przypominającej trochę literę T i umieszczonej w zwoju międzykrę-

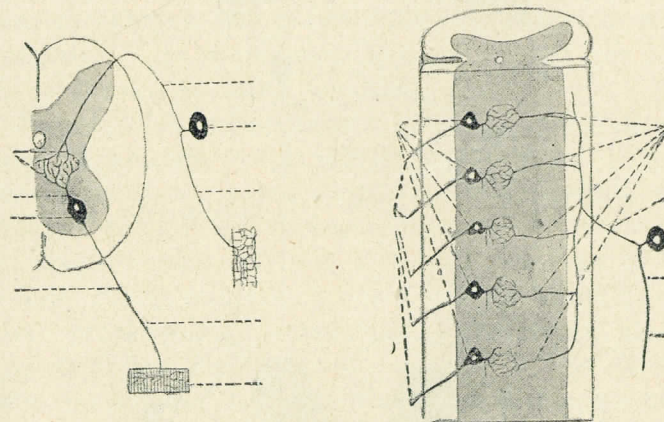


Fig. 81. Połączenia neuronów w rdzeniu pacierzowym; po stronie lewej połączenia w jednej płaszczyźnie poziomej, przyczem strona górna odpowiada tylnej. Po stronie prawej połączenie jednego neuronu czuciowego z szeregiem neuronów ruchowych umieszczonych w rdzeniu na różnej wysokości.

gowym. Od tej komórki włókienko biegnie dalej ku rdzeniowi, przebija substancję białą, wchodzi do rogu tylnego substancji szarej, i rozgałęzia się drzewiasto w bezpośrednim zetknięciu z wyrostkami komórki zwojowej rogów przednich. Po tem włókienku od skóry biegną podniety, przeskakują do komórki rogów przednich, wywołują w niej podrażnienie, które po jej neurycie, wchodzącym w skład korzonków przednich, biegnie z powrotem do mięśni łapki—i wprawia je w skurcz. W ten sposób powstaje najprostszy odruch; zdarza

się jednak często, że podnieta działająca na łapkę, wywoła ruchy innej części ciała. Tłumaczymy to sobie zwykle w ten sposób, że neuron czuciowy połączony jest z różnymi neuronami ruchowymi, tylko podniety do jednych z nich trafiają łatwiej, a do innych trudniej. Na fig. 81 widzimy schemacik, pokazujący nam jak włókno czuciowe w rdzeniu pacierzowym

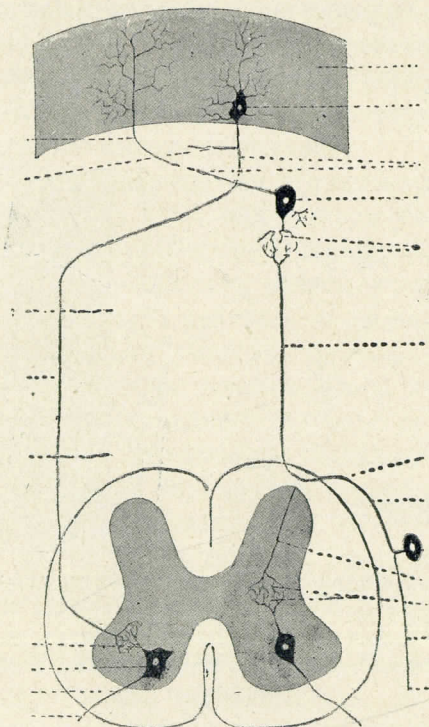


Fig. 82. Połączenie neuronów rdzenia z neuronami kory mózgowej. U dołu przekrój rdzenia, u góry schemat kory mózgowej.

się rozgałęzia i dochodzi do szeregu neuronów ruchowych. Dla bliższego rozpatrzenia czynności rdzenia obserwujemy żaby z rdzeniem nie przeciętym, ale zgniecionym w sposób opisany powyżej. Zobaczymy, że żaba siedzi w ten sam sposób jak normalna, w odpowiedzi na podniety skacze normalnie, tylko nie wykonywa wcale ruchów dowolnych. Innymi słowy, odruchy mające swe siedlisko w rdzeniu pacierzowym wystar-

czają zupełnie dla najprostszych i najkonieczniejszych przejawów życia. Rdzeń jednak powinien być zupełnie zdrowy; w przypadku opisanym poprzednio t. j. po przecięciu rdzenia, nie działał on zupełnie sprawnie dzięki krwotokowi i przez to żaba nie mogła już siedzieć normalnie. Wogóle, znaczenie fizyologiczne układu nerwowego centralnego polega na umożliwieniu mniej lub więcej złożonych odruchów, z których każdy ma piętno celowości i służy bądź do obrony zwierzęcia, bądź pomaga do spełniania różnych funkcji biologicznych. Droga, po której przebiegają zjawiska wywołujące odruch, tak zwany łuk odruchowy, jest bardzo łatwa do zbadania w rdzeniu pacierzowym, ale w innych częściach mózgu nie będziemy mogli jej z taką jasnością wykazać.

Wszystkie nerwy organizmu ludzkiego, z wyjątkiem tych, co się rozgałęziają w przedniej części głowy i niektórych wnętrznosciach, wychodzą z rdzenia pacierzowego, a jednak wrażenia z całej skóry dochodzą do mózgowia i wywołują czucia; z drugiej strony akty woli, związane również z mózgowiem, wywołują ruchy wszystkich części ciała. Rdzeń pacierzowy nie jest przeto jedynie ośrodkiem odruchowym, ale również stacją pośrednią na drodze do mózgu. Na fig. 82 widzimy właśnie, jak neuron czuciowy wchodząc do rdzenia posyła jednocześnie wyrostek w górę do mózgu; widzimy również, jak od komórki kory mózgowej odchodzi włókno nerwowe, udaje się do rogów przednich rdzenia, i przynosi impulsy woli do neuronów ruchowych.

Budowa i czynności mózgowia. Spróbujmy przedewszystkiem zorientować się w konfiguracji ogólnej mózgowia; w tym celu przyjrzyjmy się mu przedewszystkiem od strony dolnej, jak to przedstawia fig. 83. Widzimy tutaj przedewszystkiem *rdzeń przedłużony* (medulla oblongata), oznaczony literami VM i będący dalszym ciągiem rdzenia pacierzowego. Przed nim leży tak zwany *most Varolla* (fig. 83 Br), a po bokach widzimy półkule *mózdzku* (cerebellum), którego część środkowa zwana *robakiem* (vermis) pokryta jest rdzeniem. Przed mostem Varolla widzimy skośnie w bok skierowane *odnogi mózgu* (pedunculi cerebri) (fig. 83 Hs), a przed nimi krzyżujący się szlak

nerwu wzrokowego (fig. 83 II); jeszcze dalej ku przodowi leżą nerwy węchowe (fig. 83. RK). Wreszcie z boków widzimy *półkule mózgowe* (hemisphaerae cerebri), największą część mózgu ludzkiego, które wyraźniej jeszcze wystąpią, jeżeli mózgowie będziemy oglądali z boku (fig. 84); tutaj wogóle widać tylko półkule mózgowe, czyli mózg wielki a pod nimi z tyłu półkule mózdzku. Chcąc poznać budowę wewnętrzną, musi-

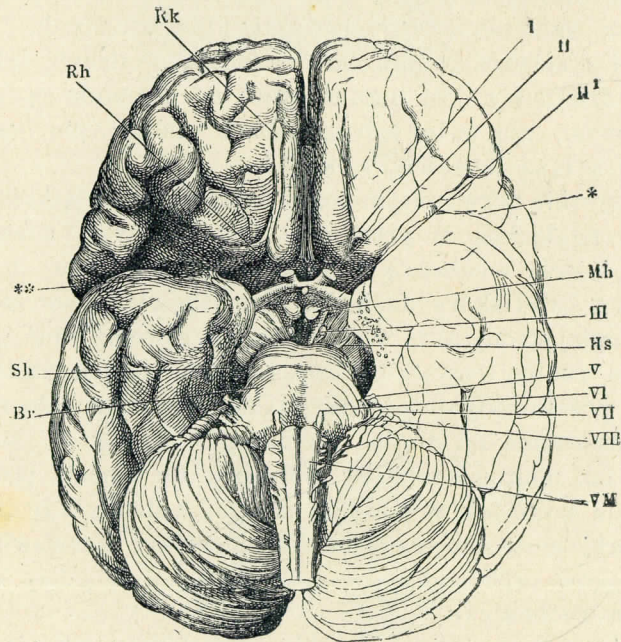


Fig. 83. Mózgowie widziane z dołu. VM—rdzeń przedłużony, Br—most Varolla, Hs—odnogi mózgu. Liczbami rzymskimi oznaczone są kolejno odchodzące od mózgu nerwy mózgowe.

my przyjrzeć się przekrojowi mózgu (fig. 85); dzielącemu go na dwie połowy identyczne. Widzimy tutaj boczną wewnętrzną ściankę prawej półkuli i *spoidło wielkie* (corpus callosum) (fig. 85 Ce) łączące obie półkule; dalej, idąc od tylnej dolnej części ku przodowi, znajdujemy znany nam już rdzeń przedłu-

żony (medulla oblongata (fig. 85 Mo) i przed nim most Varolla (fig. 85 P); ku tyłowi od rdzenia widzimy mózdzek, a z przodu

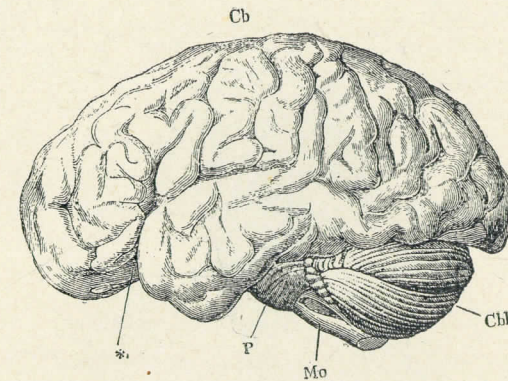


Fig. 84. Mózgowie z boku widziane. Cb—półkula mózgowa pokryta zwojami, P—most Varolla. Mo—rdzeń przedłużony, Chl—mózdzek.

—skrzyżowanie nerwów wzrokowych (fig. 85 C—ch) i *przysadkę mózgową* (hypophysis) (fig. 85 H) spoczywającą na siodle turec-

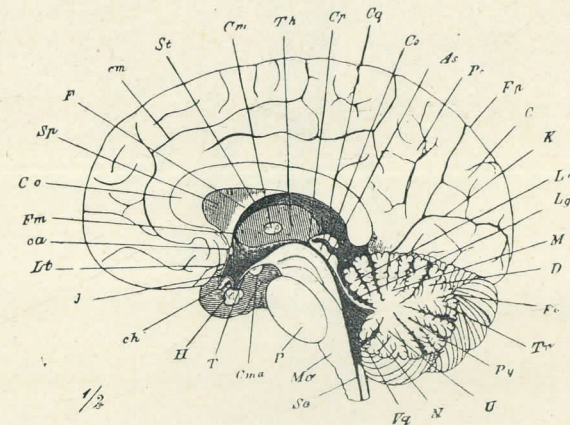


Fig. 85. Przekrój mózgu w płaszczyźnie symetrii. Mo—rdzeń przedłużony, Sc—kanał centralny, P—most Varolla, Vq—jamka rombowa, As—wodociąg Sylwiusza, Cq—wzgórki czworacze, H—przysadka mózgowa, Th—wzgórek wzrokowy, FM—otwory Monrogo, Cch—skrzyżowanie nerwów wzrokowych, Ce—spoidło wielkie.

kiem kości klinowej. W dolnej części rdzenia przedłużonego znajdujemy kanał środkowy (fig. 86 Sc), idący od rdzenia pa-

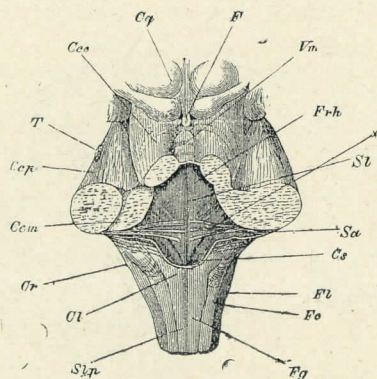


Fig. 86. Rdzeń przedłużony od tyłu po usunięciu mózdzku.

cierzowego; po wejściu do przedłużonego, rozszerza się on zaraz, tworząc tak zwaną *jamkę romboidową* czyli *komorę czwartą*

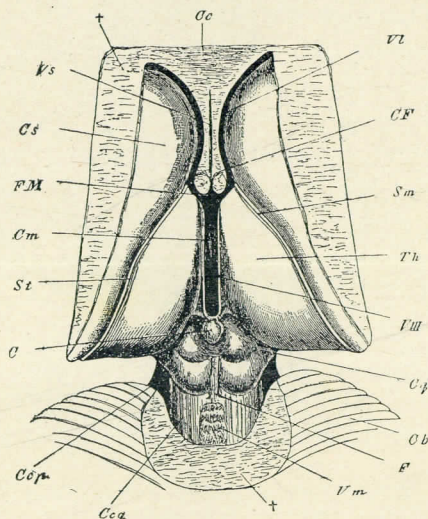


Fig. 87. Trzecia komora i części otaczające. Cq—wzgórki czworacze, FM—otwory Monroego, Th—wzgórki wzrokowe, V III—trzecia komora (fossa rhomboidalis), z wierzchu przykrytą bardzo cienką błoną (fig. 85 Vq i 86). Kanał, tworzący jamkę romboidową, potem

zwęża się znowu i przechodzi w tak zwany *wodociąg Sylwiusza* (aquaeductus Sylvii) (fig. 85 As); na jego ścianie górnej leżą *wzgórki czworacze* (corpora quadrigemina) (fig. 85 Cq), które lepiej jeszcze widać z góry na fig. 87 Cq. Przed wzgórkami leży gruczoł szyszakowy (glandula pinealis) (fig. 87 C); tutaj kończy się wodociąg, a dalej ku przodowi znajdujemy znacznie głębszą *trzecią komorę* (fig. 87 V III); po bokach widzimy *wzgórki wzrokowe* (thalami optici) (fig. 87 Th). W ścianach trzeciej komory leżą dwa małe *otwory Monroego* (foramina Monroi) (fig.

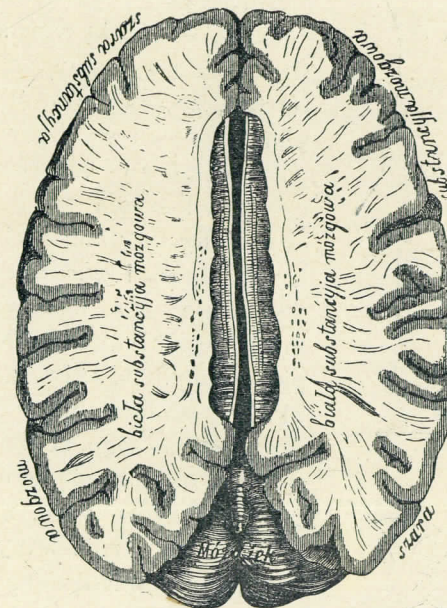


Fig. 88. Mózgowie w przekroju poziomym, widać białą i szarą substancję.

87 FM), prowadzące do pierwszej i drugiej komory, położonych we wnętrzu półkul mózgowych.

Powierzchnia półkul mózgowia i mózdzku pokryta jest rozmaicie pozwijanymi *zawojami* (gyri), które rozdzielone są *brózdami* (sulci); z pomiędzy brózd tych największa jest brózd Sylwiusza, oznaczona na figurze 83 dwiema gwiazdkami. Substancja szara leży na powierzchni półkul, tworząc również

wyściółkę bruzd—co widać najlepiej na przekroju poziomym półkul mózgowych (fig. 88).

Od mózgu odchodzi 12 par nerwów. Pierwszą z nich, licząc od przodu, stanowi *nerw węchowy* (n. olfactorius), który zaczyna się jako wyrostek przedniej części mózgu (fig. 83 Rb Rk), a dalej w postaci cienkich nitek przechodzi przez blaszkę

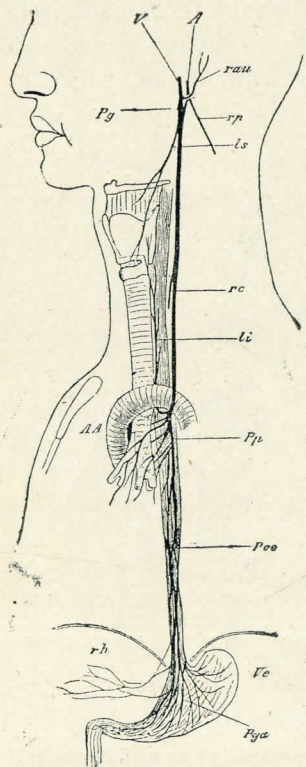


Fig. 89. Przebieg nerwu błędnego.

sitową i rozgałęzia się w nosie. Drugą parę tworzą *nerwy wzrokowe*, (n. opticus) wychodzące od wzgórków czworaczych i wzrokowych i przenoszące wrażenia wzrokowe. Zaraz po wyjściu krzyżują się one (fig. 83. II) tak, że lewe oko otrzymuje włókna nerwowe wychodzące z prawej połowy mózgu i odwrotnie. Trzecia, czwarta i szоста para są to *nerw okoruchowy* (oculomotorius), *bloczkowy* (trochlearis) i *odwodzący* (abducens); wszystkie one wprawiają w ruch mięśnie gałki ocznej. *Nerw trójdzielny* (trigeminus), największy z nerwów głowy, stanowi parę piątą; nazwę otrzymał od tego, że dzieli się na trzy gałęzie, udające się do szczęki dolnej, górnej i czoła wraz z okiem i nosem. *Nerw trójdzielny* ma włókna czuciowe, rozgałęzione w całej przedniej części głowy, oraz ruchowe, wywołujące wydzielanie łez i skurcze mięśni używanych do żucia. Siódma para—*nerw twarzowy* (facialis) wy-

wołuje ruchy mięśni warunkujących mimikę twarzy. Ósma—*nerw słuchowy* (acusticus). Dziewiąta para—*nerw językogardzielowy* (glossopharyngeus), mający włókna ruchowe i czuciowe, rozgałęziony w języku, gardzieli, podniebieniu. *Nerw błędny* (vagus) rozgałęziony we wnętrzościach: żołądka, sercu, płucach, krtani i t. d., tworzy parę dziesiątą; rysunek (fig. 89)

daje pojęcie o przebiegu nerwu błędnego. Wreszcie dwie ostatnie pary stanowią *nerw dodatkowy* (accessorius) i *podjęzykowy* (hypoglossus) poruszające niektóre mięśnie szyi i języka. Miejsca mózgu, z których wychodzą nerwy mózgowie, można zobaczyć na rysunku fig. 83.

Czynności mózgowia. Dwie istnieją metody pozwalające nam badać czynności mózgowia: jedna z nich polega na tem, że usuwamy sztucznie, wycinamy poprostu pewne jego okolice i obserwujemy następnie zachowanie się zwierzęcia; jeżeli tylko uda nam się zauważyć brak pewnych czynności, to stawiamy wniosek, że usunięta okolica mózgowa zarządzała temi właśnie czynnościami, że była ich *ośrodkiem*. Druga metoda polega na drażnieniu, najczęściej z pomocą prądu elektrycznego—pewnych okolic mózgu i obserwowaniu ruchów przez to wywołanych. Obie te metody nie dadzą się zastosować do człowieka i tutaj musimy korzystać z różnych przypadków chorobowych, które zniszczyć mogą jakąś część mózgu. Obserwacje nad zachowaniem się takiego człowieka za życia, w związku z tem, co znajdzie się przy sekcji pośmiertnej, dają nam wyniki czasami bardzo cenne.

