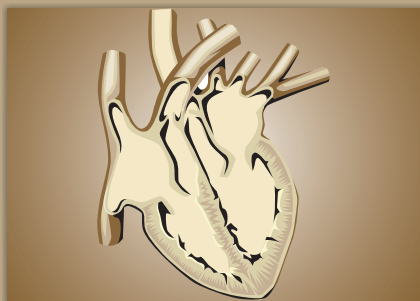


Wiktor Dzygóra

PODSTAWY HISTOLOGII

Część II Histologia wybranych narządów



**Skrypt dla studentów licencjatów pielęgniarstwa,
ratownictwa medycznego, fizjoterapii i wychowania fizycznego**



K P S W

KARKONOSKA PAŃSTWOWA SZKOŁA WYŻSZA W JELENIJ GÓRZE



WIKTOR DŻYGÓRA

PODSTAWY HISTOLOGII

Część II

Histologia wybranych narządów

*Skrypt dla studentów licencjatów
pielęgniarstwa, ratownictwa medycznego,
fizjoterapii i wychowania fizycznego*

Jelenia Góra 2016

RADA WYDAWNICZA
KARKONOSKIEJ PAŃSTWOWEJ SZKOŁY WYŻSZEJ

Tadeusz Lewandowski (przewodniczący), Grażyna Baran,
Izabella Błachno, Barbara Mączka, Kazimierz Stąpór, Józef Zaprucki

RECENZENT

Zofia Ignasiak

PROJEKT OKŁADKI

Barbara Mączka

PRZYGOTOWANIE DO DRUKU

Barbara Mączka

DRUK I OPRAWA

ESUS Agencja Reklamowo-Wydawnicza
ul. Południowa 54
62-064 Plewiska

WYDAWCA

Karkonoska Państwowa Szkoła Wyższa
w Jeleniej Górze
ul. Lwówecka 18, 58-503 Jelenia Góra

ISBN 978-83-61955-45-0

Niniejsze wydawnictwo można nabyć w Bibliotece i Centrum
Informacji Naukowej Karkonoskiej Państwowej Szkoły Wyższej
w Jeleniej Górze, ul. Lwówecka 18, tel. 75 645 33 52

Spis treści

Wstęp	7
1. Organizacja budowy narządów	9
2. Układ naczyniowy	11
2.1. Serce – topografia, budowa i układ przewodzący	11
2.2. Naczynia krwionośne	16
2.2.1. Podstawowe elementy budowy ścian naczyń krwionośnych	16
2.2.2. Klasyfikacja i ogólna budowa naczyń krwionośnych	18
2.3. Elementy sensoryczne układu krwionośnego	27
2.4. Narządy układu limfatycznego/chłonnego	28
2.4.1. Ośrodkowy układ limfatyczny	29
2.4.2. Obwodowy układ limfatyczny	33
2.4.3. Naczynia i węzły chłonne	34
2.4.4. Tkanka limfoidalna – rozproszona i grudkowa	40
2.4.5. Tkanka limfoidalna błon śluzowych – migdałki ..	41
2.4.6. Śledziona jako narząd paralimfatyczny	43
3. Narządy układu dokrewnego	46
3.1. Rozwój i klasyfikacja gruczołów dokrewnych	46
3.2. Podwzgórze	49
3.3. Przegląd i charakterystyczne cechy budowy gruczołów dokrewnych	50
3.3.1. Przysadka mózgowa	50
3.3.2. Szyszynka	53

3.3.3. Gruczoł tarczowy	54
3.3.4. Gruczoły przytarczyczne	56
3.3.5. Grasica	57
3.3.6. Część wewnętrzzydzielnicza trzustki	57
3.3.7. Gruczoły nadnerczowe	58
3.3.8. Gruczoły płciowe: jądro i jajnik	62
3.3.9. Hormony tkankowe	67
4. Rozwój, budowa i funkcje powłoki wspólnej (skóry) ..	69
4.1. Naskórek – budowa i funkcje	70
4.2. Skóra właściwa	73
4.3. Tkanka podskórna	74
4.4. Wytwory nabłonkowe skóry i ich charakterystyka ...	75
4.5. Znaczenie skóry	82
5. Narządy układu oddechowego	83
5.1. Znaczenie układu oddechowego	83
5.2. Rozwój układu oddechowego	84
5.3. Ogólna budowa układu oddechowego	85
5.3.1. Nos zewnętrzny i jama nosowa	86
5.3.2. Krtań – topografia i budowa	90
5.3.3. Tchawica – topografia i budowa	94
5.3.4. Drzewo oskrzelowe	96
5.3.5. Ogólna budowa płuc	99
5.3.6. Opłucna – rodzaje i budowa	103
5.3.7. Oddychanie, transport gazów i mechanizm regulacji oddychania	104
5.3.8. Unaczynienie płuc	105
6. Narządy układu pokarmowego	106
6.1. Ogólna budowa układu pokarmowego	107
6.1.1. Przewód pokarmowy	108
6.1.2. Gardziel i gardło	122

6.1.3. Przełyk – części i budowa	123
6.1.4. Żołądek – budowa	124
6.1.5. Jelito cienkie – części i budowa	128
6.1.6. Jelito grube – części i budowa	131
6.1.7. Wątroba i trzustka	134
7. Narządy układu wydalniczego/moczowego	139
7.1. Rozwój układu wydalniczego/moczowego	140
7.2. Nerka (ren) – topografia i budowa	141
7.3. Moczowody – budowa	148
7.4. Pęcherz moczowy – budowa	149
7.5. Cewka moczowa	150
8. Narządy układu rozrodczego/płciowego	153
8.1. Rozwój narządów rozrodczych	153
8.2. Budowa narządów rozrodczych/płciowych męskich..	155
8.2.1. Jadra i moszna	156
8.2.2. Najądrze	160
8.2.3. Nasieniowody	162
8.2.4. Pęcherzyki nasienne	163
8.2.5. Gruczoł krokowy/stercz	164
8.2.6. Gruczoły opuszkowo-cewkowe	165
8.2.7. Prącie	165
8.3. Budowa narządów rozrodczych/płciowych żeńskich.	168
8.3.1. Ogólny rozwój układu rozrodczego żeńskiego wraz z procesem oogenezy	168
8.3.2. Jajniki – topografia, budowa i cykl jajnikowy	169
8.3.3. Jajowody	175
8.3.4. Macica – budowa wraz aparatem wieszadłowym.	177
8.3.5. Tworzenie się i budowa łożyska	180
8.3.6. Pochwa	181
8.3.7. Srom niewieści	183

9. Układ nerwowy	184
9.1. Klasyfikacja układu nerwowego	184
9.2. Główne etapy rozwoju układu nerwowego	186
9.3. Podstawowe elementy strukturalne układu nerwowego	189
9.4. Ośrodkowy układ nerwowy	191
9.4.1. Topografia i budowa histologiczna istoty szarej i białej	191
9.4.2. Ogólna charakterystyka mózgowia człowieka	193
9.4.3. Budowa poszczególnych części mózgowia	196
9.4.4. Rdzeń kręgowy	212
9.4.5. Ośrodki i drogi nerwowe	217
9.4.6. Opony mózgowo-rdzeniowe	224
9.4.7. Płyn mózgowo-rdzeniowy	226
9.5. Układ nerwowy obwodowy	227
9.5.1. Nerwy czaszkowe	227
9.5.2. Nerwy rdzeniowe	234
9.5.3. Sploty nerwowe rdzeniowe	236
9.5.4. Budowa nerwów obwodowych	239
10. Układ narządów zmysłów	240
10.1. Klasyfikacja receptorów	240
10.2. Charakterystyka narządów zmysłów	242
10.2.1. Narządy czucia powierzchniowego i głębokiego	243
10.2.2. Narząd smaku	243
10.2.3. Narząd powonienia	245
10.2.4. Narząd wzroku	246
10.2.5. Narząd przedstonkowo-ślinakowy	253
Literatura	260

WSTĘP

Histologia szczegółowa zajmuje się mikroskopową **budową narządów** wchodzących w skład poszczególnych **układów**, w powiązaniu z ich **funkcjami**. Stanowi ona istotną dziedziną wiedzy związaną bezpośrednio z anatomią prawidłową.

Współczesna histologia stała się więc dziedziną **interdyscyplinarną**, integrująca dorobek naukowy ostatnich lat z pogranicza różnych dyscyplin naukowych. Istotnym problemem był dobór adekwatnych **współczesnych treści**, przy jednoczesnym dążeniu do **ograniczenia przyrostu objętości skryptu**. W II części skryptu zamieszczono starannie **wyselekcjonowane, niekiedy ujęte tabelarycznie zintegrowane treści**, które przybliżają studentowi występujące **zależności** pomiędzy **strukturą, organizacją budowy** narządów określonych układów, w powiązaniu z **osiągnięciami** dyscyplin pokrewnych. Wszelkie **terminy i pojęcia** są wyeksponowane (wytluszczone) i w pełni zdefiniowane. Treści możliwe do zróżnicowania zostały **skategoryzowane**, przedstawione tabelarycznie, co ułatwia nabywanie i **zrozumienie** wiedzy w zakresie budowy i funkcji narządów.

Opracowany skrypt, zawarte w nim wyselekcjonowane podstawowe treści i ich układ, jego struktura, wyartykułowane i wyjaśnione terminy, pojęcia, czy też opisane procesy i zjawiska zachodzące w tkankach i narządach oraz ich tabelaryczne ujęcie wskazują na jego wartość naukową i dydaktyczną.

Jest on wyjątkowo **przyjazny studentowi**, ułatwia **poznanie** i **zrozumienie** określonych cech **budowy**, występujących **zależności**, **przebiegu procesów** i **zjawisk biologicznych**, sprzyjając tym samym **percepcji**, **retencji** i **trwałości** oraz **operatywności** nabywanej wiedzy. Ułatwia studentowi kształcenie, rozwijanie i doskonalenie takich **umiejętności intelektualnych**, jak: **analizowanie**, **porównywanie**, **interpretowanie**, **projektowanie**, **rozwiązywanie problemów**, **wnioskowanie** i in.

Niniejszy skrypt zorientowany jest na potrzeby studentów studiów licencjackich w zakresie pielęgniarstwa, ratownictwa medycznego, fizjoterapii, wychowania fizycznego, jak i farmacji.

W skrypcie w stosownych częściach zamieszczonych treści wyartykułowano kolejne **numery rycin** wraz z ich **opisem**, ale **bez ilustracji**, które student będzie zmuszony odszukać w **atlasach histologicznych**, w tym m.in. w atlasie Sobotta „Histologia”. Kolorowy atlas cytologii i histologii człowieka. Tłumaczenie i opracowanie – Maciej Zabel.

Mam nadzieję, że ów skrypt spełni oczekiwania studentów kierunków przyrodniczych.

Autor

1. ORGANIZACJA BUDOWY NARZĄDÓW

Narzędem nazywamy zespół **współdziałających** z sobą tkanek tworzących charakterystyczną strukturę adaptowaną do wykonywania określonych funkcji. Z zewnątrz narządy zwykle otoczone są **torebkami łącznotkankowymi** od których odchodzi tkanka łączna wiotka, która może wnikać w głąb ich miąższu w postaci beleczek lub przegród, dzieląc je na określone części. Jeśli te wyodrębnione części otoczone są **przegrodami** nazywamy je **zrazikami**, natomiast budowę narządu – **budową zrazikową**. O ile przegrody łącznotkankowe są wyraźne, ale nie występują ze wszystkich stron, taką budowę nazywamy **budową pseudozrazikową**.

Wraz z tkanką łączną wiotką w głąb narządów wprowadzane są **naczynia krwionośne** i **pęczki włókien nerwowych**. Po opuszczeniu beleczek lub przegród łącznotkankowych rozgałęziają się tworząc sieć **naczyń włosowatych** oraz na **pojedyncze włókna nerwowe**, których zakończenia łączą się z komórkami wykonawczymi, np. mięśniowymi, gruczołowymi. Pojedynczy zrazik zwykle wyposażony jest w **odrębne unaczynienie**, natomiast w przypadku gruczołów egzokrynowych również w **odrębny przewód wyprowadzający**. **Zraziki** stanowią więc podstawowe **jednostki strukturalno-czynnościowe** narządu.

Wewnętrzne **przewody** narządów, np. układu pokarmowego, oddechowego, wydalniczego, rozrodczego i dużych gruczołów wysłane są **bloną śluzową**.