Części wewnętrzne mózgowia nawet i u zwierząt mało są naszemu badaniu dostępne, to też o ich czynnościach wiemy bardzo niewiele, i opieramy się we wnioskowaniu głównie na stosunkach anatomicznych. Tylko o czynnościach półkul mózgowych, mózdzku i rdzenia przedłużonego możemy powiedzieć coś więcej określonego. Przedewszystkiem zatrzymamy się na czynnościach półkul, które występują w szeregu kręgowców stosunkowo bardzo późno, a u człowieka stanowią największą i najważniejszą część mózgu. Dzięki ich rozwojowi stosunek wagi mózgowia do powierzchni całego ciała jest u człowieka większy niż u wszystkich innych zwierząt, co wykazuje tabela następująca:

mężczyzna . . .	87.44
kobieta . . .	86.56
małpy różne. . .	43—14
słoń	22

gryzonie . . .	12—5
ptaki	17—3

Nawet u różnych ras ludzkich wielkość mózgu jest do pewnego stopnia zależna od stopnia ich inteligencji; przeciętna waga mózgu Europejczyka ($\frac{7}{8}$ wagi stanowią półkule) jest cokolwiek niższa od 1400 g. podczas gdy mózg australczyka—waży zaledwie 1250 g. Zdarza się często, że ludzie obdarzeni inteligencją wyjątkową posiadają też nadzwyczaj ciężki mózg; waga mózgu Cuviera wynosiła 1861 g., Helmholtza 1540 g. i t. d. Jednakże wielkość mózgowia nie jest jedynym czynnikiem decydującym o inteligencji, gdyż znamy ludzi bardzo wybitnych, których mózgi ważyły nawet mniej od normy.

Równolegle z coraz silniejszym rozwojem wielkiego mózgu występuje coraz wyraźniej jego znaczenie. Jeżeli żabę pozbawić półkul mózgowych, to początkowo ruchy dowolne znikną, ale po upływie pewnego czasu, kiedy przejdzie wstrząśnienie wywołane operacją, żaba nie będzie się na pozór niczem różniła od normalnej. Jeżeli zaś uszkodzić i wzgórki wzrokowe, to żaba utraci zupełnie ruchy dowolne i siedzieć będzie stale na jednym miejscu, tylko pod wpływem bezpośrednich podnieć wykonywając ruchy. Jeżeli teraz zwrócimy uwagę na zwierzęta ssące, to zobaczymy tam zaraz wielką różnicę pomiędzy zwierzęciem pozbawionem półkul, a normalnem. U psa naprzykład po usunięciu wielkiego mózgu nie będziemy mogli zauważyć nic takiego, co by wskazywało na rozum, pamięć, zastanowienie się i inteligencją, ale pozatem wszystkie czynności niższe będą zachowane. Zwierzę chodzi, posiada wszystkie czucia zmysłowe (z wyjątkiem węchu, gdyż podczas usuwania półkul trzeba koniecznie przeciąć nerwy węchowe), ale nie poznaje osób, nie zna swego imienia, nie umie sobie poszukać pokarmu i t. d.

Jakkolwiek nie mamy, rozumie się, podobnych doświadczeń i obserwacji robionych nad człowiekiem, to jednak można z ogromnem prawdopodobieństwem twierdzić, że i u człowieka półkule mózgowe są siedliskiem inteligencji, woli i innych najbardziej złożonych czynności psychicznych.

Obecnie zachodzi kwestya, czy półkule mózgowe grają tę rolę jako całość, czy też dadzą się na nich wyodrębnić okolice, zawiadujące pewnemi ściśle określonymi czynnościami. Spór o to ciągnął się bardzo długo, ale ostatecznie zakończył się zwycięstwem teorii lokalizacyi, głoszącej, że na korze wielkiego mózgu są okolice, zawiadujące określonymi czynnościami.

Przedewszystkiem okazało się, że drażniąc elektrycznie korę mózgową w okolicy, odpowiadającej mniej więcej środkowej części mózgu (fig. 90) można otrzymać ruchy ściśle określonych mięśni strony przeciwnej—inne słowy, półkula lewa rządzi prawą połową ciała i odwrotnie. Skurcze mięśni w ten sposób wywołane nie mają charakteru drgań, ale podobne są do ruchów naturalnych, uporządkowanych. Wycięcie tych części mózgu wywołuje paraliż odpowiedniej okolicy ciała; co prawda paraliż ten po pewnym czasie znika, gdyż według wszelkiego prawdopodobieństwa inne, sąsiednie części mózgu dzielą między siebie czynności utraconego ośrodka. Ta okolica kory mózgowej nosi nazwę czucio-ruchowej, czyli psychomotorycznej; stąd wychodzą impulsy do ruchów dowolnych.

Na powierzchni kory mózgowej mamy również zlokalizowane czucia zmysłowe (fig. 90); ściśle jednak oznaczenie tych miejsc połączone jest z trudnościami znacznie większemi, niż zbadanie miejsc czucioruchowych, gdyż nie możemy posługiwać się metodą drażnienia, i musimy zadowolnić się przypadkami patologicznymi u człowieka i wycinaniem pewnych okolic u zwierząt. Okazuje się, że tylna część półkul mózgowych ma związek ze zmysłem wzroku, płat skroniowy jest okolicą słuchową, wreszcie czucia mięśniowe, dotykowe i t. p. są zlokalizowane w tym samym miejscu, które zawiaduje ruchami odpowiednich części ciała. O umiejscowieniu zmysłu smaku i powonienia wiemy dotychczas mało.

Pamiętać jednak należy, że ani okolica ruchowa kory mózgowej nie jest miejscem jedynem, gdzie mogą powstawać impulsy ruchów, ani też zniszczenie okolicy czuciowej kory nie jest jednoznaczne ze zniszczeniem danego zmysłu. Wszak pies pozbawiony zupełnie półkul mózgowych porusza się swobodnie, chodząc unika przeszkód, a więc je widzi; zniszczenie

okolicy wzrokowej wywołuje tylko ślepotę duchową: zanik pamięci wzrokowej, wyobrażeń wzrokowych, pies widzi, ale

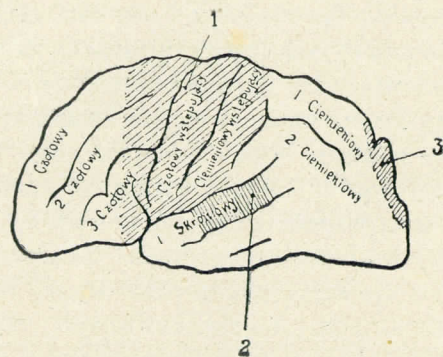


Fig. 90. Powierzchnia zewnętrzna półkuli.
1—ośrodek psycho-dotykowy.
2—ośrodek psycho-słuchowy.
3—ośrodek psycho-wzrokowy.

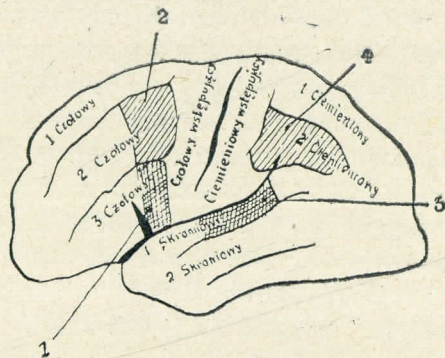


Fig. 91. 1—ośrodek pamięci artykulowania wyrazów (uszkodzenie—afazja ruchowa).
2—ośrodek graficzny wyrazów (uszkodzenie—agrafia).
3—ośrodek pamięci wzrokowej (uszkodzenie — ślepota słów).
4—ośrodek pamięci słuchowej (uszkodzenie — głuchota słów).
5—ośrodek pamięci słuchowej (uszkodzenie — głuchota słów).

nie rozumie znaczenie przedmiotów, zachowuje się tak, jakby je widział po raz pierwszy w życiu. Toż samo można zastosować i do innych zmysłów.

Okolice czuciowe i ruchowe nie zajmują jednak całej powierzchni kory mózgowej; prócz nich istnieją, zdaje się, okolice asocjacyjne t. j. okolice, które służą jedynie sprawom wyższych czynności psychicznych.

Wreszcie wspomnieć trzeba, że u człowieka udało się wykryć ośrodek mowy oraz czynności pokrewnych t. j. czytania i pisania. (Fig. 91). Jeżeli mianowicie dzięki procesom chorobowym zniszczona będzie okolica, leżąca bezpośrednio przed bruzdą Sylwiusza, to zniknie zdolność mówienia, przy jednoczesnym słyszeniu i rozumieniu mowy (afazja ruchowa); zniszczenie zaś okolicy leżącej nieco ku tyłowi od bruzdy Sylwiusza, w płacie skroniowym, pociąga za sobą zanik rozumienia mowy, przyczem zdolność mówienia początkowo przynajmniej może być zachowana.

Z tego krótkiego rysu zjawisk odbywających się w układzie nerwowym centralnym możemy sobie wytworzyć pewien schemat ogólny jego działania. Zjawiskiem najprostszym będzie odruch, uskuteczniany przez rdzeń pacierzowy. W przypadku nieco bardziej złożonym podnieta może się wzniesić do wyższych części mózgowia, skojarzyć się tam z wrażeniami przychodzącymi z innych dróg nerwowych, i wtedy dopiero powstanie impuls do jakiegoś szeregu ruchów, do jakiejś reakcji organizmu. Wreszcie podnieta dochodzi do kory mózgowej, kojarzy się tutaj nie tylko z różnymi wrażeniami współczesnymi, ale z całym zapasem doświadczenia poprzedniego i za pośrednictwem okolicy psychomotorycznej wraca do mięśni; jednocześnie w jakiś dla nas zupełnie niezrozumiały sposób przyłączają się zjawiska psychiczne i akt woli.

Zjawiska przeto odruchu najprostszego dla fizjologa nie różnią się jakościowo od reakcji dowolnych, te ostatnie są to tylko bardzo złożone odruchy, zespolone ze zjawiskiem psychicznym.

Nic przeto dziwnego, że odruch prosty odbywa się znac-

nie prędzej od aktu reakcyi dowolnej; wogóle zresztą zjawiska te bardzo są zależne od osobnika, rodzaju podniety, okolicy ciała i t. d. Mniej więcej jednak odruch u człowieka odbywa się w czasie od 0.02 sec. do 0.04 sec. Reakcyja dowolna odbywa się znacznie wolniej; badamy ją zwykle w ten sposób, że osobnikowi pewnemu każemy wykonać jakiś ruch z chwilą, gdy poczuje umówiony sygnał, bądź świetlny, bądź dotykowy, słuchowy i t. d. Dla bodźców wzrokowych czas reakcyi wynosi około 0.2 sec., a dla słuchowych trochę mniej, gdyż mniej więcej 0.15 sec., w każdym razie nieomal dziesięć razy tyle, co czas odruchu zwykłego.

Czynności mózdzku są obecnie mniej jeszcze zrozumiałe niż czynności mózgu wielkiego. Dotyczą one w każdym razie sfery ruchów zwierzęcych. Po wycięciu mózdzku zwierzę początkowo jest bardzo wyprężone, aż wygięte w tył; ruchy i stanie są uniemożliwione. Po upływie jednak pewnego czasu zwierzę zaczyna chodzić, co prawda bardzo niezgrabnie; ten brak pewności ruchów, osłabienie mięśni i łatwość męczenia się pozostaje już na zawsze. Nie ulega przeto wątpliwości, że mózdzek zawiaduje sprawnością ruchów — ale szczegóły tej jego działalności nie są nam zupełnie znane.

Sen. Czynności psychiczne mózgu od czasu do czasu są przerywane przez sen. Zmęczenie umysłowe i fizyczne przyspiesza sen, ale wola, a szczególnie podniety zmysłowe mogą przeszkadzać zasypianiu. Z drugiej strony, brak wrażeń zmysłowych może w każdej porze dnia spowodować sen. Znany jest przypadek następujący: chory był pozbawiony zmysłów skórných i po jednej stronie był ślepy i głuchy; jeżeli mu zakryto drugie oko i zatknięto ucho, to chory zaraz zapadał w sen. Budzenie ze snu wywołane jest również przez podniety zmysłowe. Przed zaśnięciem istnieje krótkotrwały stan przejściowy, podczas którego postrzegania zmysłowe stają się niejasne i łatwo powstają złudzenia czyli halucynacje. Podczas snu odruchy odbywają się prawidłowo; człowiek usuwa połaskotaną kończynę, zmienia położenie niewygodne i t. d. Procesy psychiczne albo znikają całkowicie, albo też w śnie niegłębokim przyjmują przebieg swoisty i stają się widzeniami senne-

mi. Często bardzo przyczyną bywa jakaś podnieta np. ucisk, odślonięcie części ciała i t. d.

Głębokość snu można mierzyć natężeniem podniety, koniecznej do obudzenia. W ten sposób okazuje się, że zaraz po zaśnięciu sen staje coraz głębszy, aż do końca drugiej godziny, potem znowu słabnie; mniej więcej w pięć godzin po zaśnięciu przypada drugie maximum głębokości, ale znacznie mniejsze od pierwszego, następnie sen coraz słabnie i wreszcie następuje przebudzenie. Teorii snu t. j. wytłumaczenia tych zjawisk dotychczas nie mamy.

Układ sympatyczny składa się z dwóch pni nerwowych, przebiegających po brzusznej stronie kręgosłupa; w pewnych odstępach na obu pniach znajdujemy zgrubienia czyli zwoje (fig. 92) połączone ze sobą spoidłami. Od zwojów rozcho-
dzą się nerwy, udające się bądź to do sąsiednich nerwów mózgo-rdzeniowych, bądź do naczyń krwionośnych, wnętrzości i t. d. Układ sympatyczny posiada dość znaczną samodzielność — czyli mało jest zależny od układu mózgo-rdzeniowego; zawiaduje on głównie skurczami mięśni gładkich.

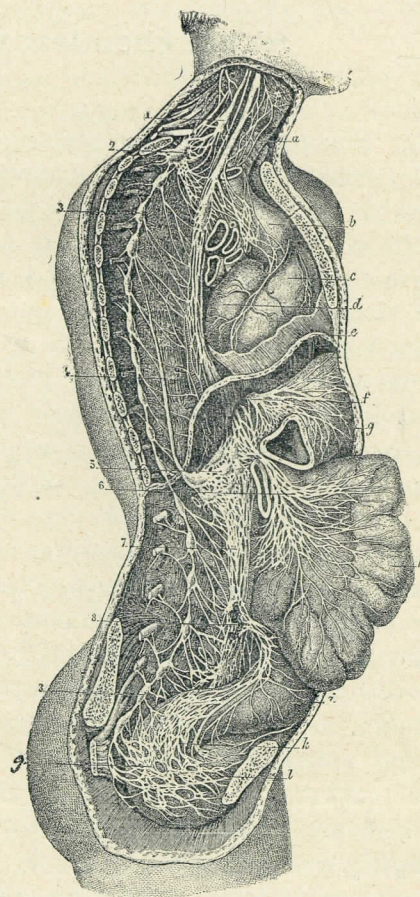


Fig. 92. Widok ogólny układu nerwowego sympatycznego. 1, 2, 3... oznaczają zwoje sympatyczne.

Skład chemiczny organizmu.

Nim przejdziemy do bliższego zapoznawania się ze sprawami i zjawiskami wymiany materii, musimy przedewszystkiem poznać te ciała, z których zbudowany jest organizm. Najważniejsze z pomiędzy nich są *białka*, których najwięcej znanym przedstawicielem będzie białko jaja kurzego. Białka są to ciała w wodzie rozpuszczalne (białko jaja kurzego jest takim właśnie roztworem), o ile woda nie zawiera w roztworze zbyt wiele soli, gdyż wtedy białko przestaje się rozpuszczać. Jeżeli więc weźmiemy roztwór białka i dodamy doń dużo soli, to białko straci się czyli osiadzie w postaci kłaczkowatego osadu; proces ten zwiemy *wysalaniem*. Otrzymany w ten sposób osad białka w wodzie czystej rozpuszcza się z powrotem. Druga bardzo charakterystyczna własność białka jest to *ścinianie się* pod wpływem wysokiej temperatury. Wszyscy wiemy, że białko jaja kurzego ogrzane do kilkudziesięciu stopni zamienia się na galaretę, której potem już w żaden sposób rozpuścić nie można. Wreszcie wymienię jeszcze jedną własność białek, mianowicie stan *koloidalny*. Jeżeli do naczynia szklanego, związanego od dołu szczelnie pęcherzem, nalejemy nieco roztworu soli kuchennej, cukru, lub czegoś podobnego i wstawimy naczynie do innego obszerniejszego, wypełnionego czystą wodą, to zobaczymy, że sól i cukier przez ów pęcherz przechodzić będą, i wkrótce znajdziemy je w wodzie wypełniającej naczynie większe. Zjawisko to nosi nazwę *dializy*. Ciała koloidalne—a więc i białko, przez takie błony nie przechodzą. Co się tyczy składu chemicznego, to białko zawiera w sobie węgiel, tlen, azot, wodór, siarkę, a niektóre ciała białkowe zawierają w sobie i fosfor. Wszystkie żywe części organizmu, wszystkie komórki składają się z różnego gatunku białek, dotychczas nieraz jeszcze bardzo mało zbadanych. Z pomiędzy więcej znanych ciał białkowych, prócz białka jaja kurzego, wymienić można *sernik*, znajdujący się w mleku i two-

rzący kłaczkowaty osad podczas zsiadania się mleka; dalej tu należy znana wszystkim *żelatyna* i wiele innych ciał, z którymi jeszcze w następstwie się spotykać będziemy.

Prócz białek w organizmie człowieka ważną bardzo rolę grają tłuszcze—ciała nierozpuszczalne w wodzie, a rozpuszczające się w alkoholu i eterze. Niektóre tłuszcze w temperaturze pokojowej są w stanie stałym, inne zaś, tak zwane oleje, już wtedy tworzą ciecze. Pod względem chemicznym tłuszcze składają się tylko z węgla, tlenu i wodoru. Pod wpływem ługów tłuszcze *zmydlają się*, czyli rozkładają na glicerynę i sole kwasów tłuszczowych, tak zwane mydła.

Trzecią kategorię związków spotykanych w organizmach stanowią tak zwane *węglowodany*, do których należą wszystkie cukry, jak gronowy, mleczny, trzcinowy czyli buraczany oraz ciało zwane glikogeną; jest to koloid, w wodzie rozpuszczalny pozbawiony smaku i spotykany we wszystkich żywych komórkach.

Prócz tych składników najważniejszych, w organizmach spotykamy różne sole oraz kilkadziesiąt procent wody.

Krew i jej własności.

Uwagi ogólne. Krew jest to ciecz czerwona, lepka, obdarzona zapachem bardzo charakterystycznym. W organizmie człowieka i wogóle wszystkich kręgowców krew znajduje się zawsze wewnątrz nadzwyczaj rozgałęzionego układu rur, zwanych naczyniami; dzięki działalności serca krew w naczyniach znajduje się w ruchu ustawicznym, wędruje z jednej części organizmu do drugiej i roznosi po wszystkich jego zakątkach różne, do życia niezbędne substancje: tlen, wchłonięte pokarmy i t. d. Jednocześnie krew zabiera tworzące się wszędzie związki szkodliwe dla życia człowieka i znosi je do miejsc, gdzie mogą być z organizmu usunięte.

Własności krwi. Krew nawet w cienkich bardzo warstwach

jest zupełnie nie przezroczysta, gdyż zawiera w sobie nadzwyczaj wiele drobnych ciałek, tak zwanych *ciałek krwi*, zawieszonych w jasno żółtej cieczy, noszącej nazwę *osocza*. Ciałka krwi możemy z łatwością obserwować przy pomocy mikroskopu i dadzą się one wtedy podzielić na kilka kategorii, z których ważniejsze są ciała czerwone i ciała białe czyli leukocyty.