Błona śluzowa zbudowana jest z:

- **nabłonka** – położonego na blaszce podstawnej tworzącego wewnętrzną wyściółkę błony śluzowej, przy czym jego rodzaj uzależniony jest od lokalizacji,
- **blaszki właściwej** – położonej pod nabłonkiem, stanowiącej podstawowy element budowy błony, w skład której wchodzi: **tkanka łączna wiotka** lub **zbita** z dominującymi **włóknami kolagenowymi**, oprócz których znajdują się włókna sprężyste i siateczkowate oraz komórki tkanki łącznej, a także naczynia krwionośne, włókna nerwowe, gruczoły lub ich przewody wyprowadzające, jak również skupiska tkanki limfoidalnej,
- **blaszki mięśniowej** – występującej pod **blaszką właściwą**, np. w przewodzie pokarmowym w postaci kilku pokładów **komórek mięśniowych gładkich** o zróżnicowanym przebiegu, kształtujących poprzez skurcz rzeźbę błony śluzowej (podobną warstwę spotykamy w błonie śluzowej oskrzeli i oskrzelików),
- **błony podśluzowej** – zlokalizowanej pod blaszką mięśniową w postaci warstwy **tkanki łącznej**, o luźnym układzie **włókien kolagenowych** zapewniających ograniczoną ruchomość błony śluzowej względem podłoża, przytwierdzającej całą błonę śluzową do leżących pod nią tkanek; błony śluzowe pozbawione tej warstwy nie przesuwają się względem podłoża, gdyż przytwierdzone są do podłoża bardziej zbitą blaszką właściwą.

2. UKŁAD NACZYNIOWY

Układ krwionośny tworzy obwód **zamknięty**, w skład którego wchodzi: **serce** oraz **naczynia krwionośne** – tętnicze, żyłne i włosowate. W warunkach prawidłowych krew nie opuszcza naczyń krwionośnych. Zjawisko krążenia odkrył W. Harvey w 1628 r.

2.1. Serce – topografia, budowa i układ przewodzący

Mięśniowy narząd o działaniu pompy ssąco-tłoczącej, kształcie nierównomiernie uformowanego **stożka**, nieco spłaszczonego w wymiarze przednio-tylnym. Jego wielkość odpowiada wielkości pięści, masa – zależnie od masy ciała – u mężczyzny wynosi od **280 – 340 g**, natomiast kobiet – od **230 – 280 g**.

Serce położone jest w śródpiersiu środkowym na przestrzeni między III a VI żebrami, przy czym 2/3 leży na lewo od płaszczyny pośrodkowej, a tylko 1/3 na prawo. **Oś serca** – linia łącząca środek **podstawy serca** ze środkiem jego **koniuszka** tworzy z osią podłużną ciała kąt około 45°. Serce jest **skręcone w lewo** tak, że do przedniej ściany klatki piersiowej przylega głównie komora prawa i przedsionek lewy. Podstawa serca zwrócona jest ku górze, nieznacznie w prawo i ku tyłowi, natomiast jego koniuszek – w dół, w lewo i ku mostkowi.

W tym położeniu serce utrzymują: naczynia tętnicze i żyłne, przepona i więzadło mostkowo-osierdziowe.

W sercu wyróżnia się dwie **części serca**: **podstawę serca**, utworzoną z przedsionków i dużych naczyń wychodzących i wchodzących do serca (korona serca) oraz **wierzchołek serca**, utworzony głównie przez komorę lewą.

Serce podzielone jest na cztery jamy: **dwa przedsionki** (prawy i lewy) i **dwie komory** (prawą i lewą), oddzielone od siebie przegrodami – **międzyprzedsionkową** i **międzykomorową**. Przedsionki od komór oddzielone są przez **przegrody przedsionkowo-komorowe** wraz z ujściami.

W aspekcie fizjologicznym przedsionek i komorę prawą nazywa się **prawy sercem**, natomiast przedsionek i komorę lewą – **lewym sercem**. Ściana serca zbudowana jest z trzech warstw, tj. wewnętrznej, środkowej, zewnętrznej.

- **Wewnętrzna** zwaną **wsierdziem** (*endocardium*) – wyściełająca jamy serca, budująca główną część zastawek. Składa się z gładkiej, pokrytej **śródbłonkiem błony łącznotkankowej** (włóknistej), leżącej na błonie podstawnej, pod którą znajduje się tkanka łączna zróżnicowana na warstwę:
 - **luźną z fibroblastami** i nieznaczną ilością włókien sprężystych,
 - **mięśniowo-sprężystą** o utkaniu zwartym, z dominacją włókien sprężystych, poza kolagenowymi oraz komórek mięśniowych gładkich,
 - **podwsierdziową** łączącą się z śródsierdziem, w której rozgałęziają się **naczynia, nerwy i struktury układu przewodzącego** oraz występują lipocyty.
- **Środkowa**, zwana **śródsierdziem/sierdziem** (*myocardium*) – zbudowana z **tkanki mięśniowej poprzecznie**

prążkowanej sercowej, tworzącej przestrzenną sieć, której wolne miejsca wypełnione są gęstą siecią naczyń włosowatych. Część **przedsionkowa** składa się z dwóch warstw: **powierzchnowej** i **głębokiej**, natomiast część **komorowa** z trzech, tj. zewnętrznej **skośnej** – wspólnej dla obu komór, środkowej **okrężnej** – zewnętrznej wspólnej, głębszej oddzielnej i wewnętrznej **podłużnej** – osobnej dla każdej komory. Głębsze warstwy układają się spiralnie, powodują wypychanie krwi z jam serca. Uwy puklenia śródsierdzia w kierunku jam komór tworzą **mięśnie brodawkowate**, które za pośrednictwem **strun ścięgniastych** napinają płatki zastawek.

- **Zewnętrzna**, otaczająca serce **blona surowicza**, zwana **osierdziem** (*pericardium*), która zróżnicowana jest na **blaszkę trzewną wewnętrzną** zwaną **nasierdziem**, przylegającą bezpośrednio do mięśnia sercowego i zewnętrzną **blaszkę ścienną** ograniczającą jamę osierdzia. **Nasierdzie** pokryte jest **nabłonkiem jednowarstwowym płaskim**. Zbudowane jest z silnie unaczynionej i unerwionej **tkanki łącznej właściwej**. Natomiast **blaszka ścienna** zbudowana jest z **tkanki łącznej włóknistej zbitej**, pokrytej od strony jamy osierdzia **nabłonkiem jednowarstwowym płaskim**. Nasierdzie i blaszka ścienna tworzą **worek osierdziowy** z szczelinowatą **jamą osierdzia** wypełnioną płynem surowicznym zmniejszającym tarcie.

Ściany **przedsionków** są cienkie i wiotkie o grubości **2 – 3 mm**, natomiast komór są znacznie grubsze i zróżnicowane. **Komora prawa** ma grubość około **5 mm**, natomiast **komora lewa** około **15 mm**.

Budowa zastawek

Pomiędzy jamą przedsionka prawego a jamą komory prawej znajduje się **ujście przedsionkowo-komorowe prawe**, w którym znajduje się **trójdzielna zastawka przedsionkowo-komorowa prawa** otwierająca się w stronę komór. Jej **trzy płatki** osadzone są na pierścieniu włóknistym. Do powierzchni komorowej płatków zastawki przytwierdzone są pasma tkanki włóknistej zwartej, zwane **strunami ścięgnistymi**, odchodzącymi od stożkowatych wyniosłości mięśnia sercowego w obrębie komory, zwanych **mięśniami brodawkowatymi** (*Musculus papillaris*). Struny uniemożliwiają cofanie się krwi do przedsionka podczas skurczu komory. Pomiędzy przedsionkiem lewym i komorą lewą znajduje się **ujście przedsionkowo-komorowe lewe**, wyposażone w **zastawkę dwudzielną** (mitralną), zbudowaną z **dwóch płatków** do których również przytwierdzone są struny ścięgniste, odchodzące od mięśni brodawkowatych komory lewej.

Zastawki zbudowane są z trzech warstw:

- **środkowej** – utworzonej z tkanki łącznej **włóknistej zbitej**, charakteryzującej się obecnością włókien kolagenowych i sprężystych, u nasady zastawek łączącej się z pierścieniami włóknistymi,
- **podwójnej blaszki wsierdzia**, tj. od strony przedsionków i komór, stanowiących przedłużenie wsierdzia.

Do ścian serca zaliczamy także **szkielet serca i układ przewodzący**.

Szkielet serca. Należą tu struktury łącznotkankowe leżące wokół ujść serca, do których przytwierdzają się **włókna mięśniowe i zastawki**:

- **pierścienie włókniste przedsionkowo-komorowe,**
- **pierścienie włókniste pnia płucnego i aorty,**
- **trójkąty włókniste** – położone między pierścieniem przedsionkowo-komorowym lewym a pierścieniem aorty oraz pomiędzy pierścieniami przedsionkowo-komorowymi.

[Ryc. 1. patrz: Szkielet serca, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas cytologii i histologii człowieka*. Tłumaczenie i opracowanie: Maciej Zabel]

Układ przewodzący (*systema conducens cordis*). Odpowiedzialny jest za utrzymanie **rytmicznej pracy serca** i **koordynację** czynności poszczególnych jego części. Dzięki temu układowi serce wykazuje zdolność do wykonywania rytmicznych skurczów, niezależnie od wszelkich czynników pozasercowych, co określamy mianem **automatyzmu serca**. W powiązaniu z **układem autonomicznym** dostosowuje pracę serca do aktualnego zapotrzebowania organizmu. **Układ przewodzący** zbudowany jest z **włókien Purkinjego**, stanowiących embrionalną postać włókien mięśniowych zawierających więcej sarkoplazmy, a mniej miofibryli. Włókna te tworzą skupienia w postaci następujących **węzłów i pęczków**:

- **węzeł zatokowo-predsionkowy = Keith-Flacka** – położony jest przy ujściu żyły głównej górnej, stanowi on nadrzędny, **pierwszorzędowy ośrodek automatyzmu serca**, nazywany **rozrusznikiem serca**,
- **węzeł przedsionkowo-komorowy = Aschoff-Tawary** – położony w trójkącie między przegrodą międzypredsionkową od strony przedsionka prawego, płatkami zastawki trójdzielnej i ujściem zatoki wieńcowej, stanowiąc **drugorzędowy ośrodek automatyzmu serca**,

- **pęczek przedsionkowo-komorowy = Paladino-Hisa** dzielący się na dwie odnogi: **prawą i lewą**, tworzy **trzeciorzędowy ośrodek automatyzmu serca**.

[Ryc. 2. patrz: Układ przewodzący serca, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz.cyt.]

2.2. Naczynia krwionośne

2.2.1. Podstawowe elementy budowy ścian naczyń krwionośnych

Do podstawowych elementów budowy ścian naczyń krwionośnych należą: **śródbłonek**, **perycyty**, **miocyty** tkanki mięśniowej gładkiej, **trzy rodzaje włókien**: kolagenowe, sprężyste i siateczkowate, **substancja podstawowa** wraz z **komórkami tkanki łącznej**.

Śródbłonek pokrywający naczynie od wewnątrz ma typowy układ budowy **nabłonka jednowarstwowego płaskiego**. Komórki śródbłonka wykazują cechy pośrednie między komórkami tkanki nabłonkowej a komórkami tkanki łącznej. Są one spłaszczone, o romboidalnym kształcie i jądrze wydłużonym zgodnie z długą osią naczynia. W cytoplazmie występują liczne pęcherzyki pinocytotyczne, filamenty aktynowe, pośrednie oraz specyficzne dla tętnic pałeczkowate ciała Weibela-Palade'a zawierające VIII czynnik krzepnięcia. Komórki śródbłonka ściśle do siebie przylegają, przy czym na ich styku w kapilarach występują pojedyncze lub podwójne fałdy cytoplazmatyczne ułatwiające przenikanie leukocytów przez ścianę naczynia.

Śródbłonek – poza tworzeniem wyściółki naczyń – pełni szereg innych istotnych funkcji:

- zapewnia **prawidłowy przepływ krwi**; przy uszkodzeniu, czy zaawansowanej miażdżycy w odpowiedzi na kontakt krwi z głębiej położonymi warstwami ścianki naczyń powoduje agregację płytek krwi i inicjuje proces krzepnięcia,
- reguluje **transport substancji** przez ścianę naczyń włosowatych (gazy, substancje niskocząsteczkowe hydrofobowe i hydrofilowe, substancje wysokocząsteczkowe),
- wytwarza składniki **istoty międzykomórkowej** (kolagen, laminina, proteoglikany i in.) i **substancje biologicznie czynne** (czynnik VIII, czynnik aktywujący płytki krwi, prostacyklina – zapobiegająca agregacji płytek, endoteliny – pobudzające skurcz mięśniówki, tlenek azotu – działający rozkurczowo, śródbłonkowy czynnik wzrostu i inne),
- **metabolizuje** substancje wydzielane i krążące we krwi, np. aktywuje angiotensynę I, inaktywuje noradrenalinę, serotoninę czy też bradykininy, dzięki ektoenzymom hydrolizuje lipoproteidy,
- reguluje przenikanie **leukocytów** przez ścianę naczyń,
- komórki śródbłonka ulegające apoptozie **fagocytują** leukocyty,
- uczestniczy w tworzeniu **nowych naczyń włosowatych** (angiogeneza).

Perycyty otaczają śródbłonek, występują w naczyniach włosowatych (*kapilary*) i pozawłosowatych (*postkapilary*). Są to spłaszczone z dwiema głównymi wypustkami protoplazmatycznymi komórki. Wypustki te biegną zgodnie z długą osią naczyń. Od nich odchodzą liczne wypustki, częściowo lub całkowicie obejmujące obwód naczyń. Zawierają one liczne

mikrofilamenty aktynowe. Perycyty otoczone są własną blaszką podstawną, wykazują kurczliwość, syntetyzują składniki blaszki podstawnej, mają zdolność różnicowania się np. w fibroblasty, chondroblasty, osteoblasty, mioblasty i inne. W związku z ich dużym potencjałem dyferencjacji w inne rodzaje komórek uważa się je za odmianę **mezenchymatycznych komórek macierzystych**.

Miocyty tkanki mięśniowej gładkiej, komórki oraz włókna tkanki łącznej opisano w I części skryptu.

2.2.2. Klasyfikacja i ogólna budowa naczyń krwionośnych

Wyróżnia się następujące naczynia krwionośne:

- **naczynia tętnicze** – transportujące krew od serca do narządów,
- **naczynia żyłne** – transportujące krew z narządów do serca,
- **naczynia włosowate** (kapilary) – zespalają tętnice z żyłami, umożliwiając przepływ krwi z układu tętniczego do żylnego – wymiana między krwią a tkankami.

W organizmie naczynia tętnicze poprzez sieć kapilar przechodzą w naczynia żyłne, tworząc zamknięty układ krążenia.

Jednakże unaczynienie w niektórych narządach odbiega od **przedstawionego schematu**, np. w **nerkach** ma miejsce **sieć dziwna tętniczo-tętnicza**, w **wątrobie sieć dziwna żylna-żylna**, natomiast w **śledzionie** i **łożysku** występuje **krążenie otwarte**, gdzie krew z naczyń włosowatych wylewa się do **miazgi czerwonej śledziony** lub do **przestrzeni międzykomkowych łożyska** (wysłanych śródbłonkiem).

Ogólna budowa naczyń krwionośnych

Ściany naczyń wykazują budowę **trójwarstwową**. Wyróżnia się więc:

1. **blonę wewnętrzną** (*tunica intima*) – składającą się ze **śródblonka, tkanki łącznej wiotkiej i błony sprężystej**,
2. **blonę środkową** (*tunica media*) – zbudowaną z warstwy **komórek mięśniowych gładkich** oraz **włókien lub blaszek sprężystych** oraz **kolagenowych** i **siateczkowatych** występujących w zróżnicowanych proporcjach, regulującą średnicę naczynia,
3. **blonę zewnętrzną/przydanek** (*tunica adventitia*) – zbudowaną głównie z włókien kolagenowych, przytwierdzających ścianę naczynia do zwykle otaczającej **tkanki łącznej wiotkiej**; w przydance mogą także występować włókna **sprężyste** i **siateczkowate** oraz komórki tkanki łącznej, komórki mięśniowe gładkie, jak i naczyńioruchowe włókna nerwowe.

Stopień wykształcenia poszczególnych warstw, ich proporcje, a zatem ich budowę determinuje rodzaj naczynia, jego średnica i topografia.

Ściany naczyń krwionośnych unaczynione są przez specjalne **naczynia naczyń** i unerwione są przez **układ autonomiczny**.

Naczynia tętnicze

Charakterystycznymi cechami tętnic jest ich elastyczność i napięcie, co wiąże się z obecnością w ich ścianach włókien sprężystych/elastycznych i komórek mięśniowych gładkich.

Wyróżnia się trzy **rodzaje tętnic**:

- **tętnice typu sprężystego** – w których błonie środkowej są dobrze wykształcone **włókna sprężyste**; są to tętnice o dużej średnicy $>1\text{cm}$: aorta i jej gałęzie, wytrzymałe ciśnienie do 20 atm.,
- **tętnice typu mięśniowego** – w błonie środkowej dominują **włókna mięśniowe**; są to tętnice o mniejszej elastyczności i średnicy wahającej się od $100\ \mu\text{m}$ – $1\ \text{cm}$,
- **tętniczki** – są małymi tętnicami o średnicy $<100\ \mu\text{m}$, które w błonie środkowej posiadają od 1 – 5 **warstw mięśni gładkich**.

Tętnice typu sprężystego to duże tętnice odchodzące od serca lub aorty, tj. pień płucny wraz z tętnicami płucnymi, aorta, tętnice szyjne wspólne, podobojczykowe, biodrowe wspólne. Posiadają one znacznie **grubszą warstwę wewnętrzną** w stosunku do tętnicy typu mięśniowego. Występuje w niej blaszka sprężysta wewnętrzna zróżnicowana na warstwę wewnętrzną i zewnętrzną. Warstwę podśródbłonkową tworzy tkanka łączna luźna pokryta od wewnątrz **śródbłonkiem**. Silnie **rozbudowana warstwa środkowa** zawiera koncentrycznie ułożone **blaszki sprężyste** o grubości od $2 - 3\ \mu\text{m}$, których liczba zależy od odległości od serca waha się od 10 – 70. Pomiedzy nimi występują **komórki mięśniowe gładkie**, których liczba i wielkość zmniejsza się w stronę serca. Relatywnie cienka **blona zewnętrzna/przydanka** zawiera własną sieć naczyń. Od błony środkowej oddzielona jest blaszką sprężystą zewnętrzną. Tętnice typu sprężystego **amortyzują amplitudę ciśnień**, tj. skurczowego i rozkurczowego, umożliwiając tym samym zamianę pulsacyjnego strumienia krwi wyrzucanej z komór serca na ciągły. Energia związana z wyrzutem krwi z serca oddziałuje na ścianę

tętnicy, powodując jej rozszerzenie. Podczas rozkurczu energia ta jest oddawana a obkurczająca się tętnica powoduje dodatkowe przyspieszenie strumienia krwi.

Tętnice typu mięśniowego tworzą większość naczyń tętniczych, tj. część dużych oraz wszystkie tętnice małe i średnie, będące odgałęzieniami tętnic sprężystych. W **blonie wewnętrznej** występuje cienka warstwa **podśródbłonkowa** otoczona grubą, niekiedy podwójną **blaszką sprężystą**. **Błona środkowa** utworzona jest z zwartej warstwy **mięśni gładkich** o spiralnym, okrężnym układzie oraz nielicznych **włókien sprężystych**. Na pograniczu warstwy środkowej i zewnętrznej zlokalizowana jest **blaszka sprężysta zewnętrzna**. **Błona zewnętrzna** zbudowana jest z silnie unaczynionej i zawierającej liczne sploty nerwowe **tkanki łącznej luźnej**. Tętnice typu mięśniowego ze względu na znaczną kurczliwość regulują rozdział krwi (dystrybuują) do poszczególnych obszarów unaczynienia (skurcz naczynia ogranicza przepływ krwi, rozkurcz – nasila).

Tętniczki (*arteriole*) są małymi naczyniami krwionośnymi, których średnica zewnętrzna jest $<100\ \mu\text{m}$, a stosunek grubości ściany do średnicy naczynia ma się jak 2: 1. **Błona wewnętrzna** jest cienka, złożona z **śródbłonka** oraz **blaszki sprężystej wewnętrznej**. W skład **blony środkowej** wchodzi **mięśniówka gładka** o przebiegu okrężnym, zbudowana z 1 – 5 warstw. Niniejsza błona wykazuje bogate unerwienie współczulne, powodujące zwężenie naczyń. Napięcie mięśniówki gładkiej decyduje o obwodowym **oporze łożyska naczyniowego** i tętniczym **ciśnieniu krwi**. Z zewnątrz naczynia występuje słabo wykształcona **błona zewnętrzna/przydanka**.

Tętniczki przechodzące w **naczynia włosowate** (*kapilary*) – nazywamy **tętniczkami przedwłosowatymi** (*prekapilary*). Osiągają one średnicę do 20 μm , wg innych autorów – od 20 – 70 μm . W miejscu odchodzenia od prekapilary naczynia włosowatego występują okrężnie ułożone komórki mięśniowe gładkie pełniące funkcję **zwieracza przedwłosowatego**, regulującego przepływ krwi.

Naczynia włosowate dostarczają narządom krew bogatą w tlen i substancje odżywcze.

[Ryc. 3. patrz: Budowa tętnic typu sprężystego i mięśniowego oraz tętniczki na przekroju poprzecznym, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Naczynia żyłne

Naczynia żyłne są naczyniami o **niskim ciśnieniu krwi**. Przepływ krwi w żyłach odbywa się w kierunku serca przy pomocy skurczu **mięśni szkieletowych, zastawek żylnych i gradientowi ciśnienia** wytworzonymu przez lewą komorę serca. Czynnikiem dodatkowo wspomagającym jej przepływ jest **ujemne ciśnienie w klatce piersiowej** oraz nieznaczące **napięcie ścian naczyń żylnych**. W porównaniu z tętnicami ich ściany są **cieńsze**, z dość wyraźnie **zatartą budową warstwową i mniejszą zawartością** komórek mięśniowych gładkich. Wyróżnia się następujące rodzaje żył:

- **żyły duże** – do których zalicza się żyły doprowadzające krew do serca, tj. żyłę główną górną i dolną oraz żyłę wrotną wraz z naczyniami od nich odchodzącymi,
- **żyły małe i średnie** – z dobrze rozwiniętymi zastawkami, szczególnie w kończynach dolnych,

- **żyłki** (*wenule*) – najmniejsze żyły o średnicy 20 – 30 μm , wyraźnie oddzielone od naczyń kapilarnych/włosowatych.

Żyły duże charakteryzują się **grubszą** i bardziej **sztywną ścianą** o budowie trójwarstwowej. W **blonie wewnętrznej** pod warstwą podśródbłonkową znajduje się błona sprężysta wewnętrzna i pojedyncze miocyty. **Błona środkowa** zawiera nieliczne miocyty gładkie. Najlepiej wykształcona jest **błona zewnętrzna/przydanka** zbudowana z tkanki łącznej luźnej, w której dodatkowo występują **podłużnie ułożone mięśnie gładkie**. Taka budowa zapobiega **zapadaniu się ściany żyły** przy zerowym lub ujemnym ciśnieniu krwi, które pojawia się w wyniku ssącej pracy serca oraz wzmożonego ciśnienia w klatce piersiowej podczas nasilonego wydechu. Najbliższe sercu odcinki posiadają w ścianie włókna mięśnia sercowego zamiast mięśniówki gładkiej.

Żyły małe i średnie mają słabo rozwiniętą **blonę wewnętrzną**, która oprócz śródbłonka, cienkiej warstwy podśródbłonkowej zawiera błonę sprężystą wewnętrzną. **Błona środkowa** jest nieco grubsza, złożona z 2 – 4 warstw mięśniówki gładkiej, przeplecionej podłużnie ułożonymi włóknami kolagenowymi z niewielką ilością włókien sprężystych o przebiegu okrężnym. **Błona zewnętrzna/przydanka** jest stosunkowo gruba i zawiera pęczki włókien kolagenowych.

Występujące w żyłach **zastawki żyłne** są **faldami błony wewnętrznej** zbudowanej z śródbłonka leżącego na błonie podstawnej oraz szkieletu włóknisto-kolagenowego. Podstawa zastawek zaopatrzona jest w silnie rozwinięte **włókna kolagenowe** i **sprężyste**. Zwykle tworzą je dwa lub trzy płatki, zależnie od ich średnicy i topografii. W ich zrębie występują **komórki mięśniowe gładkie**. Płatki zastawek położone są

naprzeciwko siebie, zamykają się biernie pod wpływem siły grawitacji krwi. Najwięcej zastawek znajduje się w żyłach kończyn dolnych (brak zastawek w żyłach wątroby, nerek, płuc, mózgu i żyłach głównych).

Żyłki należą do najmniejszych żył, wyraźnie odgraniczonych od naczyń włosowatych. Ściana żyłek zbudowana jest z warstwy komórek śródbłonka i tkanki łącznej włóknistej z rozmieszczonymi w niej nielicznymi miocytami gładkimi. Ich ściana zawiera pory uczestniczące w transporcie pomiędzy krwią a tkankami. Większe żyłki mają wyodrębnioną warstwę środkową z nielicznymi miocytami gładkimi i słabo wykształconą łącznotkankową przydanekę.

Żyły transportują krew z produktami przemiany materii a także krew utlenowaną z płuc do serca.

[Ryc. 4. patrz: Budowa żyły dużej, średniej i żyłki na przekroju poprzecznym, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas... dz. cyt.*]

Naczynia włosowate

Naczynia włosowate (*kapilary*) stanowią przedłużenie **tętniczek przedwłosowatych** (*prekapilary*), osiągając średnicę od 7 – 9 μm . Tworzą one silnie rozgałęzioną, bogatą sieć w narządach i tkankach, umożliwiając tym samym wymianę płynów i substancji między krwią a tkankami na zasadzie dyfuzji, filtracji i resorpcji. Nie występują one jedynie w chrząstkach, tkance twardej zęba i nabłonku.

W skład ściany **naczynia włosowatego** wchodzi: **śródbłonek, błona podstawna i perycyty**.