Ciała czerwone u człowieka są to krążki we środku nieco wpuklone, z profilu przeto posiadające kształt biskopka (fig. 93). Średnica ich wynosi około 0,007 mm., a w jednym milimetrze sześciennym krwi znajdujemy ciałek około 5,000 000. Ciała czerwone człowieka i wszystkich ssaków nie posiadają jądra, czyli nie są to typowe komórki; u wszystkich innych

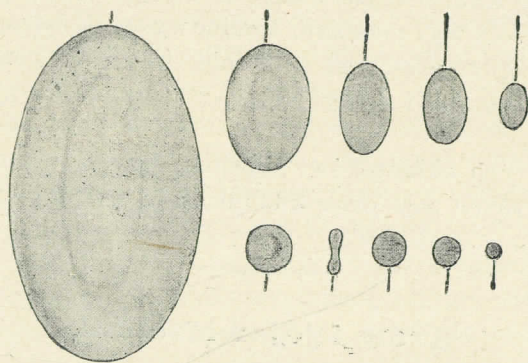


Fig. 93. Ciała krwi. Największe należy do odmienia, potem idą w szeregu górnym zaba, jaszczurka, wróbel, wielbłąd; w dolnym pierwsze dwa należą do człowieka—pierwsze widziane z powierzchni, drugie—z profilu, potem idą ciała koszatki, kozy i piżmowca.

zwierząt ciała krwi zawierają jądro i są znacznie większe niż u ssących. Rysunek fig. 93 uzmysławia nam stosunki pomiędzy wielkością ciałek krwi u różnych grup zwierzęcych. Ciała czerwone krwi ciągle się rozpadają; proces ten odbywa się głównie w wątrobie i śledzionie, nowe zaś krwinki tworzą się w szpiku kostnym.

Z pomiędzy ciał składających ciało czerwone najważniejszy jest barwnik czerwony, noszący nazwę *hemoglobiny*. Jest

to ciało, należące do białek, spokrewnione z wieloma barwnikami spotykanymi u zwierząt w żółci, moczu i t. d., a nawet z zielonym chlorofilem roślinnym. Hemoglobina łączy się nader łatwo z tlenem, tworząc tak zwaną *oksyhemoglobinę*, która ma barwę od hemoglobiny jaśniejszą; oksyhemoglobina może istnieć tylko wtedy, jeżeli w sąsiedztwie znajduje się tlen bądź w stanie gazu, bądź rozpuszczony w cieczy. Jeżeli tego tlenu zabraknie, to oksyhemoglobina rozkłada się, tworząc ciemniejszą hemoglobinę i wydzielając tlen. Dzięki tej własności hemoglobina może służyć za roznosiciela tlenu po całym organizmie. W organach oddechowych ciała czerwone krwi stykają się z tlenem powietrza, ich hemoglobina zamienia się na oksyhemoglobinę i krew przybiera barwę jasno czerwoną; następnie ta krew udaje się do innych części organizmu, gdzie tlenu brak, i oksyhemoglobina znowuż rozpada się na hemoglobinę i tlen, który skwapliwie jest pochłaniany przez otaczające organy.

Obecność hemoglobiny we krwi umożliwia, właściwie mówiąc, roznoszenie tlenu i zaopatrywanie weń wszystkich części ciała. Prawda, że tlen rozpuszcza się we krwi tak, jak w wodzie, ale ilość w ten sposób przenoszona byłaby nadzwyczaj mała i nie starczyłaby na potrzeby organizmu. Dla przykładu przytoczę, że 100 cm³ krwi pochłania z powietrza około 20 cm³ tlenu, podczas gdy zaledwie 0,7 cm³ mogłoby się tam poprostu rozpuścić.

Hemoglobina łączy się nie tylko z tlenem, ale i z wieloma innymi ciałami; dla nas tutaj najciekawszy i najważniejszy będzie związek hemoglobiny z tlenkiem węgla, inaczej zwanym czadem, który powstaje podczas spalania węgla przy małym dostępie powietrza (np. w zamkniętym piecyku żelaznym), znajduje się w gazie oświetlającym i t. d. Hemoglobina połączywszy się z owym tlenkiem węgla traci zdolność wiązania tlenu powietrza i człowiek wtedy dusi się po prostu. Dzięki temu powstają dość częste wypadki zaczadzenia, zatrucia gazem oświetlającym i t. d.

Prócz ciałek czerwonych we krwi znajdujemy jeszcze ciała białe czyli leukocyty (fig. 94); ilość ich znacznie jest mniejsza

niż ciałek czerwonych,—w naczyniach krwionośnych, leżących na powierzchni ciała, wypada zwykle jeden leukocyt na 350—600 ciałek czerwonych. Ciałka białe są to typowe komórki, zawierające jądro i obdarzone zdolnością ruchu pełzającego czyli amebowatego t. j. przelewają się one niejako z miejsca na miejsce jak znane z zoologii ameby czyli pełzaki. Białe ciała krwi mogą po przez ścianki naczyń krwionośnych wypelzać i wędrować po całym nieraz organizmie.

Znaczenie ciałek białych polega w znacznej mierze na tem, że oczyszczają one organizm z różnych ciał obcych; jeżeli naprzykład we krwi znajdują się jakieś bakterye, to ciała białe mogą je poprostu pochłaniać, oblewając swoją zarodnią na podobieństwo ameby i trawiąc następnie w swem wnętrzu, co zwykle zowiemy *fagocytozą*. Niekiedy ciała białe mogą w ten sposób niszczyć te części organizmu, które stają się zby-

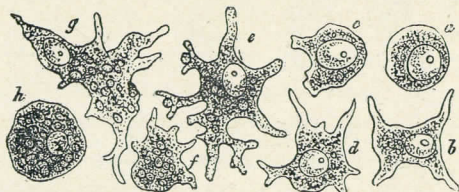


Fig 94. Białe ciała krwi.

teczne dla jakichbądź powodów; klasycznym przykładem tego zjawiska może służyć ogon u żaby, pożerany całkowicie przez leukocyty podczas przemiany kijanki w żabę dojrzałą.

Własności osocza. Jeżeli krew po wylaniu z organizmu zaraz ochłodzić do zera i pozostawić czas jakiś w spokoju, to wszystkie ciała osiada na dnie naczynia, a nad niemi ustoi się warstwa jasno żółtej cieczy, noszącej nazwę *osocza*. Jeżeli ciecz tę ostrożnie zlejemy, to możemy bliżej zbadać jej własności. Przedewszystkiem przekonamy się, że osocze w temperaturze pokojowej krzepnie, czyli zastyga w galaretowatą masę. Spróbujmy tę galaretę wyjąć, a otrzymamy z jednej strony nierozpuszczalne włókniste ciało zwane *włóknikiem* czyli *fibryną*, oraz ciecz zupełnie wyglądem swym przypominającą

osocze i zwaną *surowicą* krwi. Podobnie jak osocze, krzepnie i krew, co bardzo łatwo widzieć można choćby na skaleczonym i krwawiącym palcu. Krew ścięta po pewnym czasie samodzielnie rozdziela się na czerwony skrzep, zawierający włóknik i wszystkie ciała, oraz na jasną ciecz—*surowicę*. Znaczenie krzepnięcia krwi jest bardzo ważne, gdyż w ten sposób zatykają się wszystkie wypadkowo przerwane naczynia tamują się krwotoki.

Sam proces krzepnięcia krwi jest nadzwyczaj złożony i dotychczas szczegółowo nie zbadany. W głównych zarysach przebieg jego przedstawia się w sposób następujący: ciała białe krwi zetknawszy się z ciałem obcem (np. ze ściankami naczyń, do którego wlewamy krew) ulegają rozpadowi; w ten sposób dostaje się do osocza ciało poprzednio zawarte w leukocytach i zwane *trombokinazą*. Pod jej wpływem, w obecności soli wapniowych powstaje w osoczu inny jeszcze związek zwany *fermentem włóknikotwórczym*; ostatecznie zjawisko z całego cyklu polega na tem, że istniejące w osoczu ciało białkowe, zwane *ciałem włóknikorodnem*, pod wpływem fermentu włóknikotwórczego zamienia się na nierozpuszczalny włóknik.

Dopóki krew znajduje się w naczyniach, leukocyty nie ulegają rozpadowi i proces krzepnięcia się nie odbywa.

Na zasadzie opisu krzepnięcia krwi można już łatwo zrozumieć, że różnica między osoczem i surowicą polega właściwie na tem, że w surowicy niema już białka włóknikorodnego. W skład surowicy wchodzi jeszcze conajmniej dwa inne gatunki białka, prócz nich trochę cukru i sole nieorganiczne.

Prócz ciał dających się bliżej zbadać w drodze analizy chemicznej istnieje we krwi bardzo wiele substancji, o których możemy sądzić tylko na zasadzie wywieranego przez nie działania. Jeżeli weźmiemy surowicę krwi jakiegoś zwierzęcia i dodamy do niej ciałek czerwonych, pochodzących od osobnika innego gatunku, to ciała te w ciągu bardzo krótkiego czasu zostaną rozpuszczone; toż samo zjawisko zachodzi po zastrzyknięciu wprost do żył krwi innego gatunku zwierząt—jest to tak zwana *hemoliza*. Im mniej są spokrewnione badane zwierzęta, tem hemoliza odbywa się

energiczniej. Zdolności hemolityczne krwi można jednak wzmocnić sztucznie; jeżeli weźmiemy np. surowicę świnki morskiej i dodamy ciałek krwi królika, to reakcja będzie zachodziła bardzo słabo. Skoro zaś śwince morskiej zastrzykniemy parę razy 3–5 cm³ krwi królika i następnie weźmiemy jej surowicę, to będzie ona bardzo energicznie rozpuszczała krwinki królika. Weźmy teraz i zmieszajmy surowicę krwi królika z surowicą świnki morskiej — ciecz pozostanie przezroczysta. Jeżeli zaś użyjemy surowicy świnki morskiej, której poprzednio parę razy zastrzyknięto krew królika, lub też surowicę królika, któremu poprzednio zastrzyknięto krew świnki, to po zmieszaniu cieczy ujrzymy zmętnienie i nawet wytworzenie się osadu. Wogóle organizm ludzki i zwierzęcy broni się przeciw wprowadzanym doń ciałom obcym w ten sposób, że sam wytwarza jakieś związki, które tamto ciało obce w jakikolwiek sposób czynią nieszkodliwym. Na tem polega sztuczna odporność przeciw chorobom. Wiadomo powszechnie, że są choroby, które zwykle raz jeden w życiu przechodzić można np. tyfus, szkarlatyna i t. p. Muszą przeto one pozostawiać po sobie jakieś ślady w organizmie ludzkim, które go następnie czynią niewrażliwym na napaść danych bakterii. Ażeby zrozumieć te zjawiska, wyobraźmy sobie, że śwince morskiej, np. zastrzykujemy niewielką ilość bakterii wywołujących cholere, wskutek czego zwierzę choruje, ale powraca do zdrowia. Jeżeli do surowicy krwi tego zwierzęcia dodamy teraz nieco bakterii cholery, to zobaczymy, że zaraz przestają się one poruszać, zmieniają swój kształt, sklejają się w gromadki i wreszcie żyć przestają. Ponieważ taki sam proces odbywa się i wewnątrz zwierzęcia żywego, łatwo zrozumieć, że świnka morska będzie uodporniona przeciw cholere, t. j. bakterie cholery nie będą się w niej mogły rozwijać. Nietylko jednak bakterie może organizm niszczyć w ten sposób; w razie potrzeby przygotowuje on pewne jakby odtrutki, paraliżujące działalność jądów czyli toksyn, wytwarzanych przez bakterie. Wszak całe niebezpieczeństwo rozmnożenia się w naszym organizmie jakichś bakterij polega właśnie [na tem, że produkują one substancje,

które zatruwają nasz organizm, wywołują objawy chorobowe i mogą spowodować śmierć. Jeżeli weźmiemy ciecz, w której rozwijały się bakterie błonicy czyli dyfterytu (rosną one i po za obrębem organizmu), to po zupełnem odfiltrowaniu bakterii ciecz ta będzie dla organizmu zwierzęcego trująca. Skoro jednak zwierzęciu będziemy zastrzykiwali tę toksynę czyli jad dyfterytyczny, poczynając od ilości nader małych, to zwierzę możemy uodpornić, czyli immunizować przeciw dyfterytowi — znieść ono będzie mogło dawkę toksyny znacznie większą od tej, która u zwierzęcia nieuodpornionego wywołuje śmierć. Przekonać się łatwo, że w surowicy zwierzęcia, uodpornionego w ten sposób, istnieje ciało zwane *antitoksyną* lub przeciwciałem, niszczące zabójcze działanie toksyny: jeżeli weźmiemy surowicę zawierającą taką antitoksynę, zmieszamy ją w ilości dostatecznej z odpowiednią toksyną i zastrzykniemy ciecz zwierzęciu nieodpornemu, to żadnych objawów chorobowych w niem nie zauważymy. Na tem polega pospolicie stosowane zastrzykiwanie surowicy przeciwdyfterytycznej człowiekowi choremu na błonicę: wprowadzając antitoksynę staramy się niszczyć działanie toksyny. Wogóle obecnie staramy się, aby w ten racjonalny sposób walczyć z różnymi chorobami, prześladowającymi ród ludzki. Zauważyć jeszcze należy, że wszystkie opisane tutaj ciała mają działanie nader określone i swoiste; jeżeli surowica skleja i niszczy bakterie cholery, to nie czyni tego z bakteriami tyfusu, antitoksyna dyfterytyczna nie działa na toksynę innej choroby i t. d.

K r a ż e n i e k r w i .

Budowa serca. Kilka razy już wspomniane było, że krew znajduje się zawsze w specjalnych rurach, zwanych naczyniami, które nader obficie rozgałęziają się w całym organizmie. Przytem krew ustawicznie po naczyniach płynie, będąc w ruch wprowadzana przez serce, którego budowę musimy po-

znać przedewszystkiem, żeby zrozumieć zjawiska krążenia, czyli ruchu krwi.

Serce jest to worek, którego ścianki składają się z mocnej tkanki mięśniowej; ogólny wygląd serca przypomina stożek (fig. 95), w którego górnej części widać naczynia krwionośne. Długość serca dorosłego człowieka wynosi od 12·5 do 15 cm., szerokość 9 do 11·5, wreszcie grubość od 5·3 do 8 cm. We wnętrzu jama serca dzieli się przegrodą podłużną na dwie

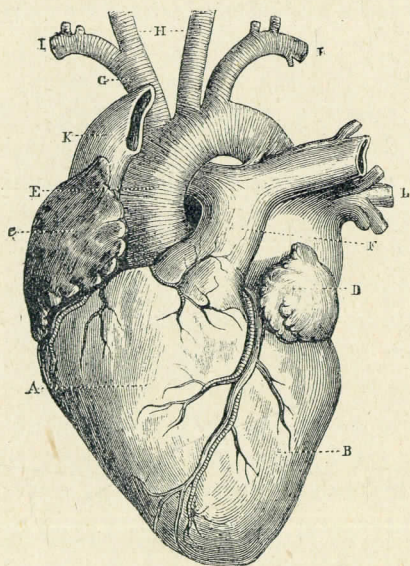


Fig. 95. Serce człowieka. A—komora prawa; B—lewa, C—przedsionek prawy, D—lewy, E—aorta, F—tętnica płucna, G—tętnica bezimien-
na, I—tętnice podobojczykowe, H—tętnice szyjowe, K—żyła główna gór-
na, L—żyły płucne.

połowy: prawą i lewą (fig. 96), pomiędzy którymi nie ma wcale komunikacji bezpośredniej. Każda z tych połów znowuż dzieli się na część górną, zwaną *przedsionkiem* (atrium) i dolną czyli *komorę* (ventriculus). Przegrody oddzielające komory od przedsionków mają otwory zamknięte fałdami błoniastymi, tak zw.

zastawkami, które mogą się odchylać w jednym tylko kierunku, przepuszczając krew z przedsionków do komór. Powrotny zaś ruch krwi zostaje udaremniony w ten sposób, że pod naporem krwi części zastawek do siebie wzajemnie się przyciskają i droga zostaje zamknięta. W sercu prawem zastawka (fig. 97) składa się z trzech fałd, stykających się ze sobą, w sposób uwidoczniiony na rysunku i nosi nazwę *trójdzielnej* (valvula tricuspidalis), a w sercu lewem widzimy tylko dwie fałdy tworzące zastawkę *dwudzielną* (valvula bicuspidalis s. mitralis).

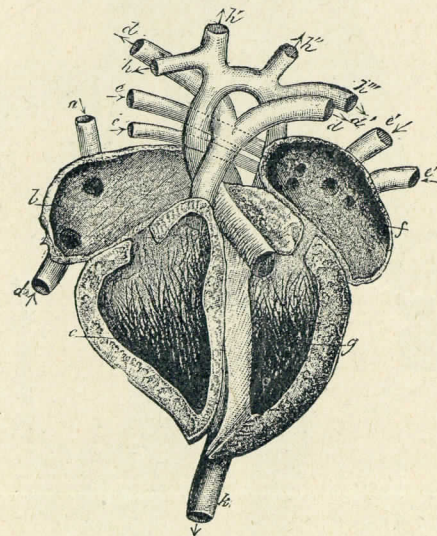


Fig. 96. Schemat budowy wewnętrznej serca, b—przedsionek
prawy, e—komora prawa, f—przedsionek lewy, g—komora
lewa. Zastawki pominięto.

Serce, otoczone cienką błoną, noszącą nazwę *osierdzia* (pericardium), leży w jamie piersiowej w ten sposób, że przedsionki skierowane są w prawo, ku górze i tyłowi, a komory w lewo, ku dołowi i przodowi. Jedna trzecia część serca leży w prawej połowie ciała, sięgając 2—3 cm. za prawy brzeg mostka, dwie trzecie zaś części znajdują się w lewej połowie; ostry koniec serca czyli jego wierzchołek leży tuż pod po-

wierzchnią klatki piersiowej, w piątej przerwie między żebrowej, nieco na wewnątrz od linii poziomej, przechodzącej przez brodawkę piersiową.

Z pomiędzy naczyń krwionośnych jedne przynoszą krew do serca i noszą nazwę *żył* (venae), przez inne zaś krew z serca wypływa i to zwiemy *tętnicami* (arteriae). Dla zrozumienia zjawisk ruchu czyli krążenia krwi, przyjrzyjmy się schematycznemu rysunkowi fig. 97. Widzimy, że do prawego przedsionka (fig. 98—a) przychodzi krew przez żyłę m; krew ta otwiera następnie zastawkę trójdzielną, przechodzi do pra-

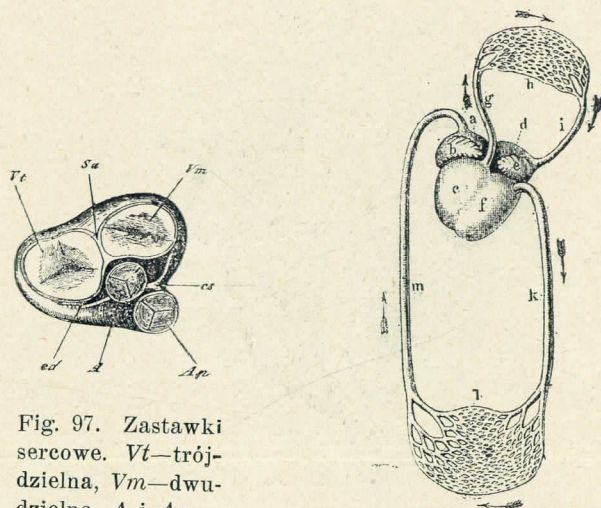


Fig. 97. Zastawki sercowe. Vt—trójdzielna, Vm—dwudzielna, A i Ap—półksiężycowe.

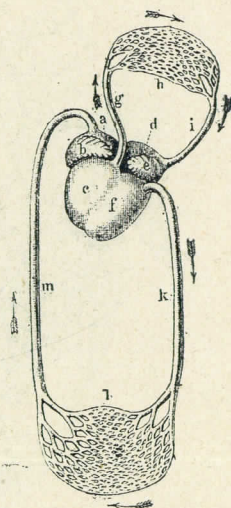


Fig. 98. Schemat krążenia.

wej komory—e, a stamtąd przez tętnicę płucną—g, idzie do płuc, gdzie nabiera tlenu i otrzymuje barwę jaśniejszą, gdyż hemoglobina ciałek zamienia się na oksyhemoglobinę. Z płuc przez żyłę płucną—i krew wraca do lewego przedsionka—d, potem przez zastawkę dwudzielną udaje się do lewej komory i stąd wypływa przez wielką tętnicę—k, aby opłynąwszy całe ciało wrócić znowuż przez żyłę—m do prawego przedsionka. Widzimy, że krew podczas jednego całkowitego obiegu dwa

razy przechodzi przez serce; drogę od tętnicy płucnej po przez żyłę płucną do serca zwiemy krwiobiegiem małym, a resztę krwiobiegiem wielkim. Widzimy dalej, że w lewej poło-

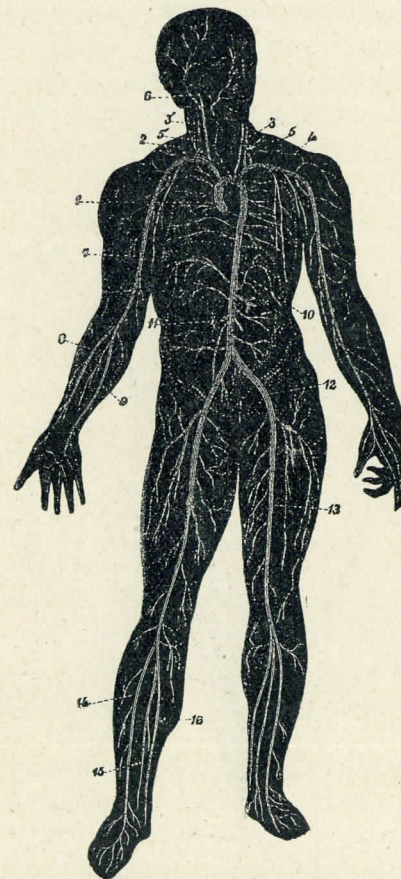


Fig. 99. Tętnice człowieka. 1 — początek aorty, 2 — łuk aorty, 3 lewa szyjowa, 3'—prawa szyjowa, 4—lewa podobojczykowa, 5 i 5' lewa i prawa kręgową, 6—skroniową, 7—pachową. 8—promieniową, 9—łokciową, 10—aorta zstępująca, 11—nerkowa, 12—biodrowa wspólna, 13—udowa, 14 — piszczelowa przednia, 15—strzałkowa i 16—piszczelowa tylna.

wie serca mamy zawsze krew tętniczną, utlenioną, a w prawej — krew żylną, pozbawioną tlenu.

Spróbujmy teraz bliżej się poznać z rzeczywistym układem naczyń w ciele człowieka. Wielka tętnica wychodząca z lewej komory nosi nazwę aorty; wznosi się ona początkowo ku górze (fig. 99) a następnie tworzy łuk i po środkowej linii pleców schodzi pionowo ku dołowi. Wejście z serca do aorty zamknięte jest (fig. 96A) zastawką *półksiężycową* (valvula semilunaris), która składa się z trzech fałd. Tuż za zastawką od aorty odchodzą dwie *tętnice wieńcowe* (arteria coronaria), roz-

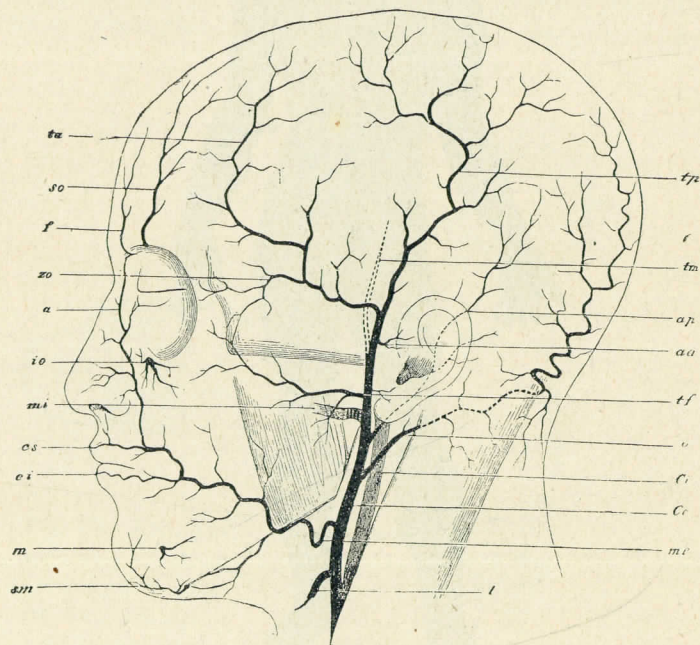


Fig. 100. Tętnice powierzchowne głowy.

gałęziające się w sercu i odżywiające mięsień sercowy. Od łuku aorty odchodzą naczynia zdążające do głowy i rąk; po stronie prawej odchodzi jedna *tętnica bezimienna* (arteria anonyma) (fig. 94), która zaraz rozdziela się na *tętnicę podobojczykową* (a. subclavia) idącą do ręki, i na *tętnicę domózgową* (a. carotis), niosącą krew do głowy. Ważniejsze rozgałęzienia tej ostatniej na powierzchni głowy widzimy na fig. 99. Po stro-

nie lewej od łuku aorty odchodzą odrazu rozdzielone tętnice — podobojczykowa lewa i domózgową. Gałąź zstępująca aorty biegnie ku dołowi, oddzielając na boki naczynia, idące do różnych organów; wreszcie na wysokości czwartego kręgu lędźwiowego aorta rozwidła się, tworząc dwie *tętnice biodrowe* (a. iliaca communis), które, po oddzieleniu *tętnicy podbrzuszej* (a. hypogastrica) do organów leżących w miednicy, schodzą do nóg pod nazwą *tętnic udowych* (a. cruralis). Wymienione powyżej najważniejsze i największe tętnice rozgałęziają się potem, tworząc naczynia coraz to drobniejsze, aż wreszcie rozpadają się na nadzwyczaj cienkie *naczynia włoskowate* czyli *kapilarne*. Wielkie tętnice posiadają ścianki grube, bardzo elastyeczne, w mniejszych rozgałęzieniach ścianki stają się coraz to cieńsze, wreszcie w naczyniach włoskowatych składają się tylko z jednej warstwy płaskich komórek nabłonkowych. Tutaj krew oddaje swój tlen, zamienia się na żylną, oddaje również przyniesione substancje pokarmowe i zabiera ostateczne produkty wymiany materii.

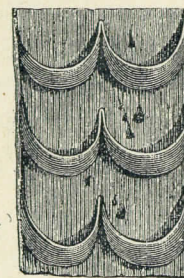


Fig 101. Zastawki na wewnętrznej powierzchni żyły.

Naczynia włoskowate w dalszym swym przebiegu łączą się jedne z drugimi, tworząc grubsze pnie, które obecnie nazwać już musimy żyłami, gdyż krew w nich płynie do serca. Pnie żyłne głowy zbierają się w dwie *żyły odmózgowe* (v. jugularis) — prawą i lewą — biegnące po bokach szyi, bliżej powierzchni niż odpowiednie tętnice. Wraz z żyłami ramieniowymi, niosącemi krew z rąk, tworzą one prawą i lewą *żyłę bezimienną*, które łączą się we wspólny pień czyli *żyłę główną górną* (vena cava superior). Nie sie ona krew z całej górnej połowy ciała i wlewa ją do prawego przedsionka. Żyły dolnej połowy ciała łączą się ostatecznie w *żyłę główną dolną* (vena cava inferior), wpadającą również do prawego przedsionka. Ściany żył w wielu miejscach posiadają drobne kieszonkowate zastawki (fig. 101) które pozwalają krwi płynąć tylko w kierunku serca.

Mechanizm krążenia krwi. Krew płynie w naczyniach dzięki skurczom serca: przedewszystkiem kurczą się przedsionki,

które krew w nich zawartą przepędzają do komór; w chwilę potem kurczą się i komory, a krew przepływa do aorty i tętnicy płucnej. Po skurczu (systole) serca, następuje rozkurcz (diastole) a właściwie stan spoczynku, który trwa znacznie dłużej, niż stan skurczu; dzięki tym częstym i stosunkowo długim odpoczynkom serce może pracować bez przerwy w ciągu całego życia człowieka. Takich skurczów serce człowieka dorosłego wykonywa od 70 do 80 na minutę. Zresztą ich ilość zależna jest od wielu bardzo czynników: osoby wzrostu większego mają ilość uderzeń mniejszą, toż samo powiedzieć można o mężczyznach w stosunku do kobiet; rano skurczów serca mamy mniej niż wieczorem, wreszcie różne wzruszenia, uczucia, ruch, trawienie, a nawet położenie ciała wpływają na częstość skurczów serca.

Podczas skurczu wierzchołek serca unosi się nieco ku górze i podnosi ściankę przednią klatki piersiowej; przykładając w tej okolicy rękę, można wyczuć łatwo ten ruch serca. Jeżeli zaś ucho przyłożymy do piersi w okolicy sercowej, to posłyszemy dwa charakterystyczne, bezpośrednio jeden po drugim następujące tony sercowe; pierwszy z nich dłuższy i więcej głuchy—odpowiada skurczowi komór, a drugi—krótszy—przypada na początek ich rozkurczu. Po drugim tonie następuje przerwa—odpoczynek serca—poczem znowu jeden za drugim dają się słyszeć oba tony.

Ruchy serca znajdują się pod wpływem i kontrolą układu nerwowego; jedne z nerwów przychodzących do serca przyspieszają jego bicie, inne zaś (nerw błędny) zwalniają. Ale serce samo w sobie nosi mechanizm wywołujący ruchy, gdyż będąc nawet wycięte z organizmu może się w warunkach odpowiednich kurczyć rytmicznie; najłatwiej to widzieć można na wyciętem sercu żaby, które godzinami całemi bije po za obrębem organizmu.

Podczas skurczu komór krew zostaje wepchnięta do tętnic, których elastyczne ścianki rozszerzają się pod wpływem ciśnienia cieczy. Podczas spoczynku serca tętnice starają się powrócić do swej objętości pierwotnej i przez to przepychają krew dalej. Dzięki temu ruch krwi w naczyniach jest cią-

gły, jakkolwiek serce kurczy się tylko od czasu do czasu. Mały aparacik wyobrażony na rys. 102 może nam w sposób poglądowy wyjaśnić znaczenie elastyczności ścianek naczyń krwionośnych. Widzimy tutaj butelkę, z której woda wypływa przez dwie rurki; jedna z nich jest cała kauczukowa, druga tylko początek ma kauczukowy, pozatem składa się ze szkła. Jeżeli z pomocą widocznej na rysunku dźwigni będziemy zaciskali rytmicznie obie rurki blisko ich początku i przerywali dopływ wody, to wypływ z rurki kauczukowej będzie ciągły, a tylko z rurki szklanej będzie przerywany. Wytlumaczenie tego zjawiska jest zupełnie takie, jak wytłumaczenie ciągłości przepływu krwi: gdy woda z flaszki ma dostęp do rurki, wtedy ta ostatnia się rozszerza, a następnie podczas przer-

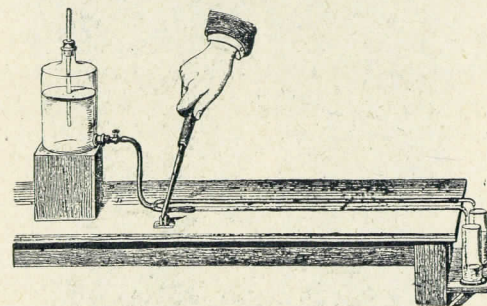


Fig. 102. Doświadczenie ilustrujące znaczenie elastyczności ścianek naczyń.

wania komunikacji flaszki z rurką ciśnienie w niej się zmniejsza, ścianki się kurczą i wyciskają wodę.

Skoro w jednym miejscu elastycznego naczynia powstanie rozszerzenie, to następnie przesuwają się ono coraz dalej—w ten sposób powstaje tak zwana fala pulsu. Jeżeli gdzieś palcem przycisnąć arterię przebiegającą blisko powierzchni ciała, to puls łatwo można wyczuć; ilość uderzeń pulsu będzie równa ilości skurczów serca, ale będą one występowały o tyle później, ile czasu potrzebuje fala pulsu na dojście od serca do danego miejsca arterii. Zwykle szybkość fali pulsu wynosi od 6—9 metrów na sekundę.

Prędkości fali pulsu nie trzeba mieszać z prędkością ru-

chu krwi; różnicę najłatwiej zrozumieć, jeżeli uprzytomnimy sobie, że fala pulsu powstać może i w rurce ślepo zakończonej, gdzie przecież nie będzie wcale ruchu postępowego cie-

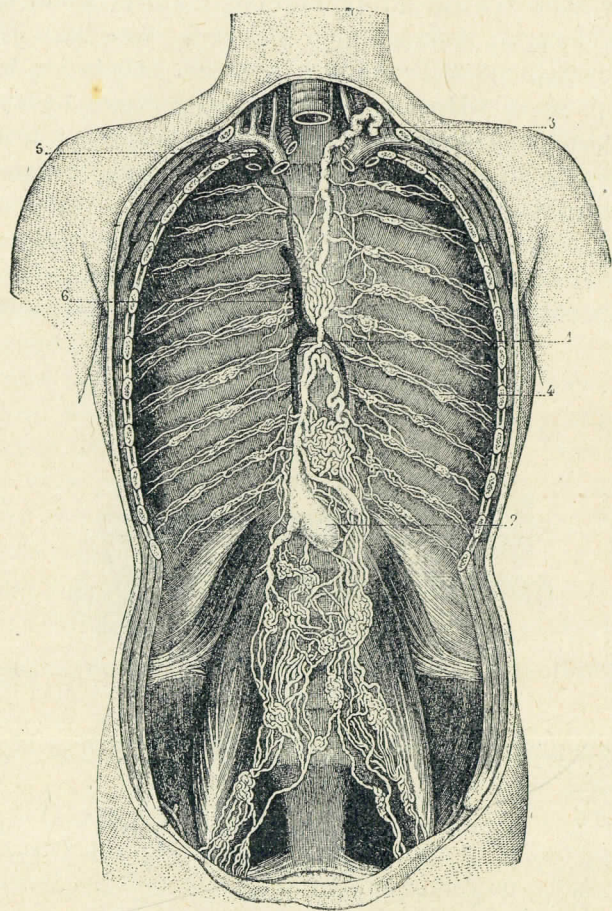


Fig. 103. Główne naczynia limfatyczne. 1—przewód piersiowy, 2—zbiornik mleczny pokarmowy, 3—miejsce połączenia przewodu pokarmowego z lewą żyłą bezimienną.

czy. Prędkość krwi w naczyniach dużych jest znacznie większa niż w drobniejszych dlatego, że przez poprzeczny prze-

krój np. aorty w jednostce czasu musi przepłynąć tyle cieczy, co przez przekrój wszystkich jej rozgałęzień; powierzchnia zaś tego ostatniego przekroju jest znacznie większa niż powierzchnia przekroju aorty. Dla takich samych powodów prąd rzeki jest wolniejszy w miejscu szerszym, lub tam, gdzie rzeka tworzy kilka ramion. W aorcie psa prędkość krwi wynosi 200—750 mm/sec., a w naczyniach włoskowatych 0.5 do 0.8 mm/sec. W żyłach niema już fali pulsu—krew tam płynie całkiem jednostajnie.

Wreszcie wspomnieć należy, że w ściankach naczyń krwionośnych mamy warstwę mięśni gładkich, które, znajdując się pod wpływem nerwów, mogą naczynia zwężać lub rozszerzać w miarę potrzeb organizmu. Zjawisko rumieńca, zaczerwienienie się od gorąca i t. d. są spowodowane właśnie przez rozszerzenie naczyń krwionośnych skóry.

Limfa i układ limfatyczny. Wszystkie tkanki ciała ludzkiego przepojone są cieczą odżywczą, zwaną *limfą*, z której bezpośrednio komórki czerpią pokarm i do której oddają produkty swej wymiany materii. Limfa jest niejako pośrednikiem między krwią, przynoszącą do danej okolicy tlen i pokarmy, a potrzebującymi tego tkankami: nawet powiedzieć można, że limfa powstaje przez przesiąkanie części składowych krwi na zewnątrz naczyń krwionośnych. To też własności chemiczne limfy są bardzo zbliżone do krwi; tak samo ona krzepnie, dzieląc się na włóknik i surowicę; tak samo zawiera ciała białe czyli leukocyty, nie zawiera tylko ciałek czerwonych. Limfa w większych ilościach zbiera się w naczyniach limfatycznych, które zaczynają się jako obficie rozgałęzione cienkie rurczki, zlewające się z sobą i tworzące większe pnie. Największe naczynie limfatyczne jest tak zwany przewód piersiowy (fig. 103 i 104); zaczyna się on w jamie brzusznej na wysokości pierwszego i drugiego kręgu lędźwiowego, tworząc tam *zbiornik mleczny pokarmowy* (cisterna chyli), dokąd wlewają się naczynia limfatyczne wewnętrzności.

Przewód piersiowy wznosi się do góry i wpada do żyły bezimiennnej tuż przy jej początku (fig. 104). W ten sposób układ krwionośny i limfatyczny komunikują się bezpośrednio. Do gruczołów limfatycznych należy zaliczyć migdałki i śledzionę, które opisane będą dalej.

Oddychanie.

Nazwą oddychania zwykle obejmujemy dwa zasadniczo odmienne procesy. Pierwszy z nich polega na tem, że wszystkie komórki organizmu potrzebują tlenu do swego życia, zużywając go w szeregu tajemniczych procesów utleniania czyli łączenia z tlenem różnych ciał wchodzących w skład komórki. Znakomita większość komórek znajduje się w głębi ciała

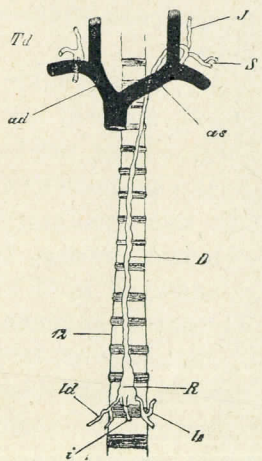


Fig. 104. Przewód piersiowy (D) i połączenie jego z naczyniami krwionośnymi.

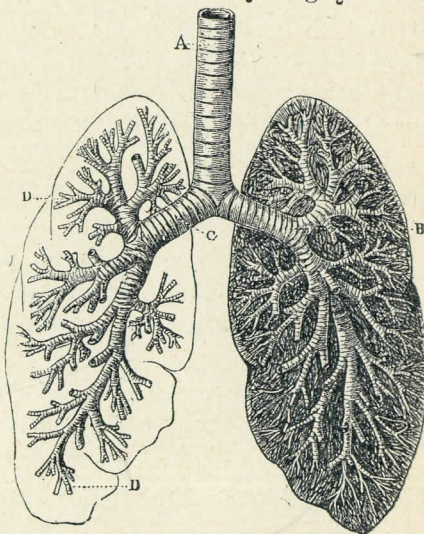


Fig. 105. Tchawica, oskrzela i schemat ich rozgałęzień w płucach.

i nie może czerpać tlenu bezpośrednio z powietrza; rolę dostarczyciela tego gazu dla nich bierze na siebie krew, a właściwie jej oksyhemoglobina. Zapasu tlenu krew nabiera w płucach, dwóch workach powietrznych leżących w jamie piersiowej i połączonych z otaczającą atmosferą przy pomocy tchawicy.

Szereg procesów, doprowadzających do płuc powietrze świeże i usuwających z nich zużyte, nosi również nazwę od-

dychania, a płuca i drogi do nich prowadzące zwiemy organami oddechowymi.

Budowa organów oddechowych. Na przedniej powierzchni gardła łatwo bardzo można wymacać palcem rurkę twardą, noszącą nazwę *tchawicy* (trachea); jest to właśnie kanał prowadzący powietrze z płuc i do płuc. W ściankach tchawicy znajdujemy cały szereg twardych chrząstkowych obrączek, z tyłu niezupełnie zamkniętych; one to nadają tchawicy charakterystyczną twardość i nie pozwalają, żeby ścianki jej się sklejały. Wchodząc do jamy piersiowej (fig. 105) tchawica

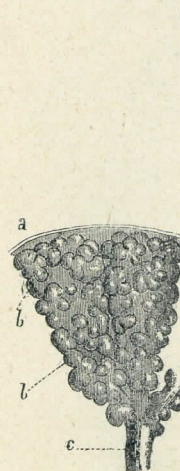


Fig. 106. Lejki płucne pokryte pęcherzykami.