Śródbłonek – zbudowany z komórek wielokątnych lub wydłużonych (10 – 50 μm), ułożonych długą osią zgodnie z kierunkiem przepływu krwi, zawierających liczne pęcherzyki pinocytarne, świadczące o nasilonym transporcie. Wyróżnia się trzy rodzaje śródbłonek, tj. **bezokienkowy** – o ścisłych połączeniach między komórkami (mięśnie, ośrodkowy układ nerwowy, grasica i in.), **okienkowy** – z otwartymi okienkami (kłębuszki nerkowe) lub okienkami z przeponką (kosmki jelitowe, gruczoły dokrewne i in.) i **nieciągly** – z okienkami w komórkach i niepełną błoną podstawną (szpik, śledziona, naczynia wątroby).

Śródbłonek naczyń włosowatych pełni następujące funkcje:

- uczestniczy w wytwarzaniu substancji międzykomórkowej tkanki łącznej (kolagen, glikozaminoglikany),
- bierze udział w procesie krzepnięcia krwi i fibrynolizie; antykoagulacyjna funkcja wiąże się z ujemnym ładunkiem na jego powierzchni (glikozaminoglikany) i działaniem wytwarzanej przez śródbłonek prostaglandyny PGI-2 oraz α -2-makroglobuliny (inhibitory proteaz układu krzepnięcia i fibrynolizy); wytwarza tromboplastynę – niezbędną do zainicjowania zewnątrzpochodnego toru krzepnięcia i trombomodulinę pobudzającą proces krzepnięcia,
- produkuje czynnik VIII krzepnięcia krwi, tzw. czynnik von Hillebranda,
- uczestniczy w reakcjach immunologicznych,
- wytwarza interleukiny 2, 3 i 6, czynnik wzrostu i dojrzewania granulocytów, wpływając na adhezję i proliferację leukocytów; wykazuje zdolność wiązania antygenów,
- stanowi selektywną barierę dla komórek krążących w krwi,

- reguluje napięcie ściany naczyń krwionośnych, wpływając na ciśnienie krwi (obniżają – tlenek azotu i prostacyklina, podnoszą – endotelina),
- bierze udział w procesie angiogenezy i metabolizmie lipidów,
- transportuje różne substancje pomiędzy krwią a tkankami; przenikają komórki – głównie leukocyty i inne elementy morfotyczne krwi.

Błona podstawna – stanowi podłoże komórek śródbłonka, umożliwia filtrację i dyfuzję przez naczynia. Utworzona jest z dwóch blaszek: **blaszki podstawnej** – jednorodnej, zbudowanej z kolagenu i glikoprotein oraz **blaszki siateczkowej** – utworzonej z włókien siateczkowych.

Perycyty – otaczają z zewnątrz naczynia włosowate i poza-włosowate. Są to komórki spłaszczone z dwiema centralnymi wypustkami, biegnącymi zgodnie z długą osią naczynia od których odchodzą wypustki częściowo lub całkowicie obejmujące obwód naczynia. Wypustki zawierają mikrofilamenty aktynowe. Otoczone są one własną blaszką podstawną.

Perycyty pełnią funkcje jak następuje:

- regulują przepływ krwi przez naczynia włosowate (zdolność kurczenia się),
- produkują składniki istoty międzykomórkowej (własnej blaszki podstawnej),
- uczestniczą w przebudowie łożyska naczyniowego podczas rozwoju, regeneracji uszkodzeń, wykazując duży potencjał różnicowania się mogą przekształcać się w fibroblasty, chondroblasty, osteoblasty, adipocyty i miocyty gładkie (pod wpływem niektórych czynników mogą także ulegać różnicowaniu się we włókna mięśniowe

szkieletowe); stanowią one szczególną odmianę mezenchymatycznych **komórek macierzystych**.

Naczynia włosowate przechodzą w **naczynia zawłosowate** (*postkapilary*), czyli żyłki pozawłosowate. Charakteryzuje je większa średnica od naczyń włosowatych i ciągła warstwa perycytów.

Naczynia włosowate pośredniczą w wymianie gazowej, składników odżywczych i produktów przemiany materii pomiędzy krwią a komórkami i tkankami.

Ściany naczyń krwionośnych unaczynione są przez specjalne **naczynia naczyn** i unerwione są przez **układ autonomiczny**.

[Ryc. 5. patrz: Budowa naczyń włosowatych na przekroju poprzecznym, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

2.3. Elementy sensoryczne układu krwionośnego

Strukturami układu krwionośnego monitorującymi skład chemiczny i ciśnienie krwi są **kłębki szyjne** i **aortalne** oraz **zatoka szyjna**.

- **Kłębek szyjny** (3 x 5 mm) – położony jest w okołonaczyniowej tkance łącznej w okolicy rozwidlenia tętnicy wspólnej szyjnej. W łącznotkankowym jej zrębie zlokalizowane są dwa rodzaje komórek: **komórki kłębkowe** (typu I) i **komórki osłonowe** (typu II).

Komórki kłębkowe charakteryzujące się wypustkami i licznymi ziarnistościami z ciemnym rdzeniem oraz jasnymi pęcherzykami. Ziarnistości z ciemnym rdzeniem zawierają noradrenalinę, dopaminę i serotoninę.

Komórki osłonowe są zmodyfikowanymi komórkami Schwanna posiadają wypustki otaczające grupy komórek kłębkowych.

Kłębki szyjne monitorują **stężenie tlenu, dwutlenku węgla i jonów wodorowych (pH)** we krwi, przekazując informacje do ośrodka oddechowego.

- **Kłębki aortalne** – podobne struktury o mniejszych wymiarach, położone przy łuku aorty.
- **Zatoka szyjna** – rozszerzenie tętnicy szyjnej wewnętrznej położona nad odejściem od tętnicy szyjnej wspólnej. Rozszerzony odcinek posiada cienką warstwę środkową i zgrubiałą przydanę z licznymi **czuciowymi zakończeniami nerwowymi**, które reagują na rozciąganie ściany, monitorując w ten sposób ciśnienie krwi.

2.4. Narządy układu limfatycznego/chłonnego

Układ limfatyczny (*systema lymphaticum*) ze względu na przebieg rozwoju, budowę anatomiczną i fizjologię bezpośrednio związany jest z układem krwionośnym.

Dotychczas nie w pełni poznano i wyjaśniono rozwój układu chłonnego. Istnieją dwie teorie dotyczące procesu rozwoju podstawowych jego struktur:

- a) **teoria rozwoju obwodowego** fakt powstawania naczyń chłonnych wiąże z łączeniem się **przestrzeni międzykórkowych**, przy braku innych odrębnych związków,
- b) **teoria rozwoju ośrodkowego** (uznawana obecnie) zakłada, że układ chłonny rozwija się po zakończeniu rozwoju naczyń krwionośnych i jest genetycznie związany z **naczyniami żylnymi**.

Zbudowany jest on z narządów **ośrodkowego i obwodowego** układu limfatycznego.

2.4.1. Ośrodkowy układ limfatyczny

Ośrodkowy układ limfatyczny nie bierze bezpośrednio udziału w procesach immunologicznych a jedynie dostarcza doń komórki. W skład tego układu wchodzi: **szpik kostny** i **narządy paralimfatyczne** oraz **grasica**.

Szpik kostny – odpowiedzialny jest za wytwarzanie elementów morfotycznych krwi wraz z komórkami układu immunologicznego, wywodzącymi się z wspólnej komórki macierzystej krwiotworzenia. Wyróżnia się **szpik czerwony** i **żółty**.

Szpik czerwony/krwiotwórczy położony jest między beleczkami tkanki kostnej gąbczastej kości krótkich i płaskich oraz w nasadach kości długich. Zróżnicowany jest na dwie części: **śródnacyniową** i **pozanacyniową**.

- **Część śródnacyniowa/zatokowa** – zbudowana jest z szerokich **naczyń zatokowych** powstałych z odgałęzień tętnic odżywczych kości, naczyń okostnej i mięśni otaczających kości. Połączone naczynia zatokowe tworzą **zatoki zbiorcze**, otwierające się do naczyń, tzw. **zatok centralnych**, z których krew odpływa przez żyłę wypustową położoną w kanale odżywczym.

Zatoki szpiku wyścielone są płaskimi, ściśle przylegającymi do siebie **komórkami płaskimi śródbłonka**. Błona podstawna śródbłonka jest słabo wyodrębniona lub nieobecna. Komórki śródbłonka położone są bezpośrednio na nieciągłej warstwie komórek perycytów, tworzących siateczkowatą przydanke. Bogato wykształcone wypustki tych komórek otaczają nie tylko ścianę zatok, ale również wnikają do części pozanacyniowej. Ściana zatok stanowi barierę między częścią nacyniową i pozanacyniową, decyduje o selektywnym przenikaniu odpowiednio

dojrzałych komórek do krwi, co ma miejsce w ścianach zatok pozbawionych perycytów. W tych miejscach okienka komórek śródbłonna mają charakter dynamiczny, mogą się przemieszczać lub zlewać, tworząc większe otworki, tzw. pory migracyjne. Proces przenikania komórek krwi do światła naczyń zatokowych regulują czynniki wzrostu, erytropoetyna oraz zależy od charakteru glikokaliksu komórek śródbłonna.

- **Część pozanaczyniowa** – zbudowana z tkanki siateczkowej, pełniąc funkcję nie tylko podporową, ale także odgrywającą główną rolę w regulacji hemopoezy. W skład tej części wchodzi także makrofagi i pojedyncze komórki tłuszczowe (lipocyty). Powstawanie i dojrzewanie różnorodnych komórek będących na różnych stadiach rozwojowych elementów morfotycznych krwi odbywa się w **tkance siateczkowej**.

Szpic żółty powstaje wraz z wiekiem. Komórki siateczki bioakumulują tłuszcz przekształcający się w komórki tłuszczowe (lipocyty), co prowadzi do przekształcenia się szpiku czerwonego w szpic żółty, który ztraca funkcję krwiotwórczą, choć w pewnych sytuacjach może ją podjąć. Wypełnia on jamy szpikowe kości długich.

Grasica (*glandula thymus*).

Grasica ze względu na pełnienie **funkcji obronnej** organizmu zaliczana jest do układu chłonnego, natomiast z uwagi na **funkcję wydzielniczą**, bowiem wytwarza hormony – do **gruczolów dokrewnych**.

Położona jest w **klatce piersiowej** za mostkiem w przedniej, górnej części śródpiersia. Szczytowy rozwój przypada na **okres pokwitania**, osiągając w tym czasie około 6 cm długości,

4 cm szerokości, 1 cm grubości oraz masę ok. 35 g. Po osiągnięciu dojrzałości płciowej ulega **zanikowi** (atrofii), stając się tzw. **ciałkiem resztkowym pograsiczym**.

Grasica składa się z **dwóch płatów**: prawego i lewego (*lobus dexter et sinister*), otoczonych **torebką** (*capsula*) od której odchodzą przegrody tkanki łącznej, dzielące narząd na niepełne **placiki** (*lobus thymi*). Każdy placik zróżnicowany jest na ciemniejszą – **część korową** i jaśniejszą – **część rdzenną**. W części środkowej placików znajdują się **ciałka grasicy** (*corpuscula thymi*), nazywane ciałkami Hassala, których liczba podczas dojrzewania wzrasta do ok. miliona. Zrąb placików utworzony jest z komórek nabłonkowych o kształcie **gwiazdzistym**, których cytoplazma zawiera ziarnistości, a w nich polipeptydowe **hormony grasicy**, regulujące czynności układu immunologicznego. Między komórkami gwiazdzistymi występują **tymocyty**, które w wyniku kontaktu z komórkami nabłonkowymi różnicują się w **limfocyty**.

Grasicy przypisuje się szczególną funkcję bezpośrednio związaną z systemem obronnym. Jest najwcześniej powstającym narządem limfatycznym rozpoczynającym produkcję limfocytów jeszcze przed urodzeniem. Rozwija się z nabłonka endodermalnego. Położona jest w śródpiersiu i już w momencie urodzenia jest w pełni wykształcona. Po osiągnięciu dojrzałości płciowej zachodzą w niej procesy inwolucyjne polegające na stopniowym zmniejszaniu się liczby tymocytów i komórek nabłonkowych zrębu części korowej, prowadzące w końcu do atrofii (wymienione komórki zostają zastąpione tkanką tłuszczową).

Badania wskazują, że niekiedy grasica nie ulega powolnemu zanikowi, co określamy mianem **grasicy przetrwałej**. Nadto w okolicach grasicy mogą występować oddzielne

skupiska mięszu grasicy nazywane **grudkami grasiczymi dodatkowymi**. Grastica zbudowana jest z torebki łącznotkankowej, części korowej i rdzeniowej.

- **Torebka łącznotkankowa** – otacza grasicę, od której odchodzą niekompletne przegrody dzielące jedynie część korową na zraziki, dlatego też tego typu budowę nazywamy **pseudozrazikową**.

Zrazikowa **część korowa** otacza centralnie położony rdzeń, bogaty w **limfocyty** zlokalizowane w jej zrębie **nabłonkowo-siateczkowym**. W łącznotkankowych **przegrodach międzyzrazikowych** biegną **tętnice**, których rozgałęzienia wnikają do mięszu narządu tworząc gęsty układ na pograniczu kory i rdzenia. Odchodzące od nich drobne tętniczki kierujące się do powierzchniowej warstwy kory, skąd zstępują już w charakterze żył do części pogranicza kory i rdzenia, gdzie dochodzi do opuszczenia grasicy przez dojrzałe **limfocyty T**. Około 90% limfocytów znajduje się w istocie korowej.

- **Części rdzeniowa** – stanowi część wspólną całego narządu.

Analizując cały zrąb nabłonkowo-siateczkowy grasicy można wyróżnić kilka typów komórek, które można podzielić z uwagi na pełnioną funkcję na trzy grupy, tj. komórki gwiaździste, komórki barierowe i komórki ciałek Hassala.

- **Komórki gwiaździste** – najliczniejsze, z cienkimi wypustkami tworzącymi **sieć**. Ich cytoplazma zawiera filamenty cytokeratynowe i **ziarnistości**, co oznacza, że pełnią funkcję wydzielniczą. Zawierają one **hormony grasicy** natury polipeptydowej (tyrozyna, tymopoetyna, tymostymulina) regulujące czynność układu immunologicznego. W sieci znajdują się **tymocyty** (limfocyty pochodzenia

szpikowego), różnicujące się – w wyniku kontaktu z komórkami nabłonkowymi – w **limfocyty T**.

- **Komórki barierowe** – spłaszczone, ściśle połączone tworzące warstwy oddzielające: tkankę łączną torebki i przegród, naczynia krwionośne od utkania nabłonkowo-limfatycznego oraz korę od rdzenia. Wytwarzają one **bariery krew – grasica**, które zabezpieczają dojrzewające limfocyty przed zetknięciem się z substancjami obcymi antygenowo.
- **Komórki ciała Hassala** – to komórki nabłonkowe, koncentrycznie ułożone tworzące kuliste struktury zwane ciałkami grasicznymi – Hassala. Wykazują one tendencję do keratynizacji, wapnienia, a nawet martwicy. Komórki tych ciałek produkują interleukiny (IL-4 i IL-7).

Tab. 1. Hormony grasicy i ich działanie.

Hormony	Działanie
Tymozyna	Uczestniczą w dojrzewaniu limfocytów T, tworzeniu
Tymopoetyna	stref grasiczozależnych (tymozyna), stymulują erytro-
Tymostymulina	poezę, wpływają na wzrost i dojrzewanie płciowe.

2.4.2. Obwodowy układ limfatyczny

Narządy obwodowego układu limfatycznego bezpośrednio uczestniczą w procesach immunologicznych. Tkanka łączna siateczkowa, w której oczkach zlokalizowane są **limfocyty B i T** stanowi podstawowy zrąb tych narządów. W skład obwodowego układu limfatycznego wchodzi: **naczynia i węzły chłonne** przez które przepływa **chłonka**, **tkanka limfoidalna** w postaci rozproszonej i grudek chłonnych, **tkanka limfoidalna błon śluzowych – migdałki i śledziona**.

2.4.3. Naczynia i węzły chłonne

Rozwój naczyń i węzłów chłonnych

Pomiędzy VI a VIII tygodniem embriogenezy (rozwoju zarodkowego), kiedy zarodek osiąga długość około 10 mm pojawiają się **zawiązki naczyń chłonnych**, w rozwoju których wyodrębnia się dwa okresy:

- a) **okres powstawania wypustek naczyń żylnych – woreczków chłonnych** – wykształcają się parzyste **woreczki szyjne** (*sacculi jugulares*) i **biodrowe** (*sacculi iliaci*) oraz **woreczek pozaotrzewnowy** i **zbiornik mleczu**; w początkowym okresie wyścielone śródbłonkiem woreczki wypełnione krwią, w dalszym etapie przekształcają się w **naczynia chłonne małe i włosowate**,
- b) **okres powstawania przewodów chłonnych** – między 7 a 9 tygodniem embriogenezy z wysłanych śródbłonkiem **przestrzeni** w mezenchymie otaczającej żyłę nieparzystą i nieparzystą krótką, w połączeniu się z **woreczkami chłonnymi** powstają dwa przewody chłonne: **prawy**, z którego powstaje **przewód piersiowy prawy i lewy**, które łącząc się tworzą **przewód piersiowy** uchodzący do żyły głównej górnej.

Zastawki naczyń chłonnych najwcześniej rozwijają się w naczyniach małych.

Między 11 a 14 tygodniem życia płodowego, kiedy płód osiąga długość około 5 – 6 cm następuje intensywny rozwój **węzłów chłonnych**. Ich rozwój odbywa się w **przestrzeni naczyń chłonnych**, które są już wykształcone.

Do najszybciej rozwijających się węzłów chłonnych należą węzły szyi, podobojczykowe, lędźwiowe i pachwinowe.

Powstają one z mezenchymy znajdującej się wokół naczyń chłonnych. Istnieje też pogląd, że część węzłów chłonnych rozwija się bezpośrednio z woreczków chłonnych.

W 4 m-cu życia płodowego we krwi pojawiają się pierwsze limfocyty.

Budowa naczyń chłonnych (*vasa lymphatica*)

Występują – podobnie jak naczynia krwionośne – niemal we wszystkich narządach, poza rogówką, soczewką, ciałem szklistym, szkliwem i zębina zębów, chrząstkami, nabłonkami i takimi narządami wyposażonymi w naczynia krwionośne jak mózgowie, rdzeń kręgowy, mięsz śledziony, wyspy trzustkowe, łożysko z pępowiną i błonami płodowymi, zraziki wątroby, szpik kostny. Ze względu na budowę ściany, średnicę i obecność zastawek wyróżniamy naczynia chłonne włosowate, chłonne małe i chłonne duże.

- **Naczynia chłonne włosowate** – przypominające nieco spłaszczone rurki pozbawione zastawek, o średnicy 10 – 200 μm , posiadają rozszerzenia – **zbiorniki chłonki**, natomiast w miejscach zespolenia się dwóch lub więcej naczyń powstają tzw. **jeziora chłonne**. Zespolenia naczyń tworzą więc **sieci chłonne** o zróżnicowanej morfologii, charakterystycznej dla danego narządu. Ich ściana zbudowana jest z **jednowarstwowego śródbłonka**, przy czym pomiędzy jego komórkami mogą przejściowo powstawać **małe otworki**, zapewniające dużą przepuszczalność ściany. Naczynia włosowate zawieszane są w przestrzeniach międzykomórkowych na włóknach siateczkowych i kolagenowych. Pełnią one rolę w **drenażu płynu tkankowego**, wchłaniając produkty przemiany tkankowej i niektóre

substancje zewnątrzpochodne. Należą do nich, np. białka, lipidy, cząsteczki zawiesin, kuleczki tłuszczu w procesie trawienia, w warunkach chorobowych komórki nowotworowe. Do naczyń chłonnych włosowatych wchłaniane są substancje o masie cząsteczkowej od ponad 20 000. Przyjmuje się, że część hormonów ze względu na większą wielkość cząsteczek wchłaniana jest przez te naczynia, podobnie jak niektóre leki, enzymy, jad żmij i in.

- **Naczynia chłonne małe** należą do struktur pośrednich między naczyniami włosowatymi a naczyniami chłonnymi dużymi. Wykazują one większą średnicę, wyposażone są w **zastawki chłonne**, a ich ściany zawierają komórki mięśniowe (miocyty) i włókna sprężyste. Odprowadzają one **chłonkę** z narządów i części ciała do węzłów chłonnych lub pni i przewodów chłonnych.
- **Naczynia chłonne duże** tworzą pnie i przewody chłonne z zastawkami o największej średnicy. Zespalają się one z żyłami w **kątach żylnych** określanych jako **wrota chłonne**. Ich ściany wzmocnione są mięśniówką gładką i włóknami sprężystymi. Do największych naczyń należy **przewód piersiowy** o długości około 35 cm, zróżnicowany na część brzuszną, piersiową i szyjną oraz **przewód chłonny prawy**.

[Ryc. 6. patrz: Budowa fragmentu naczynia chłonnego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Budowa węzłów chłonnych (*nodi lymphatici*)

Węzły chłonne to narządy **wkomponowane** w biegnące naczynia chłonne, przy czym ich liczba w przebiegu jednego

naczynia małego może wahać się od 1 do 10. Łączna liczba węzłów waha się od 360 – 1200, ich wymiar długości wynosi od 2 – 30 mm, przeciętna masa około 0,2 g. Pełnią one funkcję biologicznych **filtrów** przepływającej chłonki (oczyszczanie z bakterii, komórek nowotworowych i in.), stanowią miejsce namnażania się **limfocytów**, uczestniczą w ich **recyrkulacji**, produkują **immunoglobuliny**. Wykazują one zdolność regeneracji.

Węzły chłonne kształtem przypominają nerkę. Charakterystyczny kształt pozwala wyróżnić w nich część **wypukłą** i wklęsłą – **wnękę**. Pod względem budowy węzeł chłonny zróżnicowany jest na torebkę węzła, miąższ węzła (kora, rdzeń) i zatoki węzła.

- **Torebka węzła** (łącznotkankowa) – zawiera włókna mięśniowe gładkie i sprężyste, od których odchodzą pasma przenikające narząd, tworzące rusztowanie dla miąższu w postaci beleczek.
- **Miąższ węzła** – zbudowany z tkanki łącznej siateczkowej, w którym wyróżnia się część obwodową – **korę** (*cortex lymphonodi*) i środkową – **rdzeń węzła** (*medulla lymphonodi*).

Kora węzła podzielona jest przegrodami łącznotkankowymi odchodzącymi od torebki na cylindryczne **placiki chłonne** (*lobus lymphatici*). Znajdują się w nich skupione limfocyty B tworzące **grudki chłonne**. Zróżnicowane są one na **część środkową** (ośrodek rozmnażania), gdzie limfocyty B przekształcają się w **immunoblasty**, a te w **komórki plazmatyczne** przesuujące się w kierunku rdzenia, wydzielając swoiste **przeciwciała** i **obwodową** – utworzoną z dojrzałych limfocytów.

Rdzeń węzła tworzy tkanka łączna siateczkowata, w postaci biegnących sznurów rdzennych, odchodzących od grudek chłonnych, uznawanych za miejsca dojrzewania komórek plazmatycznych produkujących immunoglobuliny.

- **Zatoki węzła** (*sinus limphonodi*) to **przestrzenie** pomiędzy beleczkami a mięszem węzła, wypełnione luźnym utkaniem tkanki siateczkowej. Ich ściany tworzą **jednowarstwowy śródbłonek** wzmocniony włóknami siateczkowymi, między komórkami którego znajdują się okienka. Wyróżnia się **zatoki brzeżne**, leżące tuż pod torebką węzła, **korowe/promieniste**, biegnące wzdłuż przegród łącznotkankowych i **rdzenne**, położone między sznurami rdzennymi. W pobliżu wnęki łączą się one tworzą **zatokę wnęki**. Wewnątrz zatok występują makrofagi, limfocyty i wypustki komórek dendrytycznych.

[Ryc. 7. patrz: Budowa węzła chłonnego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Do węzła docierają naczynia chłonne **doprowadzające** (3 – 11). Wnikają one od strony wypukłej i otwierają się do jednej z **zatok brzeżnych**. Chłonka w dalszym biegu, poprzez zatoki **promieniste kory** i **rdzenia** dostaje się do **zatoki wnęki**. Stąd chłonka poprzez **wnękę węzła** (*hilus lymphonodi*) wyprowadzana jest 2 lub 3 naczyniami chłonnymi. Zredukowana liczba naczyń odprowadzających w stosunku do doprowadzających zwalnia przepływ chłonki przez węzeł. W warunkach chorobowych węzły mogą się powiększać i są one wyczuwalne.

Węzły chłonne pełnią więc funkcję **ochronną**, eliminując bakterie, komórki nowotworowe i inne, **krwiotwórczą** i **im-**

munologiczną, produkując limfocyty, które dojrzewają i wytwarzają immunoglobuliny.

Rodzaje, skład i cyrkulacja chłonki

Chłonka (*lymph*), to płyn zawarty w naczyniach chłonnych, która zależnie od naczynia w jakim się znajduje różnicowana jest na chłonkę **pierwotną** i **wtórna**. **Pierwotna** zawarta jest w kapilarach i nieznacznie różni się od właściwości płynu tkankowego, natomiast **wtórna**, transportowana jest w naczyniach średnich i dużych, powstaje przez zagęszczanie się chłonki pierwotnej. Nadto wyróżnia się chłonkę wtórna **przedwęzłową**, pozbawioną limfocytów i chłonkę **zawęzłową**, wyposażoną w limfocyty.