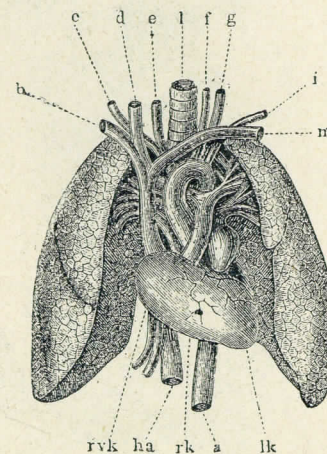


Fig. 107. Serce, płuca, po bokach i główne. pnie naczyń.

rozdziela się na dwie rurki, noszące nazwę *oskrzeli* (bronchus); jedna z nich kieruje się do prawego płuca, druga do lewego.

Pierwsza z nich zaraz po wejściu do płuca dzieli się na trzy, a druga na dwie gałęzie. Każda z nich rozpada się potem na coraz to drobniejsze oskrzela i oskrzeliki. Rozgałęzienia najdrobniejsze kończą się ślepo i ku wierzchołkowi się rozszerzają, tworząc tak zwane *lejki* (infundibulum), na których osadzone są pęcherzykowate wydęcia (alveolae), będące właściwie czynną częścią płuc (fig. 106), gdyż przez ich ścian-

ki powietrze przedostaje się do krwi. Toteż na stronie zewnętrznej pęcherzyka widzimy bardzo obfitą siatkę nadzwyczaj cienkich naczyń włoskowatych, na które rozpada się tętnica płucna.

Płuco ostatecznie jest to lekki, gąbczasty organ, składający się z rozgałęzień oskrzeli i naczyń krwionośnych odzia-

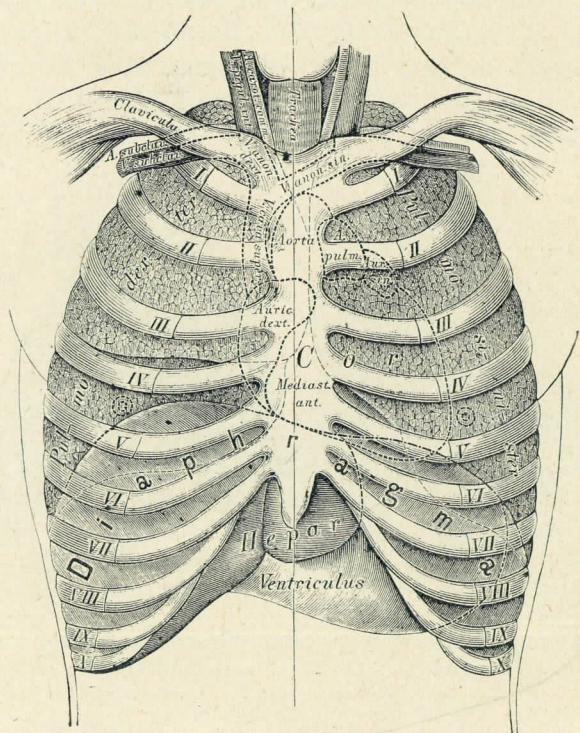


Fig. 108. Układ organów jamy piersiowej; liniami kropkowanymi oznaczony jest kontur serca i przepona.

nych tkanek łączną. Prawe płuco składa się z trzech jakby oddziałów, zwanych zrazami, lewe—z dwóch.

Płuca zajmują prawie całe wnętrze jamy piersiowej; pomiędzy nimi leży serce. Rysunek (fig. 107) wyjaśnia nam układ płuc względem serca i ważniejszych naczyń krwionośnych a rysunek (fig. 108) pozwala nam odnaleźć na powie-

rzchni klatki piersiowej położenie serca, płuc, przepony oraz niektórych organów górnej części jamy brzusznej. Górna część tchawicy tworzy *krtani* (larynx)—komorę kostną, której ściankę stanowią ruchome chrząstki. We wnętrzu krtani znajdujemy również aparat wytwarzający głos.

Podstawę krtani stanowi *chrząstka obrączkowa* (cartilago cricoidea), przypominającą swym kształtem sygnety; z przodu leży jej część niska, (fig. 109 2), a z tyłu wznosi się ona znacznie ku górze (fig. 110 7).

Nad chrząstką obrączkową z przodu leży *chrząstka tar-*

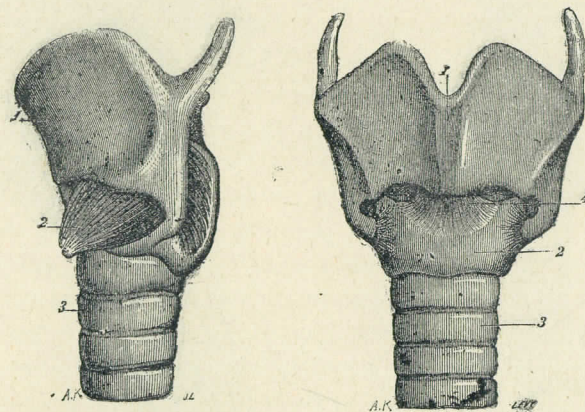


Fig. 109. Krtani z boku i z przodu, wraz z górną częścią tchawicy człowieka; 1—chrząstka tarczowa; 2—chrząstka obrączkowa; 3—pierścienie tchawicy.

czowa (cartilago thyreoidea), która składa się z dwóch blaszek czworokątnych, schodzących się pod kątem bardzo zmiennym z przodu na linii środkowej i tworzących tu często wyniosłość zwaną jabłkiem Adama. Tylne brzo chrząstki tarczowej tworzy dwie pary rogów—górną i dolną. Na tylnej górnej powierzchni części obrączkowej są osadzone dwie *chrząstki nalewkowe* (cartilago arytenoidea)—mające kształt graniastosłupów. Wreszcie z przodu krtani sterczy ku górze chrząstka *nagłośnia* (epiglottis) mająca kształt jakby języeczka, szerokim końcem

skierowanego ku górze, a wązkim połączonego z środkową częścią chrząstki tarczowej.

Wnętrze krtani wysłane jest błoną, która tworzy dwie fałdy parzyste, noszące nazwę *strun głosowych* (fig. 110), pomiędzy którymi znajduje się szpara zwana *głosową* (rima glottidis). Właściwie mówiąc, tylko dolna para fałd służy do wydobywa-

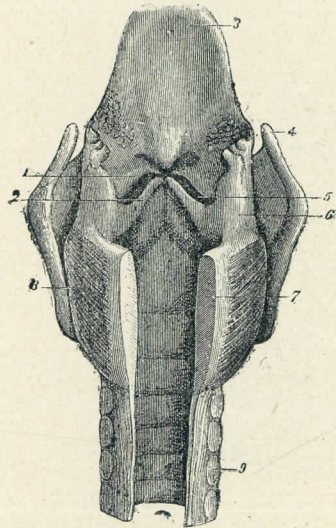


Fig. 110. Krtani człowieka pionowym cięciem z tyłu otworzona. 1—struny głosowe górne, czyli rzekome; 2—struny głosowe dolne, czyli właściwe; 3—nagłośnia; 7 — chrząstka tarczowa.

nia głosu. W krtani prócz tego mamy szereg cały mięśni, których zadanie polega głównie na przybliżaniu i oddalaniu brzegów strun głosowych, oraz na ich napinaniu lub rozluźnianiu.

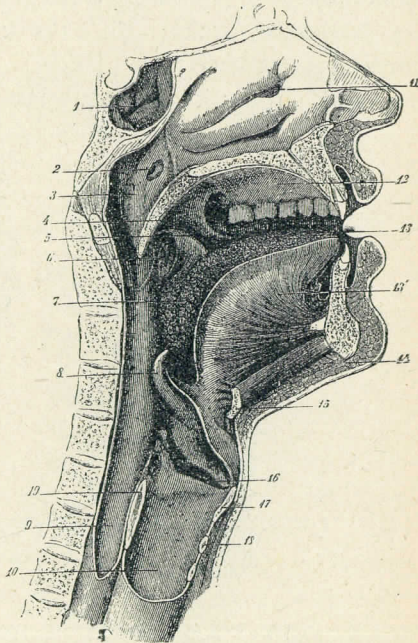


Fig. 111. Przecięcie jamy gębowej, nosowej i gardzieli człowieka. 8—nagłośnia; 9—przelyk.

Ostatecznie droga prowadząca do płuc ma przebieg następujący (fig. 111); powietrze przez otwory nozdrzy dostaje się do nosa i przez tylną jego część wchodzi do gardzieli, gdzie u dołu leży otwór krtani, prowadzący bezpośrednio do tchawicy i płuc.

Mechanizm oddychania. Znamy już drogi, które powietrze dostaje się do płuc—zastanówmy się obecnie nad czynnikami, które ruch ten wywołują; ważniejsze z nich są: ruchy klatki piersiowej i własności mechaniczne płuc oraz wnętrza jamy piersiowej; wszystko to kolejno rozpatrzeć musimy.

Dzięki rytmicznym skurczom przepony oraz mięśni, wchodzących w skład ścianek piersi, pojemność jamy piersiowej może się zmieniać dość znacznie. U zwierząt ssących zwykle rolę najważniejszą gra przepona; w stanie spoczynku tworzy ona zaokrągloną ku jamie piersiowej wypukłość, a podczas skurczu przyjmuje więcej wygląd stożka i odsuwa się przez to od ścianek piersi, wywierając jednocześnie ciśnienie na zawartość jamy brzusznej, która pod wpływem tego ciśnienia rozszerza górną część brzucha i rozsuwa dolne żebra. Prócz przepony podczas oddychania normalnego grają jeszcze rolę mięśnie pochyłe (scaleni) i międzyżebrowe zewnętrzne (intercostales externi), które podnoszą żebra i mostek ku górze. Wszystkie te mięśnie zwiększają pojemność jamy piersiowej, wywołując wciąganie powietrza do płuc, czyli *wdech*. Wrazach nadzwyczajnych, przy duszeniu się, ruchy oddechowe stają się gwałtowniejsze i inne jeszcze mięśnie (zębate tylne górne i t. d.) przychodzą niejako na pomoc, rozszerzając jeszcze gwałtowniej klatkę piersiową.

U mężczyzn podczas ruchów oddechowych zwykle rolę główną odgrywają skurcze przepony—mamy tutaj typ przeponowy oddychania, przy którym górna część klatki piersiowej porusza się bardzo mało; u kobiet zaś rozpowszechniony jest więcej typ żebrowy czyli piersiowy, oparty głównie na unoszeniu żeber, dzięki czemu u kobiet piersi falują silnie przy oddychaniu.

O ile wdech jest zjawiskiem czynnym, wywoływanym przez skurcz mięśni, to wydech odbywa się prawie zupełnie

biernie. Skoro tylko mięśnie wdechowe przestaną się kurczyć, to żebra opadają dzięki sile ciężkości, a ciśnienie wewnętrzności nadaje przeponie formę normalną—słowem wszystko wraca do stanu spoczynku i pojemność klatki piersiowej się zmniejsza.

Podczas duszenia się (u wielu zwierząt zawsze) zjawia się wydech czynny; mięśnie brzucha kurczą się i ciśnienie powstające w jamie brzusznej wypycha przeponę ku górze, mięśnie zębate dolne ciągną żebra ku dołowi i t. d. Wszystkie te zjawiska możemy wywoływać dowolnie.

Rzeczą jest łatwo zrozumiałą, że podczas wydechu, t. j. zmniejszenia pojemności klatki piersiowej, płuca zostają niejako zgniecione i powietrze w nich zawarte musi częściowo wyjść na zewnątrz. Daleko trudniej wyobrazić sobie, co zmusza płuca do rozszerzania się w czasie wdechu; wszak ze ścianką piersi nie są one wcale zrośnięte. Dwa czynniki grają tutaj rolę: przedewszystkiem elastyczność tkanki płucnej, dzięki której płuca nawet wycięte z organizmu po ściśnięciu powracają zaraz do wielkości pierwotnej. Drugi, jeszcze ważniejszy czynnik polega na tak zwanem ciśnieniu ujemnem, panującym w jamie piersiowej; to znaczy, że w jej wnętrzu ciśnienie jest mniejsze od ciśnienia otaczającego powietrza, i różnica wynosi około sześciu mm. rtęci. Wobec tego ciśnienie atmosfery, działając na wewnętrzną powierzchnię płuc, rozszerza je do możliwych granic, czyli rozdyma płuca o tyle, o ile pozwala na to pojemność klatki piersiowej. Gdy zwiększa się ona podczas wdechu, to i płuca zaraz muszą się rozszerzyć. Z drugiej strony, rana otwierająca klatkę piersiową wywołuje natychmiastowe zmniejszenie się objętości płuc i odsunięcie ich od ścianki wewnętrznej piersi. Oddychanie jest wtedy nadzwyczaj utrudnione.

Podczas zwykłych ruchów oddechowych człowiek dorosły wprowadza do płuc przy każdym wdechu około 500 cm³, czyli pół litra powietrza. Podczas wydechu, rozumie się, taka sama ilość bywa z płuc wydalana. Jeżeli po takim wydechu normalnym postaramy się wywołać jeszcze dalej wydech możliwie najgłębszy, to możemy jeszcze usunąć z płuc

około półtora litra powietrza; również po wdechu normalnym możemy tyleż mniej więcej powietrza do płuc wprowadzić. Najgłębszy jednak wydech nie może usunąć z płuc wszystkiego powietrza, zawsze pozostanie go paręset centymetrów sześciennych.

Ruchy oddechowe normalnie odbywają się bez udziału woli, a więc i w czasie snu. Możemy jednak wpływać na częstość ich i głębokość, możemy nawet powstrzymać ruchy oddechowe, ale tylko na czas krótki, gdyż po chwili potrzeba odetchnięcia stanie się tak silna, że przewycięży opór woli. Udusić się w ten sposób nikt nie jest w stanie. Zwykle ilość ruchów oddechowych wynosi około 16—18 na minutę; w dzieciństwie są one znacznie częstsze, a u noworodka ilość ich wynosi od 50 do 70 na minutę.

Ośrodek ruchów oddechowych, czyli miejsce mózgu, skąd wychodzą rytmiczne impulsy do mięśni oddechowych, leży w rdzeniu przedłużonym na dnie jamki rombowej; zniszczenie tej okolicy wywołuje ustanie oddychania i śmierć. Działalność ośrodka reguluje się ustawicznie potrzebami organizmu, ściślej mówiąc stanem krwi. Jeżeli wykonamy szereg głębokich wdechów i wydechów, wprowadzimy do krwi możliwie dużo tlenu i usuniemy z niej dwutlenek węgla, to przez czas jakiś nie będziemy oddychali a nawet nie będziemy wcale czuli potrzeby ruchów oddechowych. Odwrotnie, w razie braku tlenu lub zbytku dwutlenku węgla we krwi potrzeba oddychania się wzmacnia i ruchy oddechowe stają się coraz gwałtowniejsze.

Prócz stanu krwi inne jeszcze czynniki mogą wywierać wpływ na działalność ośrodka oddechowego; wpływ woli i różnych stanów uczuciowych wskazuje na zależność od półkul mózgowych. Prócz tego przeróżne bodźce mogą odruchowo, t. j. pomimo woli, wpływać na oddychanie i zmieniać charakter ruchów oddechowych; niema wprost okolicy ciała, której podrażnienie w ten lub inny sposób nie odbiłoby się na oddychaniu. Szczególniejszą rolę grają jednak zakończenia nerwowe umieszczone w drogach oddechowych, głównie zaś rozgałęzienia nerwu błędnego w płucach. Utrzymują one i nor-

mują ruchy oddechowe, które po przecięciu nerwu błędnego stają się znacznie wolniejsze i głębsze.

Dziecko zaraz po przyjściu na świat musi rozpocząć oddychanie i pierwszy oddech jest połączony z krzykiem. Płuca wtedy wypełniają się powietrzem, którego już nigdy się nie pozbędą. To też dziecko martwourodzone poznać można zawsze, gdyż płuca jego nie są wypełnione powietrzem i toną, będąc rzucone na wodę. Przyczyna pierwszego oddechu nie jest zresztą dokładnie znana; różne podniety, poczynające działać na skórę noworodka, grają bodaj rolę ważniejszą, niż brak tlenu. Często się zdarza, że dziecko słabe nie zaczyna oddychać po przyjściu na świat—silny klaps nieraz wtedy ratuje sytuację, wywołując ruchy oddechowe.

W rozdziale traktującym o krwi widzieliśmy już, że powietrze, wprowadzone do płuc, po przez ścianki pęcherzyków oddaje krwi swój tlen, a wzamian za to zabiera od niej dwutlenek węgla.

To też powietrze atmosferyczne zawiera około 20.8% na objętość azotu, a w powietrzu wydychanem zaledwie 16.04 tego gazu znaleźć można; wzamian za to w powietrzu wydychanem mamy 4.35% dwutlenka węgla, podczas gdy w otaczającej nas atmosferze zaledwie znajduje się 0.03% tego gazu.

Prócz oddychania płucnego istnieje u człowieka jeszcze wymiana gazów przez skórę, ale jest ona bardzo nieznaczna; ilość tlenu pochłoniętego przez skórę wynosi zaledwie 0.5% tego, co przez płuca dostaje się do krwi.

Specyalne formy oddychania.

Kaszel jest to silny wydech; szpara głosowa jest początkowo zamknięta zupełnie, potem otwiera się gwałtownie i powietrze z szumem ucieka z dróg oddechowych, porywając ze sobą różne ciała obce, znajdujące się w tchawicy (np. śluz). Kaszel jest odruchem wywołanym przez podrażnienie krtani.

Kichanie bardzo jest do kaszlu podobne, tylko powietrze wychodzi gwałtownie nie przez usta, ale przez nos, czyszcząc drogi oddechowe; kichanie wywołane bywa zwykle przez podrażnienie błony śluzowej nosa.

Ziewanie polega na głębokim wdechu przy napiętych

strunach głosowych powstaje ono dzięki pewnym, bliżej się nie dającym określić wewnętrznym albo psychicznym przyczynom (senność, nuda i t. d.)

Śmiech—składa się z gwałtownie przerywanych wydechów, a *łkanie* z takich samych wdechów.

G ł o s.

Zdolność wydawania głosu, rozwinięta u człowieka więcej niż u innych zwierząt, jest tak ściśle związana ze zjawiskami oddychania, że tutaj najlepiej ją rozpatrzeć. Już przy opisie dróg oddechowych widzieliśmy w krtani struny głosowe, mogące zamykać wejście do tchawicy. Jeżeli przez drogi oddechowe przepływa silny prąd powietrza, to struny głosowe mogą zostać wprawione w drgania i wydawać dźwięk; krtani i tchawica grają rolę piszczałki stroikowej, której opis można znaleźć w każdym podręczniku fizyki. Wysokość tonu zależy od siły prądu powietrznego poruszającego stroik, mianowicie silniejsze prądy dają ton wyższy; wysokość zależy także od długości i grubości struny drgającej, oraz od jej napięcia.

Widzimy więc, że przy wydawaniu dźwięków rolę główną gra przepływ powietrza wywołany ruchami oddechowymi, niemniej ważne jest ustawienie strun głosowych. Co się tyczy pierwszego, to właściwie niema nic do dodania po tem, co mówiliśmy o ruchach oddechowych. Człowiek zwykle wydaje dźwięki podczas wydechu, ale teoretycznie możliwe są również i dźwięki wdechu. U niektórych zwierząt spotykają się one nawet stale, na przykład dźwięk *i* w podobnym do *i*—*a* ryku osła.

Ustawienie krtani i strun głosowych zależy od mięśni oraz od elastyczności całego aparatu krtaniowego. Przy zupełnym paraliżu mięśni krtaniowych, również i u trupa, szpara głosowa jest rozchylona; podczas wdechu znacznie się roz-

szerza, przed kaszlem zamyka zupełnie, a podczas wydawania dźwięków jest nadzwyczaj wązka.