Generalnie chłonka składa się z:

- a/ **części płynnej** – zawierającej białko, związki związane z białkiem, enzymy, jak i krople tłuszczu (chylomikrony), szczególnie w pniach jelitowych, nadające chłonce zabarwienie mleczne, skąd wywodzi się nazwa mlecz (*chylus*),
- b/ **komórek** – w postaci głównie limfocytów, stanowiących do 97% elementów komórkowych (2 000 – 20 000 w mm³).

Do czynników umożliwiających **krażenie chłonki** należą m. in.:

- intensywność przepływu filtrowanej części osocza do przestrzeni międzykomórkowej, a następnie naczyń chłonnych kapilarnych,
- ruchy poszczególnych części ciała,
- praca ssąca serca i tętnienie tętnic,

- bierne i czynne ruchy narządów, np. ruchy perystaltyczne jelit, skurcze naczyń krwionośnych i chłonnych oraz innych.

Chłonka przedwęzłowa naczyniami doprowadzającymi, skierowanymi do wnęki węzła, po uprzednim przebicciu się przez jego torebkę wpływa do zatok brzeżnych, skąd dostaje się do zatok przybeleczkowych/promienistych biegnących równoległe do przegród łącznotkankowych. Przechodzi więc przez całą korę uchodząc do łączących się z sobą zatok rdzennych.

2.4.4. Tkanka limfoidalna – rozproszona i grudkowa

Jednym z istotniejszych narządów obwodowego układu limfatycznego jest **tkanka limfoidalna**, którą tworzy zrąb **tkanki łącznej siateczkowej** z bardzo licznymi **limfocytami** położonymi w jej oczkach. Limfocyty wykazują dużą ruchliwość i ulegają ciągłej wymianie (recyrkulacji), korzystając z krwi jako drogi transportu, migrując do skupisk tkanki limfoidalnej. Po aktywacji limfocytu antygenem i podjęciu odpowiedzi immunologicznej ich migracja ulega zahamowaniu i ma charakter miejscowy.

Wyróżnia się dwa rodzaje tkanki limfoidalnej:

- **rozproszoną** – limfocyty są bezładnie rozmieszczone w tkance siateczkowej,
- **grudkową** (grudki chłonne) – limfocyty tworzą kuliste obszary zwane grudkami chłonnymi, w których ma miejsce namnażanie, różnicowanie i selekcja **limfocytów B**.

Grudki dzielimy na:

1. **pierwotne** – jednorodne, ciemno zabarwione, zasiedlone przez małe limfocyty B („naiwne”),

2. **wtórne** – które powstają w wyniku aktywacji „naiwnych” limfocytów przez antygen, przy czym są one zróżnicowane na część środkową, tzw. **ośrodek odczynowy** (centrum reaktywne) i otaczająca, obwodową ciemniejszą oraz zagęszczoną zwaną **mankietem**.

Ośrodek odczynowy – miejsce namnażania się aktywowanych limfocytów B, ich selekcji i przekształcania w plazmocyty. Podczas namnażania powstają różne klasy produkowanych przez nie przeciwciał. Procesy te regulowane są przez limfocyty Th. Limfocyty wykazujące słabe powinowactwo do danych antygenów ulegają **apoptozie** (programowanej śmierci).

Mankiet składa się głównie z „naiwnych” **limfocytów B** znajdujących się w **koronie** i limfocytów strefy brzeżnej **grudki chłonnej**.

Pod wpływem antygenów limfocyty B różnicują się w dwóch kierunkach:

- zetknięcie się limfocytów strefy brzeżnej z antygenem indukuje ich proliferację i różnicowanie się w krótko żyjące komórki plazmatyczne, odpowiedzialne za szybkie uwalnianie przeciwciał o słabym powinowactwie,
- zetknięcie się limfocytów B z antygenem powoduje ich migrację do ośrodka odczynowego, gdzie przekształcane są w długo żyjące komórki plazmatyczne produkujące przeciwciała o wysokim powinowactwie, a także w komórki pamięci.

2.4.5. Tkanka limfoidalna błon śluzowych – migdałki

Tkanka limfoidalna w postaci grudkowej i rozproszonej występuje również w przewodach organizmu, głównie prze-

wodzie **pokarmowym i oddechowym**. Bezpośrednio związana jest ona z **bloną śluzową**, bliżej z jej **blaszką właściwą/bloną podśluzową**. Tworzy ona w przewodzie drobne, **pojedyncze skupiska** lub **rozproszone** na większej powierzchni, a niekiedy większe skupiska z licznymi grudkami chłonnymi, jak **migdalki**, **kępki Peyera** w jelicie krętym, **ściana wyrostka robaczkowego**. Antygeny zawarte m.in. w treści pokarmowej pokonują barierę w postaci tkanki nabłonkowej błony śluzowej wywołując **reakcję immunologiczną**.

Migdalki znajdują się w błonie śluzowej na skrzyżowaniu drogi pokarmowej i oddechowej. Wyróżnia się dwa rodzaje migdałków:

- parzyste – **podniebienne i trąbkowe**,
- nieparzyste – **językowy i gardłowy**. Łącznie tworzą one tzw. **pierścień Waldeyera**.

Wykazują one wiele cech zbieżnych z funkcją węzłów chłonnych. Powstają w nich nowe pokolenia limfocytów, biorących udział w wytwarzaniu immunoglobulin, pełniąc więc funkcję obronną. Migdalki położone są w tkance łącznej błony śluzowej, otoczone torebką łącznotkankową pod którą występuje nabłonek płaski, który wpuklając się między grudki chłonne tworzy liczne, rozgałęzione rurki zwane **kryptami**. Krypta z otaczającą pojedynczą warstwą grudek chłonnych tworzy tzw. **mieszek**. Budowa migdałków jest podobna, a różnice dotyczą jedynie topografii, głębokości i rozgałęzień krypt oraz typu nabłonka.

[Ryc. 8. patrz: Schemat budowy migdałka, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Migdalki podniebienne – położone w zatokach między łukami podniebienia miękkiego a łukami podniebienio-

gardłowymi. Pokryte są nabłonkiem wielowarstwowym płaskim nierogowaczącym. Charakteryzują się głębokimi i rozgałęzionymi kryptami otoczonymi pojedynczą warstwą grudek chłonnych. Od strony podłoża otoczone są torebką łącznotkankową.

Migdałki trąbkowe – znajdują się w błonie śluzowej gardła, pokryte są nabłonkiem oddechowym, zamiast typowych krypt występują wpuklenia w postaci rowków, nie posiadają torebki i są silnie unaczynione.

Migdałek językowy – zbudowany jest z kilku wyniosłości leżących u nasady języka zwanych mieszkami, pokrytymi nabłonkiem wielowarstwowym płaskim wpuklającym się w głąb tkanki, tworząc nierozgałęzione krypty.

Migdałek gardłowy (migdałek trzeci) – położony w błonie śluzowej na tylnej ścianie gardła, pokryty nabłonkiem oddechowym/wielowarstwowym płaskim, zamiast krypt występują płytkie wpuklenia nabłonka w postaci bruzd.

2.4.6. Śledziona jako narząd paralimfatyczny

Śledziona spełnia dwie podstawowe funkcje: uczestniczy w **zjawiskach odpornościowych** (powstają w niej limfocyty, makrofagi, plazmocyty i immunoglobuliny) oraz stanowi **biologiczny filtr krwi**, dzięki któremu eliminowane są stare/uszkodzone erytrocyty. Na uwagę zasługuje występujący w śledzionie tetrapeptyd – **tuftsyna** indukujący zdolność makrofagów i granulocytów do fagocytozy.

Otoczona jest torebką łącznotkankową w skład której wchodzi włókna kolagenowe, elastyczne i komórki mięśniowe gładkie, od której odchodzą w głąb pasma tkanki łącznej

tworzące rusztowanie dla mięszu w postaci beleczek. Komórki mięśniowe występujące w torebce i beleczkach powodują obkurczanie tych struktur transportując zalegającą w śledzionie krew do krwiobiegu. Zrąb narządu buduje tkanka łączna siateczkowata.

W śledzionie wyróżnia się dwa typy utkania, tj. **miazgę białą** i **czerwoną** na budowę których ma wpływ jej unaczynienie.

Tętnica śledzionowa po wnikięciu przez wnękę rozgałęzia się w beleczkach na **tętnice beleczkowe**, które opuszczając je przechodzą w **tętnice pozabeleczkowe**, a następnie **tętnice centralne** otoczone licznymi limfocytami tworzącymi osłonkę limfatyczną. W dalszym przebiegu przekształcają się one w tzw. **tętniczki pędzelkowe**, których końcowe odcinki otoczone są osłonką zbudowaną z makrofagów. Krew z **naczyń osłonkowych** dostaje się do krótkich naczyń włosowatych, z których wylewa się do tkanki siateczkowatej miazgi czerwonej, a następnie do tzw. **zatok śledzionowych**. Jest to otwarty typ krążenia, służy eliminacji „starych” erytrocytów oraz umożliwia osiedlanie się innym komórkom krwi. Krew z zatok uchodzi do **żył miazgowych**, następnie **beleczkowych**, **torebkowych** i **żyły śledzionowej**.

Miazga biała – leży wokół tętniczek centralnych, które na całej długości otoczone są **pochewką tkanki limfoidalnej**, stanowiącej rejon grasiczozależny, zasiedlony centralnie głównie przez limfocyty Th i mniej liczne Tc. W części zewnętrznej pochewki oprócz limfocytów T, występują w niewielkiej liczbie limfocyty B, makrofagi i plazmocyty (po stymulacji antygenem). Z pochewkami limfoidalnymi związane są grasiczozależne **grudki chłonne** (śledzionowe), zlokalizowane bocznie względem tętniczek centralnych. Wyposażone są one

głównie w limfocyty B i niewielką liczbę limfocytów Th. Na obrzeżu pochewek i grudek, w kontakcie z miazgą czerwoną znajduje się tzw. **strefa brzeżna**, uboga w limfocyty z pojawiającymi się erytrocytami. W pobliżu miazgi czerwonej występują liczne makrofagi, komórki dendrytyczne, limfocyty B ... Bliżej granicy z miazgą białą występują zatoki brzeżne. Strefa brzeżna odpowiedzialna jest za **kontrolę zawartości patogenów i antygenów we krwi i uruchamianie mechanizmów ich eliminacji. Znajdujące się tu makrofagi** intensywnie fagocytują niektóre bakterie i wirusy.

Miazga czerwona – utworzona jest przez tzw. **sznury i zatoki śledzionowe**.

- **Sznury śledzionowe** zbudowane są z **tkanki łącznej siateczkowej** z leżącymi w niej makrofagami, fibroblastami, limfocytami, plazmocytami, erytrocytami i pozostałymi składnikami morfotycznymi krwi. Krwinki do miazgi czerwonej dostają się przez tętnice pędzelkowate. Stare i uszkodzone krwinki, głównie erytrocyty są rozpoznawane i fagocytowane przez makrofagi, w których występują ziarnistości ferrytyny i hemosyderyny powstałe po sfagocytowanych erytrocytach. Włókna srebrochłonne sznurów łączą się z włóknami torebki i beleczek oraz ścian zatok.
- **Zatoki śledzionowe** – tworzą większy obszar śledziony. Są to naczynia o średnicy 30-300 μm . Ich ściany zbudowane są z wyścielających zatoki wydłużonych komórek śródbłonkowych, tzw. **komórek pręcikowych** między którymi występują szczeliny przez które wnikają wypustki makrofagów i włókien srebrochłonnych otaczających zatoki.

[Ryc. 9. patrz: Schemat unaczynienia i rozmieszczenia miazgi białej i czerwonej, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

3. NARZĄDY UKŁADU DOKREWNEGO

Organizmy wielokomórkowe/tkankowe, w tym ssaki w procesie ewolucji wykształciły dwa specyficzne **mechanizmy koordynujące** funkcje komórek za pomocą nadrzędnego **układu nerwowego i dokrewnego**. Układ nerwowy bezpośrednio zawiaduje funkcjami komórek poprzez **neurotransmitery/mediatory synaptyczne**, natomiast układ dokrewny pośrednio, wydzielając **hormony** do układu krążenia.

Komórki, które podlegają regulacji, tzw. **komórki docelowe** wyposażone są w specyficzne **receptory**, rozpoznające neurotransmitery lub hormony oraz układy dające **odpowieź komórkową**, czyli określoną zmianę ich funkcji. Układ nerwowy i dokrewny ściśle ze sobą współpracują (synergizm), dlatego też ten związek określa się mianem **układu neuroendokrynowego**.

3.1. Rozwój i klasyfikacja gruczołów dokrewnych

Gruczołami dokrewnymi (*glandulae sine ductibus*) nazywamy takie narządy gruczołowe, które nie mają **przewodów wyprowadzających**, natomiast ich wydzielina przenika bezpośrednio do **naczyń krwionośnych**.