Wysokość głosu ludzkiego zależy od wymiarów strun głosowych, czyli od wielkości krtani. U dzieci krtani jest mała, to też głos dziecka jest bardzo wysoki; u kobiet pozostaje on tak przez całe życie, tylko zwiększa się trochę jego rozległość. U mężczyzn podczas dojrzewania krtani rozrasta się gwałtownie i głos staje się znacznie niższy. Zresztą u obu płci są znaczne pod tym względem wahania indywidualne; skala ważniejszych rodzajów głosu ludzkiego przedstawia się jak następuje:

bas od F do h ,
baryton od A do d^1 ,
tenor od e do f^1 ,
alt od e do a^1 ,
mezosoprán od g do c^2 ,
sopran od d^1 do g^2 .

Mowa. Samogłoski mogą być wymawiane głośno lub szepciem; w przypadku pierwszym wprawiamy w drgania odpowiednio nastrojone struny głosowe a jama ustna gra rolę rezonatora. Dla każdej samogłoski musimy inny kształt i wielkość nadać jamie ustnej, czyli zmienić rezonator (opis rezonatorów można znaleźć w podręcznikach fizyki.) Każda samogłoska składa się z szeregu tonów; jeżeli te tony odtworzyć w sposób odpowiedni i z natężeniem odpowiednim, to usłyszymy daną samogłoskę. Jeżeli na przykład nad strunami fortepianu zaśpiewać samogłoskę, to instrument ją powtórzy, gdyż dzięki rezonansowi zostaną wprawione w drgania struny, odpowiadające tonom wchodzącym w skład samogłoski.

Mówienie szeptem różni się od głośnego tem tylko, że dźwięki powstają bez udziału strun głosowych, w samej jamie ustnej, której ustawienie pozostaje takie same, jak przy mówieniu głośnem.

Spółgłoski różnią się od samogłosek tem, że w skład ich prócz tonów muzycznych wchodzi i szmery.

Budowa i czynności przewodu pokarmowego.

Uwagi ogólne. W ciągu całego życia człowiek musi przyjmować pokarmy, będące zawsze ciałami pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, a więc składające się podobnie jak wszystkie organizmy z białka, tłuszczów i węglowodanów z dodatkiem wody i różnych soli. Pokarmy te wprowadzane bywają do przewodu pokarmowego, czyli długiej rurki, przechodzącej przez całe ciało, od ust do odbytu; w ścisłym związku z przewodem pokarmowym znajdują się różne gruczoły, czyli organy wytwarzające różne ciecz i wlewające je do wnętrza jelit. Podczas przechodzenia przez przewód pokarmowy pokarmy pod wpływem tych właśnie soków ulegają szeregowi zmian, zwanych trawieniem, które polegają głównie na rozpuszczeniu różnych ciał spożywanych przez człowieka. Dopiero po tem rozpuszczeniu pokarmy przesiakają przez ścianki jelit, dostają się do krwi i z nią razem są roznoszone po całym organizmie. Długość przewodu pokarmowego jest znacznie większa od długości ciała, to też jelita szczególnie w jamie brzusznej tworzą bardzo obfite splety.

Jama ustna, będąca początkiem przewodu pokarmowego, służy do przyjmowania, rozmielenia i zmoczenia śliną pokarmu; prócz tego, jak widzieliśmy, gra ona rolę przy wydawaniu głosu. Otwór zewnętrzny jamy ustnej jest zamknięty dwiema fałdami skóry, noszącymi nazwę *warg* (labium); są to twory bardzo ruchome, dzięki leżącemu w nich mięśniowi *zwieraczowi ust* (sphincter oris) oraz całemu szeregowi innych mięśni twarzy, przyczepionych również do warg. Tuż za wargami spo-

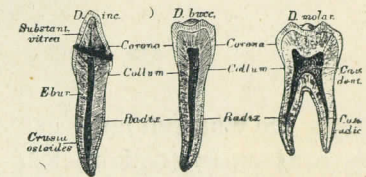


Fig. 112. Budowa zębów. Korony leżą u góry; czarno jest oznaczona jama zęba, na niej dentyne, a na powierzchni korony szkliwo.

tykamy zęby, osadzone w zębodołach żuchwy i szczęki górnej (fig. 112). Każdy ząb posiada *koronę* (corona), swobodnie ster-

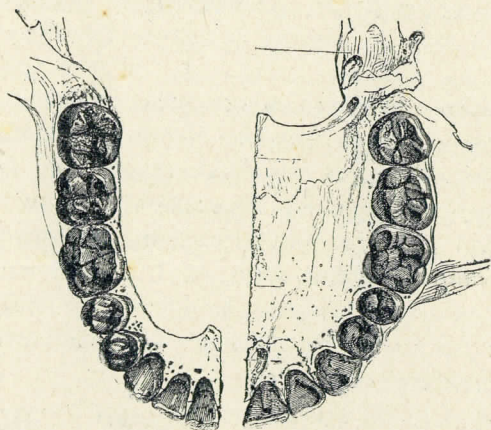


Fig. 113. Ogólny wygląd zębów w szczęce.

czącą we wnętrzu jamy ustnej, *korzeń* (radix) osadzony w szczęce, oraz *szyjkę* (collum) leżącą między korzeniem i koroną. We wnętrzu zęba znajdujemy jamę (fig. 112) wypełnioną nacz-

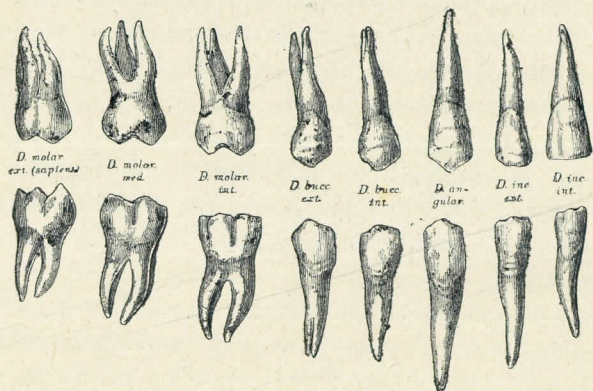


Fig. 114. Zęby jednej połowy jamy ustnej—licząc od prawej strony ku lewej widzimy siekacze, kły i trzonowe.

niami krwionośnymi i obficie unerwioną. Główna masa zęba składa się z tak zwanej *dentyny*, mającej pewne podobieństwo

do kości. Na powierzchni korony znajdujemy *szkliwo*, czyli emalię, najtwardszą i najwytrzymalszą substancję z pomiędzy wszystkich spotykanych w organizmach. Korzeń zaś pokryty jest *cementem*, który niczem się właściwie od kości nie różni.

Ogólna ilość zębów u człowieka wynosi trzydzieści dwa; w każdej szczęce jest ich po szesnaście, ułożonych symetrycznie po osiem na każdej stronie. Licząc od przodu (fig. 113 i 114) spotykamy dwa *siekacze* (dentes incisivi), których płaska korona ma kształt dłuta i służy do odgryzania pokarmów; korzeń ich jest pojedynczy, stożkowaty. Za nimi widzimy jeden *kiel* (dens angularis), którego korona ma kształt nieprawidłowo stożkowaty. Dalej jeszcze leży pięć zębów *trzon-*

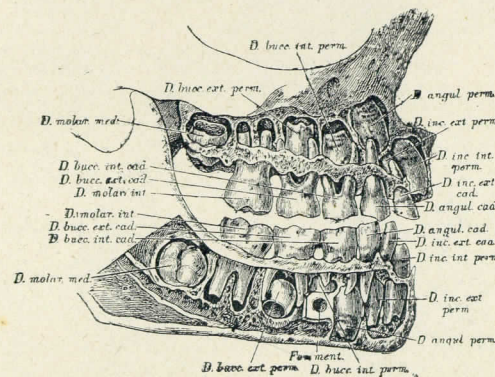


Fig. 115. Szczęki w czasie zmiany uzębienia; widać zęby mleczne i stałe.

wych (dentes molares) z koroną szeroką, opatrzoną wzgórka-
mi i służącą do rozcierania pokarmu. U dziecka zwykle mię-
dzy 6—8 miesiącem wyrastają przednie siekacze, między 7—9
miesiącem—boczne siekacze, między 12—15 pierwsze trzono-
we, między 16—20 kły, między 20—24—drugie trzonowe.

Pod koniec drugiego roku życia mamy przeto dwadzieścia
zębów, które istnieją tylko w ciągu kilku lat i noszą nazwę
mlecznych. Dopiero w siódmym roku życia wyrasta trzeci ząb
trzonowy, a następnie zaczyna się zmiana zębów mlecznych
na stałe. Te ostatnie rosnąc od spodu wypychają mleczne
i stają na ich miejsce. Rysunek (fig. 115) pokazuje nam wy-

gład szczęki w tej epoce, kiedy rosnący ząb stały wypycha poprzednio istniejący mleczny. W ósmym roku życia wyrastają siekacze przednie, w dziewiątym—siekacze boczne, w dziesiątym pierwsze trzonowe; między jedenastym a trzynastym rosną kły, między jedenastym a piętnastym drugie trzonowe między trzynastym i szesnastym—czwarta para trzonowych, wreszcie między osiemnastym a trzydziestym wyrastają ostatnie trzonowe, tak zwane zęby mądrości. Zdarzają się nawet przypadki, że zęby mądrości nie wyrastają wcale; zresztą za-

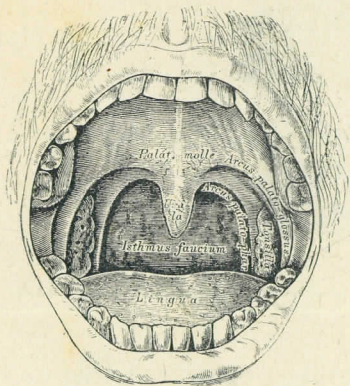


Fig. 116. Łuki podniebienne, migdałki i języczek.

wsze są to zęby mało odporne, łatwo ulegające zepsuciu. Stanowią one, wraz z kością ogonową i ostatnimi dwiema parami żeber, przykłady organów szczątkowych, t. j. organów zanikających, które kiedyś były użyteczne, ale obecnie straciły swoje znaczenie fizjologiczne.

U zwierząt szczęki są znacznie dłuższe niż u człowieka,

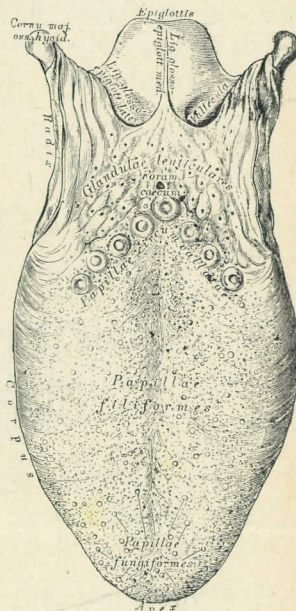


Fig. 117. Język; zwrócić uwagę na brodawki okołone, tworzące kąt.

to też w nich jest potrzebna większa ilość zębów, która u człowieka ulega dotychczas jeszcze redukcji, i zęby mądrości są właśnie przeznaczone na zagładę.

Górną ściankę jamy ustnej stanowi *podniebienie* (palatum); w przedniej części składa się ono z kości okrytej błoną śluzową i zwie się podniebieniem twardem, a tylna część czyli podniebienie miękkie jest to fałda błoniasta, zwieszająca się w jamę gardzieli (fig. 116); w środkowej części podniebienie miękkie tworzy wyrostek, zwany *języczkiem* (uvula). Brzegi boczne podnie-

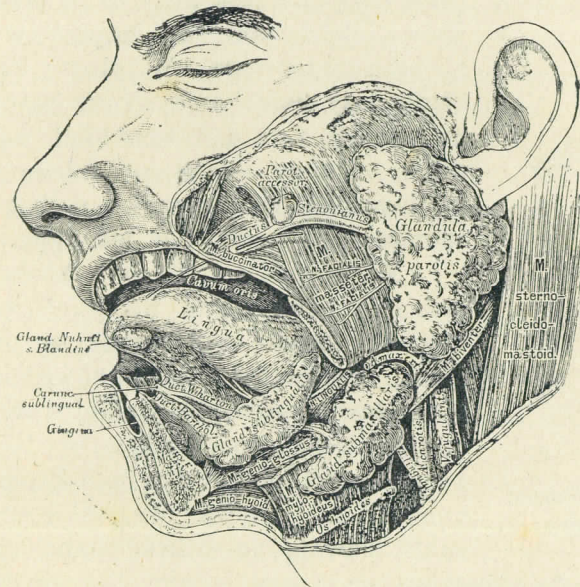


Fig. 118. Ślinianki: tuż pod uchem leży gruczoł przyuszny, niżej - dwa inne.

bienia miękkiego tworzą jakby dwie łukowate biegnące firanki, a pomiędzy nimi znajduje się jakby niszka, w której leżą *migdałki* (tonsillae), należące do kategorii gruczołów limfatycznych.

W jamie ustnej spotykamy jeszcze język, duży mięsisty organ pokryty brodawkami (fig. 117); w tylnej części języka widzimy szereg *brodawek okołonych* (papillae circumvallatae), z których każda otoczona jest jakby wałem. Prócz nich znajdujemy na języku jeszcze *brodawki nitkowate* (papillae filifor-

mes) długie, cienkie wyrostki, rozsiane po całej powierzchni języka, oraz brodawki *grzybowate* (papillae fungiformes), rozmieszczone głównie w przedniej części języka.

W ścisłym związku z jamą ustną pozostają jeszcze gruczoły *ślinowe* czyli *ślinianki* (glandulae salivales), produkujące ślinę.

Prócz całego szeregu drobnych gruczołów, rozsianych bardzo obficie w ściankach jamy ustnej, mamy trzy pary dużych ślinianek. Jedna para, tak zwane *gruczoły przyuszne* (parotis) (fig. 118) leżą koło uszu, przewód ich wlewa się do jamy ust naprzeciw trzeciego zęba trzonowego. W tylnym kącie jamy ustnej leży *gruczoł podszczękowy* (glandula submaxillaris), a na dnie przedniej części jamy ustnej widzimy *gruczoł podjęzykowy* (glandula sublingualis); przewody obu tych gruczołów otwierają się razem pod językiem.

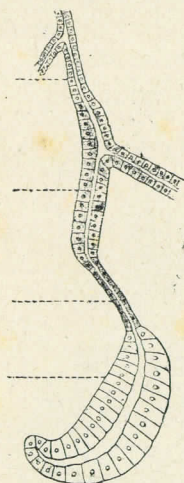


Fig. 119. Schemat rurki ślinianki.

Każdy gruczoł ślinowy składa się z olbrzymiej ilości rurek, wzdętych na końcu, których ścianki wytworzone są przez komórki gruczołowo nabłonkowe; fig. 119 przedstawia szemacik takiej rurki, która w końcowym swym wzdęciu wydziela ślinę, a inne części służą tylko jako kanały, przez które ślina wypływa. Wszystkie drobne kanaliki zlewają się w jeden kanał ogólny.

Zjawiska odbywające się w jamie ustnej. Pokarm tutaj ulega przede wszystkim rozdrobnieniu, roztarci z pomocą głównie zębów trzonowych, podczas gdy siekacze służą właściwie do odkąsywania kawałka wielkości odpowiedniej, — zwykle około 5 cm³. Proces żucia trwa mniej więcej pół minuty. Jednocześnie pokarm nasiąka śliną, produkowaną przez gruczoły ślinowe; jest to ciecz przezroczysta, bezbarwna, ciągliwa dzięki obecności w niej białka zwanego *mucyną*.

Najważniejszy jednak składnik śliny stanowi *ptyalina* — należąca do kategorii fermentów t. j. ciał przyspieszających swoją obecnością różne reakcje chemiczne. Przykład takie-

go fermentu już widzieliśmy, mówiąc o krzepnięciu krwi. Pod wpływem ptyaliny skrobia roślinna, czyli substancja w technice zwana krochmalem, rozkłada się na cukry prostsze, rozpuszczalne w wodzie, w której skrobia się nie rozpuszcza. Bez pomocy ptyaliny można osiągnąć podobny rezultat, gotując skrobię z kwasami.

Co się tyczy warunków działania ptyaliny, to najsilniejsze skutki widzimy w temperaturze zbliżonej do temperatury ciała; w obecności nawet słabych kwasów ptyalina działać przestaje na co jeszcze zwrócimy uwagę mówiąc o żołądku.

Wydzielanie śliny nie odbywa się ciągle, a tylko pod wpływem mechanicznego, chemicznego, wreszcie smakowego podrażnienia błony śluzowej ust. Nawet zresztą zjawiska psychiczne, jak widok lub choćby wyobrażenie pokarmu mogą wywoływać wydzielanie śliny.

Kiedy pokarm został już dostatecznie roztarty i nasiąknięty śliną, następuje akt przełykania. Jest to odruch, wywołany przez ruchy żujące szczęk, przez dotykane kęsa pokarmowego i t. d.; od woli naszej polykanie zależne jest tylko częściowo. Wiemy wszyscy, z jak wielkim trudem można połknąć bez uprzedniego żucia twardy kawałek, włożony do ust; wiemy również, że po dłuższem żuciu zjawia się gwałtowna chęć polykania, która staje się tak silna, że oprzeć się jej niepodobna. Z drugiej strony, ciecze polykamy od razu, co wskazuje, że charakter pokarmu ma wielki wpływ na wywołanie odruchu polykania.

Widzimy dalej, że sposób powstawania tego odruchu jest bardzo subtelnie i dokładnie dopasowany do potrzeb organizmu. Wogóle cały proces trawienia składa się z takich nadzwyczaj celowych odruchów; poprzednio już wzmiankowaliśmy, że i wydzielanie śliny jest odruchem, wywołanym przez pokarmy; zdaje się nawet, że ilość i jakość wydzielanej śliny zależne są od charakteru przyjmowanego pożywienia.

Co się tyczy samego mechanizmu polykania, to przedstawia się on mniej więcej w sposób następujący: kęs pożuty umieszczony bywa na powierzchni przedniej części języka i z pomocą ruchów tego organu posuwa się ku tyłowi; łuki

podniebienne zaginają się ku górze i tyłowi, zasłaniając wejście do nosa i nie pozwalając pokarmowi tam się dostać, jednocześnie nagłośnia zakrywa wejście do krtani i kęś, przesuwany ciągle ku tyłowi, znajduje jedną tylko drogę otwartą, mianowicie wejście do przełyku (fig. 111). Zdarza się czasami, że nagłośnia nie zakryje dostatecznie otworu krtani wtedy pokarm może się dostać do dróg oddechowych, co nie raz nawet śmierć się kończy, o ile ostry atak kaszlu nie usunie z tchawicy obcego nieproszonego gościa.

Przełyk (oesophagus), do którego w ten sposób wchodzi pokarm, jest to długa wążka rurka, która bezpośrednio z tyłu tchawicy przechodzi przez całą długość jamy piersiowej i przebija przeponę, wchodząc do jamy brzusznej, gdzie zaraz wpada do żołądka. Pokarmy płynne spływają od razu przez przełyk do otworu żołądka, części zaś pożywienia stałego przesuwane są powoli z góry na dół ruchem tak zwanym robaczkowatym, który polega na tem, że część przełyku, bezpośrednio przylegająca do kęsa połkniętego, kurczy się i przepycha ów kawałek do okolicy niżej leżącej. W momencie następnym kurczy się dalej ku dołowi leżąca część przełyku, gdzie obecnie znajduje się pokarm. Zwykle w ciągu 6—7 sekund kęś dochodzi w ten sposób do dolnego końca przełyku.

Żołądek (fig. 121) przypomina nieco długą zgiętą gruszę, której koniec szeroki leży po stronie lewej, blisko bocznej ścianki jamy brzusznej, a koniec wążki przechodzi nieco na prawą połowę brzucha. Przełyk wpada do żołądka z góry, w szerokiej jego części, trochę w lewo od środkowej linii ciała, na tej wysokości, gdzie żebra dolne łączą się z mostkiem. Ten otwór żołądka nosi nazwę *wpustu* (cardia); zwykle jest on zamknięty z pomocą mięśni i otwiera się tylko wtedy, kiedy dojdzie do wpustu fala ruchu robaczkowego. To też pokarm ciekły, spływający wzdłuż przełyku do żołądka, musi zwykle chwilę czekać na otwarciu wpustu, następujące w chwili przybycia fali ruchu robaczkowatego, która rozpoczęła się w chwili połknięcia.

W żołądku pokarm ulega całemu szeregowi zmian bar-

dzo głębokich; w ściankach żołądka znajdujemy olbrzymie ilości gruczołów, mających kształt rurek (fig. 120), wysłanych komórkami nabłonkowymi, które produkują tak zwany sok żołądkowy. Jestto ciecz bezbarwna, przezroczysta, kwaśna, gdyż zawiera kwas solny w ilościach dość znacznych, u człowieka na przykład dochodzących do 0.3%. Prócz kwasu solnego w soku żołądkowym znajdujemy dwa ważne fermenty: *pepsynę* i *podpuszczkę*.

Działanie pepsyny polega na tem, że wszelkie—nawet ścięte—białka rozkłada ona na ciała prostsze, w wodzie rozpuszczalne i dość łatwo poddające się dializie t. j. przesiąkające przez błony zwierzęce. Substancje te noszą nazwę *albumoz* i *peptonów* i należą jeszcze do kategorii ciał białkowych.

Znaczenie podpuszczki nie jest do tychczas dobrze znane; wiemy tylko, że jedno z białek, zawartych w mleku, mianowicie sernik czyli kazeina zamienia się pod jej wpływem na nierozpuszczalną w wodzie modyfikację—zwaną serem. Prawdopodobnie podpuszczka gra jeszcze inną rolę, co do której możemy tylko snuć przypuszczenia.

Kwas solny pomaga nieco działaniu pepsyny, ale głównie gra on, zdaje się, rolę ciała dezynfekującego czyli wyjaławiającego pokarm; to znaczy, że zabija on bakterie, dostające się do żołądka wraz z pokarmem, które, rozmnażając się w jelitach zbyt obficie, mogłyby okazać się szkodliwymi dla zdrowia.

Sok żołądkowy, podobnie jak ślina, wydziela się tylko pod wpływem odpowiednich podnieć; którymi mogą być nawet czynniki psychiczne—widok pokarmu, głównie jednak podniećty chemiczne (np. pewne ciała zawarte w mięsie) wywołują wydzielanie soków trawiących.

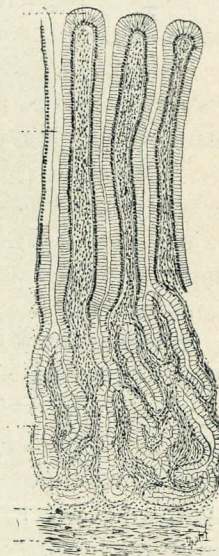


Fig. 120. Gruczoły żołądka w powiększeniu.

Podczas przebywania w żołądku pokarm ulega częściowemu wyjałowieniu, a białka wchodzące w jego skład zamieniają się na albumozy i peptony. Prócz tego połknięta ślina, a właściwie ptyalina rozwija dalej swą działalność, póki cała masa pokarmu nie nasiąknie kwasem, który niszczy ferment śliny.

Znaczenie żołądka w sprawach trawienia jest bardzo wielkie i nie należy go niedoceniać na tej zasadzie, że w razie jakich spraw chorobowych, można żołądek wyciąć i przełyk zeszyć bezpośrednio z jelitem—usuając w ten sposób trawienie żołądkowe.

Nie wiemy dotychczas dokładnie, jak długo pokarm przebywa w żołądku, zresztą jest to bardzo zależne od natury pokarmu i od wielu innych wpływów.

Z żołądka pokarm przedostaje się do jelit, będących jakby przedłużeniem wąskiej części żołądka. Otwór prowadzący do jelit nosi nazwę *odźwiernika* (pylorus) i zwykle jest zamknięty, a otwiera się tylko od czasu do czasu dla przepuszczenia zawartości żołądka; częstość otwierania się odźwiernika zależy z jednej strony od stopnia wypełnienia tej części jelita, która bezpośrednio idzie za żołądkiem, t. zw. dwunastnicy, z drugiej zaś strony ma znaczenie i natura zawartości żołądka. Zdaje się, naprzykład, że przez odźwiernik przepuszczane są tylko ciecze, kawałki stałe muszą powracać do żołądka i leżeć tam, póki się zamieniają na papkę, zwaną miazgą pokarmową.

Jeżeli żołądek silnie jest podrażniony, bądź to przez pewne trucizny, bądź przez nadmierne wypełnienie i t. p., mogą wystąpić *wymioty*; wpust wtedy się otwiera, ścianki brzucha się kurczą i wtłaczają zawartość żołądka do przelyku, a następnie do gardzieli.

Jelita. Część przewodu pokarmowego, leżąca za żołądkiem, nosi nazwę jelit; wypełniają one swemi zwojami całą jamę brzuszną (fig. 121). Jelito leżące bezpośrednio za żołądkiem zowie się *dwunastnicą* (duodenum) dlatego, że długość jego wynosi około dwunastu cali. Do dwunastnicy wlewają się przewody dwóch gruczołów; jeden z nich nosi nazwę *trzustki*

(pancreas), drugi, znacznie większy, zowie się *wątroba* (hepar) i leży tuż pod przeponą po stronie prawej, schodząc na boku w dół, aż do dziesiątej pary żeber. Ku linii środkowej wą-

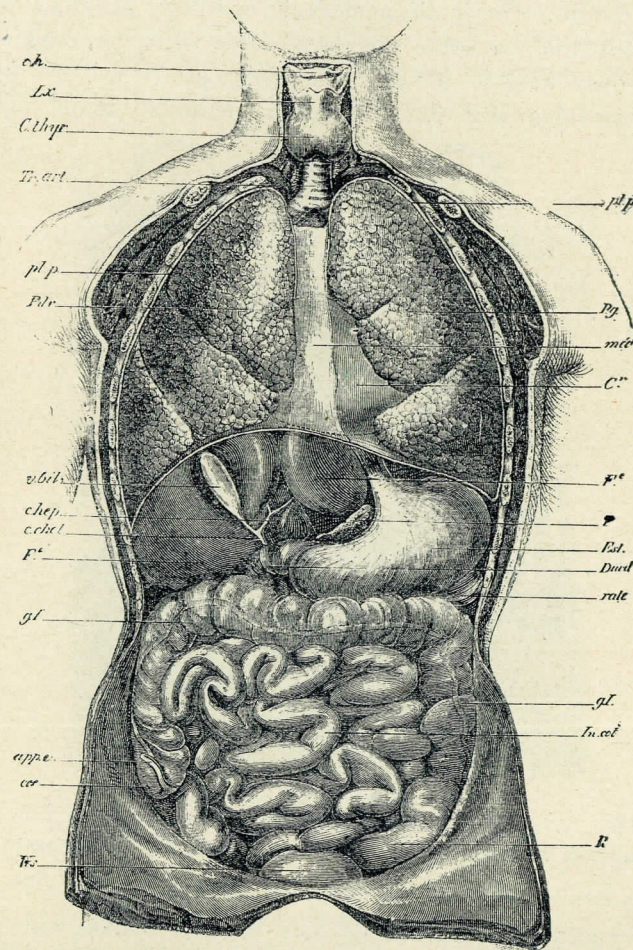


Fig. 121. Ważniejsze wnętrzości człowieka: *c. thy*—gruczoł tarczowy *tr. art*—tchawica, *pl. b*—opłucna, *p. dr.* i *p. g*—płuca prawe i lewe, *fe*—wątroba, odwrócona ku górze dla pokazania jej dolnej powierzchni, *c. hep*—przewody wątrobowe, *v. bil*—pęcherzyk żółciowy, *c. chol*—przewód żółciowy *p*—trzustka, *duod*—dwunastnica, *rate*—śledziona, *in*—kiszki cienkie *app.* *v*—wyrastek robaczkowy *gi*—okreźnica, *r*—odbytnica, *ves*—pęcherz moczowy.

troba się podnosi, dochodząc tuż pod koniec mostka, i sięga aż na lewą połowę ciała.

Dwunastnica przechodzi dalej w t. zw. jelito cienkie, (intestinum tenue), długie około siedmiu metrów. Ścianka wewnętrzna jelita nosi na sobie obszerne fałdy okrężne, zwane *marszczkami*, oraz wielkie bardzo ilości wyrostków tak zw. *kosmków* (villi intestinales) (fig. 122); do nich wchodzi mała tętnica i

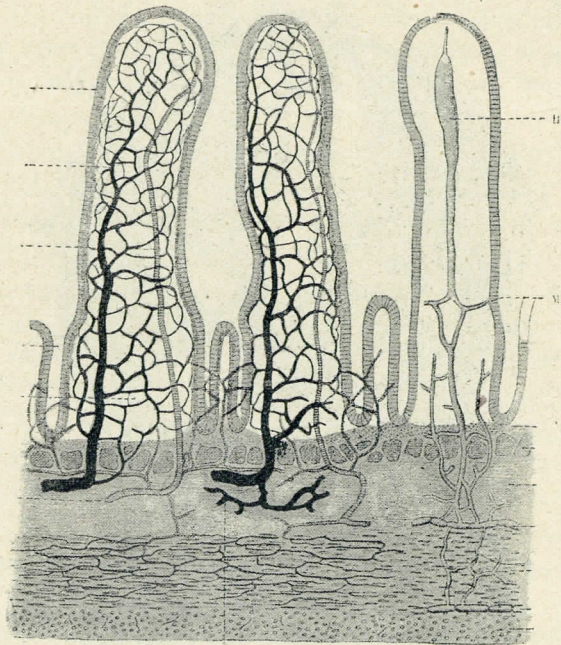


Fig. 122. Kosmki jelita powiększone; w dwóch lewych widać sieć naczyń krwionośnych, w prawym—naczynie limfatyczne.

tworzy gęstą powierzchną sieć naczyń włoskowatych, które następnie łączą się, tworząc żyłę. W środkowej części kosmków (fig. 122) leżą chłonicy, które w ściankach jelita zlewają się razem i komunikują następnie ze zbiornikiem mleczu pokarmowego. Marszczki i kosmki znakomicie powiększają powierzchnię jelita, co ma znaczenie dla procesu wchłaniania strawionych części pokarmu.

Końcową część przewodu pokarmowego stanowi tak zwane *jelito grube* (intestinum crassum). Jelito cienkie wpada w jelito grube nieco z boku (fig. 123), w ten sposób poniżej otworu jelita cienkiego tworzy się worek, zamknięty ślepo, zwany *kiszką ślepą* (coecum); niesie ona na sobie cienki *wyrostek robaczkowy* (processus vermicularis). Przy wejściu z jelita

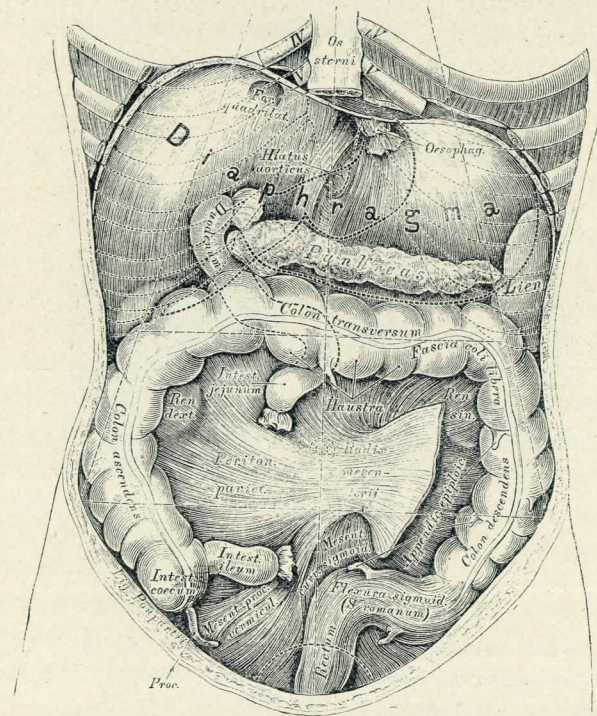


Fig. 123. Trzustka, śledziona i jelito grube (cienkie usunięte). Proc—wyrostek robaczkowy.

cienkiego do grubego znajdujemy zastawkę, która nie pozwala na ruchy wsteczne pokarmu; ważniejszą jednak rolę gra tu mięsień zwieracz, zamykający otwór jelita cienkiego. Kiszka ślepa leży w prawym dolnym kącie jamy brzusznej; od tego miejsca jelito grube wznosi się ku górze aż pod żołądek, tutaj przebiega w poprzek jamę brzuszną i wreszcie wzdłuż

jej ścianki lewej opada ku dołowi, jednocześnie przesuwając się ku tyłowi. Cała ta część jelita grubego nosi nazwę *okreżnicy*, która wreszcie przechodzi w tak zwaną *kiszkę prostą* czyli *odbytnicę* (rectum), otwierającą się na zewnątrz *otworem odbytowym* (anus). Długość jelita grubego wynosi około 1.5 metra.

We wnętrzu jamy brzusznej, na boku lewym znajdujemy dość duży organ, barwy czerwonej, kształtem swym przypominający ziarno kawy, jest to *śledziona* (lien) (fig. 123) gru-

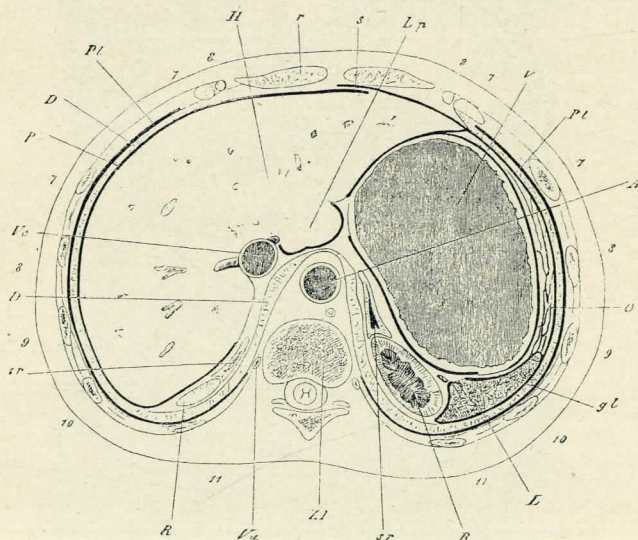


Fig. 124. Przekrój górnej części brzucha: A — aorta, D — przepona, H — wątroba, L — śledziona, P — otrzewna, R — nerki, V — żołądek, Vc — żyła główna.

czół limfatyczny grający rolę w procesach krwiotwórczych, ale nie mający żadnego związku z organami trawienia.

Wewnętrzną powierzchnię jamy brzusznej wyściela cienka błona, zwana *otrzewną* (peritoneum); od tylnej ścianki brzucha otrzewna zagina się ku wnętrzu, tworząc fałdę, otaczającą wnętrzności — tak zwaną *krezkę* (mesenterium); w ten sposób jelita są niejako przywieszane do ścianki brzucha. Dla lepszego zorientowania się w rozkładzie wnętrzności przyj-

rzyjmy się rysunkowi (fig. 124), przedstawiającemu schematyczny przekrój brzucha na wysokości jedenastego kręgu piersiowego.

Trawienie jelitowe. Czynnikiem, wywołującym tu zmiany pokarmu są różne fermenty, wydzielane bądź przez trzustkę, bądź przez ścianki jelit.

Sok trzustkowy zawiera w sobie bardzo wiele fermentów, z których rozpatrzymy tylko ważniejsze.

Na pierwszym miejscu wymienić należy *trypsynę*, ferment rozkładający białka na albumozy, peptony i inne, prostsze jeszcze produkty. Trzustka nie wydziela gotowej trypsyny, a tylko tak zwaną *trypsynogenną*, która dopiero pod wpływem znajdującej się w jelitach *enterokinazy* zamienia się na trypsynę. Sam proces tej zmiany, oraz natura enterokinazy nie są nam dotychczas znane.

Prócz trypsyny sok trzustkowy zawiera jeszcze *steapsynę*, ferment rozkładający tłuszcze na glicerynę i kwasy tłuszczowe, których sole są w wodzie rozpuszczalne. Dalej mamy jeszcze fermenty, podobne do opisanej już ptyaliny, rozkładającej skrobię na cukry prostsze; prócz nich znajdujemy fermenty działające na inne węglowodany oraz na ciała białkowe, ale szczegółowy opis tego wszystkiego za daleko by nas zaprowadził. W każdym razie sok trzustkowy jest najsilniejszą cieczą trawiącą. Wydzielanie jego również nie jest ciągle — jednak główna wywołująca je podnieta nie jest, zdaje się, natury nerwowej, ale ma charakter raczej chemiczny. Z chwilą, gdy do dwunastnicy razem z pokarmem dostanie się kwas solny z żołądka, to w ściankach jelita tworzy się jakaś bliżej nieznana substancja, zwana *sekretyną*, która dostaje się do krwi, wraz z nią idzie do trzustki i wywołuje wydzielanie soku trzustkowego. Widzimy tutaj znowuż, jak dokładnie procesy trawienia są przystosowane do potrzeb organizmu. Wydzielanie śliny i soku żołądkowego, które są potrzebne zaraz po przyjęciu pokarmu, odbywa się już na jego widok, a sok trzustkowy dopiero wtedy się wytwarza, kiedy się kończy trawienie w żołądku i kwas wraz z miazgą pokarmową przechodzi do jelita.

Razem z przewodem trzustkowym do dwunastnicy wpada i przewód wątrobowy, przez który wlewa się do jelita wydzielina wątroby, zwana *żółcią*. Ciecz ta jest głównie wydaliną organizmu i o tem jej znaczeniu będzie mowa później, w sprawach trawienia ma ona znaczenie względnie małe. Jednakże, gdy zatrzymamy sztucznie dopływ żółci do jelita, to tłuszcz będzie trawiony i wchłaniany bardzo źle; kał nabiera wtedy barwy mlecznej, dzięki olbrzymiej zawartości tłuszczu.

Wreszcie ścianki jelita cienkiego wydzielają również *sok elitowy*—podniętą bywa tutaj bezpośrednio podrażnienie mechaniczne, zresztą może mają wpływ pod tym względem i inne czynniki, bliżej nam nie znane. Sok jelitowy zawiera również bardzo wiele fermentów.

Jelito cienkie znajduje się w ustawicznym ruchu robaczkowym i pokarm, dostawszy się do niego, posuwa się ciągle ku odbytnicy, podlegając działaniu coraz to nowych soków trawiących. W ten sposób pokarmy mięsne rozpuszczają się prawie całkowicie i następnie ulegają wessaniu. Z pokarmów zaś roślinnych pozostaje niestrawiony błonnik czyli celuloza, tworząca ścianki komórek roślinnych; w jelitach człowieka niema fermentów działających na nią i tylko część jej niewielka znika, będąc rozłożona przez bakterye, zamieszkujące jelita.

Wchłanianie. Co się tyczy wsysania pokarmów strawionych, to niestety o tem zjawisku wiemy bardzo niewiele.

Białko prawdopodobnie zostaje w jelitach rozłożone na składniki najprostsze nie mające już zupełnie natury białkowej. Mówiąc obrazowo, olbrzymia cząsteczka białka zostaje rozłożona na drobniejsze składniki tylko dla przejścia przez ściankę jelita, podobnie jak to czynimy z dużym przedmiotem, który musimy przenieść przez wąskie przejście. Jednakże z tych składników następnie w organizmie nie powstaje białko identyczne z tym, które było w pokarmie, ale takie, które odpowiada potrzebom organizmu. Jeżeli człowiek będzie ciągle karmił się białkiem kurzem, to jednak w jego sokach i komórkach nie będzie tego rodzaju białka, a będą inne, człowiekowi właściwe. Toż samo mniej więcej powiedzieć

można o wchłanianiu węglowodanów, szczególnie skrobi, stanowiącej znaczną część pokarmów roślinnych;—przez ściankę jelita przechodzi ona w postaci cukrów prostszych (gronowego). Tłuszcze prawdopodobnie również są wchłaniane po uprzednim rozłożeniu na glicerynę i kwasy tłuszczowe, ale w ściankach jelita mamy już z powrotem tłuszcze.