Substancje wydzielane przez te narządy i dostające się do krwi nazywamy **hormonami** (*hormao* – pobudzam). W związku z tym działają one w obszarach odległych od miejsca powstawania, dokąd transportowane są wraz z krwią. Odznaczają

się one dużą aktywnością, **regulując i koordynując** czynności narządów, zapewniając utrzymanie **stałości środowiska wewnętrznego** (homeostazę), uczestnicząc w procesie **wzrostu i rozwoju** organizmu (regulacja humoralna). Gruczoły dokrewne pozostają w ścisłym związku czynnościowym z układem nerwowym (regulacja neurohumoralna).

Gruczoły dokrewne wykazują zróżnicowaną genezę, bowiem rozwijają się z określonych listków zarodkowych (Tab. 2).

Tab. 2. Pochodzenie gruczołów dokrewnych.

Lp.	Listek zarodkowy	Gruczoł dokrewny
1	ektoderma	przysadka mózgowa, szyszynka, rdzeń gruczołów nadnerczowych, skupienia „tkanki chromochłonnej”
2	mezoderma	kora gruczołów nadnerczowych, części wydzielnicze gruczołów płciowych
3	endoderma	grasica, gruczoł tarczowy, gruczoły przytarczyczne, wyspy trzustkowe

Gruczoły dokrewne występują jako **samodzielne narządy**, np. nadnercze, gruczoł tarczowy i inne, bądź jako **części innych narządów**, np. tkanka śródmiąższowa gonad, czy też wyspy Langerhansa trzustki, która jest gruczołem o charakterze mieszanym, tj. egzo- i endokrynowym.

Ze względu na **topografię** wyróżnia się gruczoły występujące w obrębie **mózgowia** – przysadka mózgowa (część międzymózgowia – podwzgórza) i szyszynka (część międzymózgowia – nadwzgórza), **okolicy szyi** – gruczoł tarczowy i gruczoły przytarczyczne, **dolnej części szyi i górnej śródpiersia** – grasica, na **bieganie górnym nerki** – nadnercza, okolicy

pętle dwunastnicy – trzustka (część wewnątrzwydzielnicza),
w obrębie **jajników i jąder** – komórki śródmiąższowe.

[Ryc. 10. patrz: Topografia gruczołów dokrewnych, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Hormony produkowane przez gruczoły dokrewne wykazują dalece zróżnicowaną naturę chemiczną. Wyróżnia się trzy charakterystyczne grupy hormonów: **białkowe** (polipeptydowe), **pochodne aminokwasów** oraz **steroidowe** (Tab. 3).

Tab. 3. Chemiczna budowa hormonów.

Lp.	Chemizm	Hormony - przykłady
1	białka (polipeptydy)	somatotropina, prolaktyna, insulina, oksytocyna, parathormon i inne
2	pochodne aminokwasów	np. tyrozyny – trójiodotyronina, tyroksyna, katecholaminy – adrenalina, noradrenalina ...
3	steroidy	aldosteron, kortyzol, testosteron, estriol, estron i inne

Badaniami nad właściwościami i mechanizmami działania hormonów zajmuje się **endokrynologia** (*endon* – wewnątrz, *crino* – wydzielam).

Określone **stężenie** hormonów we krwi warunkujące prawidłowe funkcjonowanie organizmu utrzymywane jest dzięki **sprężeniu zwrotnemu**, w którym uczestniczą gruczoły dokrewne i ośrodkowy układ nerwowy.

3.2. Podwzgórze

Podwzgórze jest częścią międzymózgowia, stanowi **nad-rzędny** ośrodek kontroli hormonalnej. Jednakże kontrolę nad nim i całym układem dokrewnym sprawuje **ośrodkowy układ nerwowy**. Wszelkie napływające doń informacje ze środowiska zewnętrznego i wewnętrznego są tu przetwarzane i służą do kontroli **podwzgórza**, bowiem neurony kory mózgowej w podwzgórzu mają synapsy, w których mediatorami są głównie aminy biogenne, w postaci **katecholamin** i **serotoniny**. Hormony podwzgórza regulują **sekrecję hormonów przysadki**, a te z kolei sekrecję hormonów innych przyporządkowanych jej **gruczołów dokrewnych**, np. tarczycy, gruczołów nadnerczy, gonad....

W **podwzgórzu** wyróżnia się dwa zespoły jąder neurocytów wydzielających hormony, tj. drobno- i wielkokomórkowych.

- **Zespół jąder drobnokomórkowych** – wydzielających hormony pobudzające, zwane **liberynami** i hamujące – **statynami**, regulującymi sekrecję hormonów przedniego płata przysadki mózgowej.

Aksony tych neurocytów dochodzą do krążenia wrotnego przysadki, a ich zakończenia tworzą połączenia nerwowo-naczyniowe poprzez które liberyny i statyny dostają się do krwi.

- **Zespół jąder wielkokomórkowych** – wydzielających neurohormony gromadzone w części nerwowej przysadki, w postaci hormonu antydiuretycznego (ADH) – **wazopresyny** oraz **oksytocyny**.

Istnieje więc związek pomiędzy funkcjonowaniem podwzgórza i przysadki mózgowej (Tab. 4).

Tab. 4. Hormony podwzgórza wpływające na sekrecję hormonów przedniego płata przysadki mózgowej.

Hormony podwzgórza		Hormony przysadki mózgowej
Liberyny	Statyny	Hormony płata przedniego
Somatoliberyna (GRH)	Somatostatyna (GIH)	Somatotropina (GH)
Tyreoliberyna (TRH)	-	Tyreotropina (TSH)
Kortykoliberyna (CRH)	-	Kortykotropina (ACTH)
Gonadoliberyna (GnRH)	-	Folitropina (FSH) Lutropina (LH)
-	Prolaktostatyna (PIH)	Prolaktyna

[Ryc. 11. patrz: Połączenia czynnościowe podwzgórza i przysadki mózgowej, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

3.3. Przegląd i charakterystyczne cechy budowy gruczołów dokrewnych

3.3.1. Przysadka mózgowa (*hypophysis cerebri*)

Przysadka stanowi **część międzymózgowia** (podwzgórza), z którym połączona jest **szypułą** (lejkciem). Położona jest w **siodelku tureckim** znajdującym się w trzonie kości klinowej. Otoczona jest **torebką przysadki** (*capsula hypophysis*), ma kształt owalny, wielkości fasoli i masie wahającej się od 0,6 – 0,8 g. Zróznicowana jest na płat przedni, część pośrednią i płat tylny.

- **Płat przedni** (*lobus anterior*), czyli część gruczołowa, w której można wyodrębnić **część guzową** (*pars tuberalis*) obejmującą szypułę lejka, **pośrednią** (*pars intermedia*)

położoną w płacie tylnym, poza szczeliną oddzielającą płaty i **obwodową** (*pars distalis*) obejmującą obszar płata przedniego. Powstaje on z uwypuklenia jamy ustnej. Zbudowany jest ze skupisk komórek nabłonkowych otoczonych tkanką łączną. Poszczególne jego części są bogato unaczynione. Część pośrednią budują komórki **barwnikochłonne** (*chromofilne*) z licznymi ziarnistościami zróżnicowane na kwaso- i zasadochłonne oraz **barwnikooporne** (*chromofobne*) reprezentowane przez komórki macierzyste, pęcherzykowo-gwiaździste i gruczołowe.

- **Część pośrednia** (*pars intermedia*) – u dorosłego człowieka szczątkowa, zwarta, pozbawiona naczyń, zbudowana z komórek zasadochłonnych często tworzących pęcherzyki. U płodów powstaje **α -melanotropina**, pobudzająca warstwę płodową nadnerczy.
- **Płat tylny** (*lobus posterior*), czyli przysadka nerwowa, rozwijająca się z uchyłku dna komory III. Zbudowany jest z silnie unaczynionej tkanki łącznej, w której znajdują się komórki podobne do komórek gleju, zwane **pituicytami** i bezrdzenne włókna nerwowe. Znajdują się tu **neurosekrety** które transportowane są z podwzgórza aksonami neurocytów jąder przednich biegnących w lejku (droga podwzgórzowo-przysadkowa).

[Ryc. 12. patrz: Schemat budowy przysadki mózgowej, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Przysadka ma zapewnioną łączność z pozostałą częścią podwzgórza przez układ naczyń, nazywanych **układem wrotnym przysadki**. Podwzgórze wraz z przysadką tworzy **układ podwzgórzowo-przysadkowy**, kieruje całym organizmem.

Czynność przysadki pozostaje więc pod pełną kontrolą sygnałów przekazywanych z podwzgórza. Natomiast przysadka za pośrednictwem sygnałów/hormonów reguluje i koordynuje funkcjonowanie podporządkowanych jej **gruczołów**, czy też innych narządów.

Płat przedni wydziela następujące hormony:

- a/ **somatotropinę** (GH) – hormon wzrostu indukujący w wątrobie biosyntezę **somatomedyn**, warunkujących proliferację komórek chrząstek nasadowych, a zatem wzrost kości długich, uczestniczy w budowie nowych tkanek; niedobór tego hormonu prowadzi do **karłowatości**, natomiast nadmiar – w okresie adolescencji do **gigantyzmu**, natomiast jeśli wystąpi u organizmu dorosłego prowadzi do zespołu chorobowego – **akromegalii**, charakteryzującego się przerostem i deformacją kości na obwodzie; w procesie wzrostu organizmu pośrednio uczestniczą hormony tarczycy i gonad.
- b/ **adrenokortykotropinę** (ACTH) – hormon pobudzający wydzielanie **hormonów kory nadnerczy**,
- c/ **tyreotropinę** (TSH) – hormon stymulujący wzrost i czynność wydzielniczą komórek w pęcherzykach tarczycy,
- d/ **gonadotropiny**, tj. **lutropina** (LH) i **folitropina** (FSH) – kontrolują na zasadzie sprzężenia zwrotnego wydzielanie **hormonów płciowych** przez gonady (jajniki i jądra),
- e/ **prolaktynę** (PRL) – hormon wzmagający proces **laktacji** (wytwarzania mleka) w gruczołach mlekowych.

Część pośrednia wydziela:

- a/ **α -melanotropinę** (α - MSH) – hormon, który u płodów ludzkich pobudza rozwój warstwy płodowej **nadnerczy** (powstaje w części pośredniej), natomiast u gadów powoduje dyspersję **melaniny** w melanocytach.

Plat tylny wydziela dwa hormony, które jako neurohormony peptydowe podwzgórza zostały w nim zgromadzone, tj.:

- a/ **hormon antydiuretyczny (ADH)** = wazopresyna – odpowiedzialny za zwiększone **wchłanianie zwrotne wody** przez cewki zbiorcze nerek; w większym stężeniu **podnosi ciśnienie krwi**,
- b/ **oksytocyna** – wywołuje **skurcze** porodowe macicy, jak i komórek mioepitelialnych części wydzielniczej gruczołu mlekowego.

[Ryc. 13 patrz: Schemat ilustrujący czynności wydzielnicze przysadki mózgowej, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

3.3.2. Szyszynka (*corpus pineale*).

Szyszynka wchodzi w skład międzymózgowia, stanowi część **nadwzgórza** – **spoidło uzdeczki**, które położone jest nad III komorą, bardziej ku jej tyłowi. Jest małym narządem, wielkości pestki, o kształcie stożkowatym, wadze do 0,2 g, długości 5 – 9 mm, szerokości 6 mm i grubości 5 – 9 mm. Gruczoł ten pokryty jest oponą miękka, tworzącą torebkę, od której odchodzą błony łącznotkankowe dzielące go na nieregularne **placiki** zbudowane z **pinealocytów** i **komórek śródmiąższowych** (k. glejowych, fibroblastów, limfocytów, komórek plazmatycznych, komórek tucznych, makrofagów, komórek barwnikowych). Pinealocyty posiadają liczne wypustki długie i krótkie, docierające do przestrzeni okołonaczyniowych, do których to również dochodzą liczne bezrdzenne adrenergiczne włókna nerwowe dzięki którym docierają informacje z siatkówki oka. Charakterystyczną cechą szyszynki jest obecność

w niej ciałek blaszkowatych, zwanych **piaskiem szyszynkowym** utworzonych z węglanu wapnia i hydroksyapatytu, których ilość wzrasta wraz z wiekiem.

Hormony szyszynki:

- a/ **melatonina** (indoloamina, pochodna seryny) – wywołuje efekt antygonadotropowy, bowiem hamuje wydzielanie gonadoliberynu, a zatem **opóźnia dojrzewanie płciowe**, wpływa na **sen** i **czuwanie** (jej stężenie w nocy wzrasta) oraz **rozdzielanie pór dnia i roku**,
- b/ **hormony peptydowe** (prawdopodobnie) – wykazują działanie podobne do liberynu i statynu.

3.3.3. Gruczoł tarczowy = tarczyca (*glandula thyroidea*)

Tarczyca jest gruczołem nieparzystym, położonym w środkowej, dolnej części szyi od przednio-bocznej strony krtani. Zbudowana jest z **dwóch płatów** – prawego i lewego połączonych wąską częścią zwaną **wężyną**. Często od wężyny odchodzi ku górze **płat piramidowy**. Płaty biegną od krtani aż do V chrząstki tchawicy, natomiast wężyna poprzecznie na wysokości II – III. Długość płatów wynosi około 5 cm, szerokość – 3 cm, grubość – 2 cm, natomiast jego masa osiąga wartość od 30 – 60 g.