Białka i węglowodany dostają się do naczyń krwionośnych leżących w kosmkach i wraz z krwią roznoszone bywają po całym ciele, do wszystkich potrzebujących pokarmu komórek. Tłuszcz zaś głównie dostaje się do naczyń chłonnych czyli limfatycznych, leżących w kosmkach i dopiero przez przewód piersiowy wlewa się do krwi.

Kał. Pokarm przez cały czas pobytu swego w jelitach ulega ciąglemu rozpuszczaniu, a części rozpuszczone są zaraz wchłaniane. Toż też w końcowych oddziałach przewodu pokarmowego zamiast miazgi pokarmowej, znajdujemy masy kałowe, znacznie twardszą mającą konsystencyę.

Kwestya pochodzenia kału nie jest zupełnie jasna; to co się zwykle mówi o niestrawionych resztkach pokarmu, jest tylko po części słuszne. Zdaje się, że przy pokarmie mięsnym kał prawie całkowicie pochodzi z wydzielin jelita, wraz z trypami bakteryi i t. d., przy pokarmach roślinnych znaczna część jego składa się z niezmiennego błonnika.

W miarę zwiększania się ilości mas kałowych, przechodzą one do odbytnicy i obecnością swą drażnią zakończenia nerwowe, wywołując bardzo charakterystyczne uczucie parcia. Rezultatem tego bywa rozluźnienie zwieraczy zamykających odbyt i wyparcie mas kałowych na zewnątrz, czemu pomaga silny skurcz całej masy mięśni brzucha. Odruch ten może być zahamowany przez wolę, ale tylko do pewnego stopnia; jeżeli podrażnienie wywołane przez masy kału będzie zbyt wielkie, to przezwycięży ono opór woli, zwieracze się otworzą i kał zostanie wypchnięty. Silne wzruszenia również osłabiają hamujący wpływ woli—i wtedy może nastąpić wydalenie kału.

W jelitach mamy bardzo obfitą florę bakteryi, składającą się jednak z kilku tylko gatunków; czy z tych lokato-

rów mamy pożytek czy szkodę? Probowano hodować kurczęta w takich warunkach, żeby w ich jelitach nie było bakterii i okazało się, że zwierzęta nie mogły przyswajać pokarmu (ziarna) i ginęły. Z drugiej strony udało się nowonarodzoną świnkę morską przez czas jakiś w takich samych warunkach karmić mlekiem, i zwierzę rosło normalnie. Być może bakterie są niezbędne przy dyecie roślinnej, gdyż rozkładają błonnik, a przy pokarmie mięsnym lub mlecznym możnaby się bez nich obejść. Czasem nawet te same bakterie, które normalnie uważać można za pożyteczne rozwijają się zbyt obficie i stają się przyczyną cierpień. Być może nawet że prócz pożytku stale przynoszą one nam szkodę, zatruwając zlekka organizm produktami swej działalności. Są też próby zastąpienia zwykłej flory bakteryjnej jelit przez inną, spokojniejszą i pożyteczniejszą.

Wątroba. Naczynia krwionośne rozgałęzione w jelitach, zbierają się w jedną żyłę, zwaną *wrotną* (vena portae), która idzie do wątroby i w niej się rozgałęzia, tworząc naczynia włoskowate. Wszystkie przeto wchłonięte pokarmy udają się przede wszystkim do wątroby i tutaj ulegają jakby rewizji celnej. Cukier gronowy prawie całkowicie zostaje zatrzymany, zamieniony na ciało zwane glikogena i przechowany w tej postaci. Zostają również zatrzymane niektóre inne ciała, które mogłyby się okazać dla organizmu szkodliwe. Dopiero po przejściu wątroby krew idąca z jelit łączy się ogólnym krwiobiegiem.

Wogóle wątroba jest to najbardziej czynne laboratorium chemiczne w organizmie—tu wyrabiają się niektóre składniki moczu, tu rozpada się hemoglobina ciałek czerwonych krwi... Prócz tego, a może wskutek tego, wątroba wyrabia żółć, i wlewa ją do jelit; w skład żółci wchodzi właśnie różne produkty niepotrzebne dla organizmu, przez wątrobę przerabiane i wlewane do jelit, ażeby wraz z kałem mogły być z organizmu usunięte. Kolor swój, na przykład, żółć zawdzięcza kilku barwnikom (bilirubinie, biliwerdynie i t. d.), które powstają właśnie z rozkładu hemoglobiny.

Budowa i czynności organów wydalania.

Mówiąc o żółci, wspomnieliśmy już o wydalinach t. j. substancjach wyprodukowanych przez organizm, a następnie zeń usuwanych, gdyż dłuższe ich przebywanie we wnętrzu naszego ciała mogłoby szkodzić zdrowiu. Nie trzeba jednak sobie wyobrażać, że w wydalinach mamy do czynienia bezpośrednio z różnymi produktami wymiany materii komórek organizmu; te ostatnie związki zwykle zaraz w organizmie ulegają jeszcze dalszej przeróbce, prawdopodobnie mającej na celu osłabienie szkodliwego ich działania, i dopiero w tej formie zostają z organizmu ostatecznie usunięte. Przykład z mocznikiem opisanym niżej lepiej to wszystko wyjaśni.

Najważniejszą wydalinę organizmu stanowi *mocz*—jasno żółta ciecz, mająca zapach bardzo charakterystyczny i oddziaływanie u człowieka kwaśne. W moczu znajdujemy bardzo wiele rozpuszczonych ciał, z których najważniejszy jest *mocznik*; pod tą postacią opuszcza nasz organizm prawie wszystkie azot. Mocznik tworzy się w wątrobie z soli amonowych, które bądź są bezpośrednimi produktami rozpadu białka, bądź też blisko są z nimi spokrewnione. Sole amonowe są dla organizmu trujące—to też zamiana ich na mocznik jest rzeczą bardzo korzystną. W przypadkach chorobowych w moczu może się znajdować cukier (choroba cukrowa) i białko.

Mocz tworzy się w nerkach, położonych po obu bokach kręgosłupa, u tylnej ścianki jamy brzusznej, na wysokości ostatniego piersiowego i dwóch pierwszych lędźwiowych kręgow. Każda nerka (fig. 125) odziana jest powłoką tłuszczową a na górnym jej brzegu widzimy nadnercze (glandula suprarenalis), o którego znaczeniu będzie mowa później. Z głębokiej strony nerki, skierowanej ku linii środkowej ciała, wchodzi do niej *tętnica nerkowa* (arteria renalis), będąca rozgałęzieniem aorty. Tętnica ta w powierzchownej warstwie nerki, zwanej substancją korową (fig. 126), rozdziela się na naczy-

nia włoskowate, tworzące kłębki, widoczne na rysunku w postaci czarnych, punktów otoczonych rozszerzeniami rurek, noszących nazwę kanalików moczowych. Tutaj przez ścianki naczyń włoskowatych do wnętrza kanalików przechodzą różne ciała rozpuszczone w wodzie i tworzą mocz. Następnie naczynia włoskowate łączą się, tworząc *żyłę nerkową* (vena renalis), która opuszcza nerkę w sąsiedztwie tętnicy nerkowej (fig. 127) i wpada do żyły głównej dolnej. Mocz przesiąkający do kanalików moczowych,

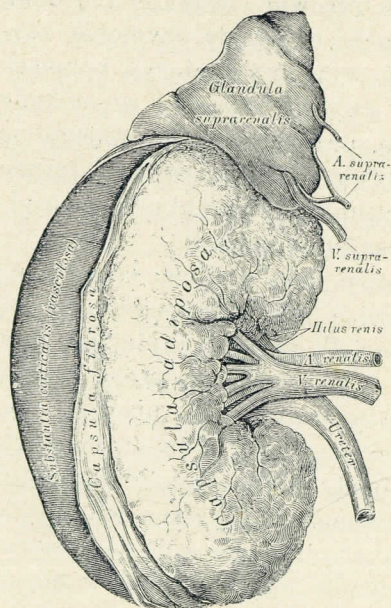


Fig. 125. Nerka, nadnercze u góry; początek moczowodu i naczynia krwionośne nerki z prawej strony.

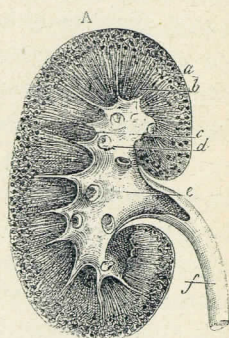


Fig. 126. Nerka wzdłuż przecięta: a — substancja korowa. b — substancja rdzenna, złożona z wyprostowanych rurek moczowych, c — miedniczka, f — moczowód.

zbiera się w zbiorniku noszącym nazwę *miedniczki nerkowej*, z której przez kanał, zwany *moczowodem* (ureter) (fig. 127) spływa do *pęcherza moczowego* (vesica urinaria) (fig. 127), umieszczonego w dolnej przedniej części jamy brzusznej. Z pęcherza moczowego prowadzi nazewnątrz jeden kanał — *cewka moczowa* (urethra). Wejście z pęcherza do cewki zamknięte jest zwy-

kle z pomocą mięśni; jeżeli w pęcherzu zbierze się dość cieczy, to w drodze odruchu otwiera się ujście cewki moczowej, jednocześnie kurczą się mięśnie leżące w ścianach pęcherza i mocz zostaje wypchnięty na zewnątrz. Odruch ten, podobnie jak wydalanie kału, częściowo tylko zależy od naszej woli; przy zbyt wielkim wypełnieniu pęcherza wbrew jej następuje wypływ moczu.

Do pewnego stopnia rolę wydaliny gra również żółć, o której już mówiliśmy, i pot, będący wydzieliną gruczołów skórnych. Tą ostatnią drogą organizm może tracić dość znaczne ilości wody, a nawet i mocznika, który zawsze znajduje się w pocie.

Wymiana materii i ciepło zwierzęce.

Wszystkie zjawiska życiowe polegają ostatecznie na szeregu przemian chemicznych, odbywających się w organizmie, czyli na przemianie materii, — oraz na wytwarzaniu przy tem energii wolnej, co zowie-

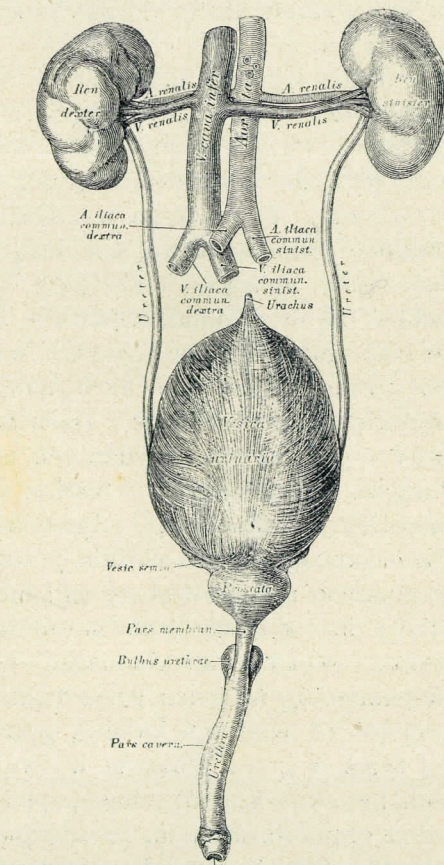


Fig. 127. Organy moczowe, nerki wraz z naczyniami, od nich idą moczowody do pęcherza; u dołu cewka moczowa.

my przemianą energii. U zwierząt ciepłokrwistych bardzo

znacza ilość tej energii zużywa się na podtrzymanie temperatury ciała, reszta idzie głównie na pracę mechaniczną.

Dla normalnego odbywania się tych zjawisk konieczne jest dostarczanie tlenu i usuwanie dwutlenku węgla, czyli oddychanie. Jeżeli je przerwać, to u zwierząt wyższych w ciągu kilku minut następuje zawieszenie wszelkich spraw życiowych i śmierć.

Jeżeli wyobrazimy sobie, że oddychanie odbywa się normalnie, to i wtedy życiu zagraża jeszcze niebezpieczeństwo poważne. Podczas oddychania człowiek przeciętnie na dobę traci przeszło dwadzieścia gramów węgla i do tysiąca gramów wody. Prócz tego w moczu wydziela się na dobę kilkanaście gramów azotu, nie licząc innych różnych soli. Jednocześnie opuszcza ciało parę tysięcy kalorii. Łatwo zrozumieć, że te wydatki organizmu muszą być pokryte, i do tego celu służą właśnie pokarmy, w skład których muszą wchodzić: woda, różne sole nieorganiczne, oraz ciała organiczne zawierające węgiel i azot. Doświadczenie uczy, że rolę związków organicznych przydatnych na pokarm, mogą grać tylko tłuszcze, węglowodany i białka; przytem pewna ilość tych ostatnich jest niezbędna, gdyż one tylko zawierają potrzebny dla organizmu, a ustawicznie przezeń wydzielany azot, którego tłuszcze i węglowodany są pozbawione. O stosunkach ilościowych, o składzie pokarmu decydują względy bardzo różne, nieraz nawet rozważania natury ekonomicznej, pozatem trzeba pamiętać, że jeden gram białka w organizmie może wytworzyć 4.1 wielkich kalorii, gram węglowodanów mniej więcej tyleż, a gram tłuszczu wytwarza przeszło dziewięć wielkich kalorii. Innemi słowy, pod względem energetycznym jeden gram tłuszczu może zastąpić przeszło dwa gramy węglowodanów. Z drugiej strony wiemy, że człowiek dorosły, oddający się pracy ręcznej nie bardzo ciężkiej, potrzebuje dziennie około 3000 kalorii, ilość tę można otrzymać przyjmując, prócz tlenu, wody i soli, około 118 g. białka, 56 g. tłuszczu i 500 g. węglowodanów. Zastrzedz się tutaj musimy, że liczby te są tylko przybliżone i ulegają wahaniom pod wpływem czynników przeróżnych.

O ile organizm nie dostaje wcale pokarmu lub dostaje go zbyt mało, to musi żyć kosztem własnego swego ciała, tracąc, rozumie się, na wadze; wtedy zmniejsza on możliwie wszystkie swe rozchody, całą wymianę materii, ale po pewnym czasie, straciwszy około $\frac{2}{5}$ swej wagi musi umrzeć. Człowiek bez pokarmu, otrzymując jednak wodę, może żyć do sześciu tygodni, bez wody—znacznie krócej.

Badanie organów zwierząt zmarłych z głodu pokazuje, że nie wszystkie organy ponoszą jednakowe straty; jedne z nich żyją kosztem innych; tłuszczu znika najwięcej, gdyż koło $\frac{9}{10}$, mięśnie tracą ledwie $\frac{3}{10}$, kości $\frac{1}{7}$, waga układu nerwowego nie ulega prawie żadnej zmianie.

Pokarm człowieka nie składa się z substacyi chemicznie oczyszczonych—stanowią go mogą tylko produkty naturalne, pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego. Ważniejsze z nich będą: mięso, mleko, jajka, różne jarzyny i t. d. Skład ich chemiczny wykazuje załączona tabelka, z pomocą której można obliczyć, ile w danej potrawie będzie tłuszczu, białka i węglowodanów.

Temperatura ciała ludzkiego wynosi we wnętrzu jelita przeszło 37° Celsiusza; jeżeli zaś mierzyć na powierzchni skóry, np. pod pachą, to zwykle jest od 37° nieco niższa. Wahania u człowieka zdrowego bywają bardzo niewielkie, a więc produkcya ciepła musi być zawsze równa jego stratom. Jeżeli temperatura otoczenia spada, to straty ciepła się zwiększają i musi koniecznie odpowiednio się zwiększyć jego wytwarzanie. Ponieważ przy skurezach mięśni powstaje ciepło, więc

	wody	białka	tłuszczu	węglowodanów	biłonnika
mięso wołowe chude	76.7	20.8	1.5	0.48	—
mięso wołowe tłuste	55.12	17.19	26.38	0.48	—
mleko	87.41	3.41	3.65	4.81	—
masło	14.49	0.71	83.27	0.58	—
ser szwajcarski . .	34.48	27.80	29.76	2.13	—
jajka	73.9	14.1	10.9	—	—
mąka	13.34	10.18	0.94	74.75	0.31
kartofle gotowane .	74.6	2.18	—	22.25	0.75
jabłko świeże . . .	84.79	0.36	—	12.54	1.51

podczas zimna staramy się wykonywać wiele ruchów, o czym już poprzednio była mowa. Jednocześnie wogóle zwiększa się wymiana materii i energii, o czym przekonywa nas powiększenie ilości pochłanianego tlenu i wydzielanego dwutlenku węgla. Zwykle przytem powierzchnia ciała staje się bledsza, gdyż krew odpływa do wnętrza i unika w ten sposób ochładzania się w zetknięciu z zimnem powietrzem. Odwrotnie, gdy temperatura otoczenia staje się wysoka, skóra czerwienieje, krew przyplywa na powierzchnię ciała, przytem zaczynają wzmożoną działalność gruczoły potowe i ciało pokrywa się warstwą cieczy, gwałtownie parującą. Z fizyki wiadomo, że ciecz, zamieniając się na parę, pochłania znaczne ilości ciepła; w ten sposób pot uwalnia organizm od nadmiernej ilości ciepła i nie pozwala na podwyższenie temperatury. Niektóre zwierzęta, np. pies, w tym samym celu wywieszają wilgotny język i gwałtownie oddychają; woda parująca z płuc i z powierzchni języka zastępuje tutaj pot.

Stosunki wzajemne organów.

Wszystkie organy ciała naszego są powiązane jedne z drugimi w ten sposób, że zmiany zachodzące w jednej okolicy ciała wszędzie się zaraz odbijają. Niekiedy te połączenia są uskutecznione z pomocą nerwów, kiedy indziej znowu pewne organy produkują jakieś substancje, które następnie dostają się do krwiobiegu i pobudzają do działalności cały organizm, bądź pewne jego części. Wiemy na przykład, że po wycięciu trzustki rozwija się silna choroba cukrowa, t. j. w moczu pojawiają się znaczne ilości cukru. Po usunięciu obu nadnerczy (fig. 125) zwierzęta zdychają przy objawach gwałtownego obniżenia się ciśnienia krwi, oraz osłabienia mięśniowego. W wyciągu nadnerczy udało się odnaleźć ciało, *adrenalinę* zwane, które będąc zastrzyknięte do żył wywołuje podwyższenie ciśnienia krwi. Znaczenie nadnerczy polega

właśnie na wytwarzaniu adrenaliny. Do tej samej kategorii należy *gruczoł tarczowy* (glandula thyreoidea) (fig. 121), leżący w sąsiedztwie krtani. Po wycięciu jego zwierzęta mięsożerne zawsze zdychają wśród gwałtownych objawów podrażnienia nerwowego. U człowieka choroby gruczołu tarczowego wywołują również objawy rozstroju nerwowego i zaniku inteligencji, przytem tworzy się tak zwane wole, t. j. obrzmienie szyi. Ta grupa objawów chorobowych nosi nazwę kretynizmu i spotyka się dość często w okolicach górskich np. w Szwajcaryi. Gruczoł tarczowy wytwarza znaczne ilości białka zawierającego jod i zwanego *jodotyryną*. Wprowadzanie tego związku do organizmu, pozbawionego gruczołu tarczowego, wywołuje znaczą poprawę stanu chorobowego.

KONIEC.



TREŚĆ.

	<i>Str.</i>
Przedmowa	III
Wstęp.	1
Szkielet	9
Klatka piersiowa	16
Czaszka	18
Szkielet twarzy	24
Szkielet kończyn	27
Budowa i własności ogólne kości	35
Mięśnie	37
Mięśnie pleców	39
Czynności mięśni	53
Ruchy ciała ludzkiego	59
Skóra	63
Zmysły	68
Zmysły skórne.	69
Budowa i czynności ucha	75
Zmysł słuchu	81
Zmysł powonienia	82
Zmysł smaku	84
Zmysł wzroku	85
Układ nerwowy	99
Skład chemiczny organizmu	122
Krew i jej własności	123
Krążenie krwi	129
Oddychanie	139
Głos	149
Budowa i czynności przewodu pokarmowego.	150
Budowa i czynności organów wydalania	168
Wymiana materii i ciepło zwierzęce	171
Stosunki wzajemne organów.	173



24-