Gruczoł otoczony jest **torebką włóknistą** (*capsula fibrosa*), od której odchodzą przegrody łączno-tkankowe dzielące go na **płaciki** (*lobuli glandulae*) w obrębie których tkanka łączna z włóknami siateczkowymi, naczyniami i nerwami oddziela od siebie liczne pęcherzyki (*fulliculi*), najczęściej kształtu kulistego lub owalnego. W każdym płaciku znajduje się od **20 – 40 pęcherzyków** wypełnionych koloidem. Ich wielkość zależy

od stanu fizjologicznego gruczołu: **pęcherzyki duże** otoczone nabłonkiem płaskim są nieaktywne, natomiast **małe**, otoczone nabłonkiem walcowatym są aktywne.

Tarczycza należy do gruczołów **silnie unaczynionych**, zaopatrywanych przez **tętnicę tarczową górną i dolną**. Występują liczne zespolenia tętniczo-żylnie. Tarczycy mogą towarzyszyć **dodatkowe gruczoły tarczowe**.

[Ryc. 14 patrz: Fragment płacika tarczycy, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Hormon **tyreotropowy** (TSH) wydzielany przez komórki beta części gruczołowej przysadki mózgowej indukuje wydzielanie hormonów tarczycy. Pod wpływem TSH zwiększa się wychwytywanie jodu, komórki pęcherzykowe pobierają jodowaną tyreoglobulinę, która podlega hydrolizie, co w efekcie prowadzi do wytwarzania i uwalniania hormonów tarczycy do naczyń krwionośnych.

Hormony tarczycy (jodowane pochodne tyrozyny):

- a/ **trójiodotyronina (T₃)** - zwiększa zużycie tlenu większości tkanek, przyspiesza metabolizm i podnosi temperaturę ciała, wpływa na prawidłowy rozwój tkanki nerwowej, wzrost i dojrzewanie szkieletu, podnosi stężenie cukru, obniża stężenie cholesterolu we krwi,
- b/ **tyroksyna (T₄)** – stanowi **prohormon** metabolizowany do hormonu aktywnego jakim jest trójiodotyronina,
- c/ **kalcytonina** – obniża poziom wapnia we krwi, hamując jego resorpcję, co w następstwie prowadzi do odwapnienia kości (dekalcyfikacji).

Do najważniejszych zaburzeń funkcji tarczycy należą:

- 1/ wrodzona niedoczynność tarczycy – **kretynizm**, objawiający się niedorozwojem umysłowym i niedoborem wzrostu,

- 2/ niedoczynność tarczycy – **obrzęk śluzakowaty**, powodowany deficytem jodu,
- 3/ niedoczynność tarczycy – choroba **Hashimoto** wywołana limfocytowym zapaleniem tarczycy, choroba o podłożu autoimmunologicznym (powstają immunoglobuliny przeciwko własnym komórkom tarczycy), obniża się poziom hormonów tarczycy,
- 4/ nadczynność tarczycy – choroba **Gravesa-Basedowa** wywołana nadmiarem hormonów tarczycy (wole, wytrzeszcz oczu, pobudzenie serca...).

3.3.4. Gruczoły przytarczyczne

(*glandulae parathyroideae*) = przytarczycze

Należą do najmniejszych gruczołów dokrewnych, które zlokalizowane są na tylnej powierzchni płatów tarczycy. Zwykle występują dwie pary gruczołów, tj. **górne** – prawy i lewy oraz **dolne**, również prawy i lewy. Każda przytarczycza otoczona jest **torebką łącznotkankową**, wnikającą do wnętrza, dzieląc miąższ na większe zespoły komórek zróżnicowanych na dwa typy, tj. komórki główne produkujące parathormon i komórki kwasochłonne, których liczba wzrasta wraz z wiekiem. Gruczoły połączone są pasmami tkanki łącznej włóknistej luźnej. Wielkością zbliżone są do **nasion pszenicy**, osiągają masę około **0,035g**.

Hormony przytarczyc:

- a/ **parathormon** (polipeptyd) – reguluje gospodarkę wapniową, zwiększa wchłanianie jelitowe wapnia, zwiększając jego ilość we krwi, zmniejsza bioakumulację wapnia w kośćcu, zmniejsza jego wydalanie przez nerki.

3.3.5. Grasica (*glandula thymus*)

Grasica ze względu na pełnienie **funkcji obronnej** organizmu zaliczana jest do układu chłonnego, natomiast z uwagi na **funkcję wydzielniczą**, bowiem wytwarza hormony – do **gruczołów dokrewnych** (budowę i funkcje opisano w rozdziale: 3.1.2).

3.3.6. Część wewnątrzwydzielnicza trzustki

= wyspy trzustki (*insulae pancreaticae*)

W obszarach zewnętrznego wydzielania trzustki (egzokrynowych) rozmieszczone są liczne **wyspy trzustkowe**, zwane wyspami Langerhansa. Tworzą one część dokrewną (endokrynową) trzustki. Ich ilość waha się od 200 000 – 1 800 000, całkowita masa wynosi około 3g. Pojedyncza wyspa utworzona z kilkudziesięciu komórek, ściśle przylegających do siebie lub rozdzielonych naczyniami krwionośnymi oddzielona jest od części egzokrynowej tkanką łączną.

Wyróżnia się cztery rodzaje komórek wysp trzustkowych, charakterystycznie rozmieszczonych o zróżnicowanych ziarnach wydzielniczych, tj. komórki α , β , *delta* i *PP*.

- **Komórki α** – wydzielają **hormon glukagon**, który aktywuje proces glikogenolizy, a zatem podnosi stężenie glukozy we krwi.
- **Komórki β** – wydzielają **hormon insulinę**, który aktywuje proces przyswajania glukozy przez komórki, obniżając tym samym stężenie glukozy we krwi. Insulina działa poprzez receptory błonowe.

W komórkach docelowych nasila wbudowywanie białka transportującego glukozę do błony komórkowej umożliwiając jej przyswajanie przez komórki, czego efektem jest obniżenie stężenia glukozy we krwi. Innymi efektami działania insuliny są: stymulacja syntezy białek i glikogenu, hamowanie neoglukogenezy, zwiększenie transportu potasu i aminokwasów.

- **Komórki *delta*** – wydzielają **hormon somatostatynę**, działającą parakrynowo.
- **Komórki *PP*** – wydzielają **polipeptyd** hamujący działanie gastryny i sekretyny.

[Ryc. 15. patrz: Typy komórek w wyspach trzustki, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Cukrzyca wywołana niedoborem insuliny należy do nader groźnych chorób szerzących się wśród współczesnych społeczeństw. W wyniku niedoboru insuliny wzrasta stężenie glukozy we krwi, bowiem zmniejszona jest intensywność pobierania glukozy przez komórki. Następstwem tych zakłóceń są niedobory energetyczne i zaburzenia metaboliczne m. in. białek i lipidów.

3.3.7. Gruczoły nadnerczowe (*glandulae suprarenales*) = nadnercza

Należą do gruczołów parzystych, spłaszczonych w kierunku przednio-tylnym, położonych zaotrzewnowo w jamie brzusznej na górnych biegunach nerek. Gruczoł lewy ma kształt półksiężyca, natomiast prawy przypomina mitrę biskupią.

Gruczoł otoczony torebką nadnercza ma **powierzchnię nerkową, przednią i tylną** oraz **brzeg górny i przyśrodkowy**. Na powierzchni przedniej znajduje się bruzda – **wnęką**, przez którą docierają naczynia i nerwy. Osiąga wymiary **5 x 3 x 1 cm** oraz masę wynoszącą od **10 – 18 g**.

Zbudowany jest z dwóch części:

a/ **korowej** – stanowiącej około 80 – 90% masy gruczołu, zróżnicowanej na trzy warstwy (idąc od torebki), tj.

- **klębuszkowatą** – wydzielającą mineralokortykoidy,
- **pasmowatą** – wydzielającą glikokortykoidy
- **siateczkowatą** – wydzielającą androgeny i estrogeny,

b/ **rdzennej** – zbudowanej z komórek chromochłonnych tworzących skupienia otoczone naczyniami włosowatymi zatokowymi, zróżnicowanych na dwa rodzaje komórek:

- **komórki typu A** – wydzielające adrenalinę,
- **komórki NA** – nieliczne, wydzielające noradrenalinę.

Obydwa hormony zaliczane są do **katecholamin**, pochodnych **tyrozyny** (tyrozyna → dopamina → noradrenalina → adrenalina).

[Ryc. 16. patrz: Schemat budowy kory i rdzenia nadnerczy, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Tab. 5. Hormony kory nadnerczy i ich działanie

	Hormony	Działanie
Kora nadnerczy	Mineralokortykoidy: aldosteron - najważniejszy	Regulują gospodarkę elektrolitową (utrzymując m. in. homeostazę między poziomem sodu i potasu) i wodną organizmu oraz ciśnienie krwi.
	Glikokortykoidy: kortyzol – główny, hydrokortyzon	Katalizują glukoneogenezę (podnoszą poziom glukozy we krwi), wzmagają katabolizm tkanki tłuszczowej, kostnej i mięśniowej, wpływają na hemopoezę, ciśnienie krwi, pracę serca, układ nerwowy, wydzielanie pepsyny i HCl w żołądku, resorpcję wody w jelicie grubym oraz układ immunologiczny poprzez hamowanie syntezy interleukin, leukotrienów i prostaglandyn (substancje przeciwzapalne i przeciwalergiczne).
	Androgeny (i estrogeny)	Nie mają większego znaczenia fizjologicznego. U kobiet mogą pojawić się cechy maskulinizujące.

Tab. 6. Hormony rdzenia nadnerczy i ich działanie

	Hormony – katecholaminy	Działanie
Rdzeń nadnerczy	Adrenalina	Podnosi stężenie glukozy we krwi poprzez hydrolizę glikogenu, zwiększa ciśnienie krwi przy jednoczesnym rozkurczu tętnic wieńcowych, zwiększa objętość krwi wytłaczanej z serca, stymuluje wydzielanie ACTH przez przedni płąt przysadki, mobilizuje ustrój do maksymalnej koncentracji i wysiłku podczas stresu.
	Noradrenalina	Wywiera duży wpływ na układ krążenia, jest ważnym przekaźnikiem w autonomicznym układzie nerwowym.

Skupienia **komórek chromochłonnych**, tak charakterystyczne dla części rdzeniowej nadnerczy występują także w innych określonych częściach organizmu. Wykazują one również zdolność wytwarzania tych samych hormonów, pełniąc jednocześnie dodatkowe funkcje (Tab. 7).

Tab. 7. Główne skupienia komórek chromochłonnych i ich dodatkowe funkcje.

Główne skupienia komórek chromochłonnych	
Ciałka przyaortowe (<i>corpora paraaortica</i>)	Położone są zaotrzewnowo w jamie brzusznej po obu stronach aorty brzusznej, silnie unaczynione, otoczone torebką łącznotkankową.
Kłębek szyjny (<i>glomus caroticum</i>)	Leży nieco ku tyłowi od miejsca rozwidlenia się tętnicy szyjnej wspólnej, zawiera presso- i chemoreceptory, bez otoczki łącznotkankowej.
Kłębki aortowe (<i>glomera aortica</i>)	Znajdują się w błonie zewnętrznej wypukłej części aorty, zawierają presso- i chemoreceptory (dyskusyjna obecność komórek chromochłonnych).
Kłębek guziczny (<i>glomus coccygeum</i>)	Zlokalizowany jest na powierzchni miednicznej ostatniego kręgu guzicznego, zawiera zespolenia tętniczo-żylne (brak pewności obecności komórek chromochłonnych).

Do najczęściej występujących **schorzeń** związanych z zakłóceniami sekrecji hormonów części korowej nadnerczy należą:

- a/ **choroba Cushinga** – wywołana nadmierną sekrecją glikokortykoidów,
- b/ **choroba Addisona** – powodowana niedoborem mineralokortykoidów,
- c/ **choroba Conna** (hiperaldosteronizm) – będąca następstwem nadmiernej sekrecji mineralokortykoidu – aldosteronu.

3.3.8. Gruczoły płciowe: jądro (*testis*) i jajnik (*ovarium*)

Gruczoły płciowe, czyli gonady są odpowiedzialne za wytwarzanie **gamet** i **hormonów płciowych** należących do steroidów, powstających z cholesterolu. Funkcję wewnątrzwydzielniczą w **jądrach** pełnią występujące skupienia **komórek śródmiąższowych** (komórek Leydiga), otaczających cewki nasienne, tworzących gruczoł śródmiąższowy, natomiast w **jajnikach** – **komórki śródmiąższowe** rozproszone w części korowej, tworzące gruczoł śródmiąższowy, **komórki osłonek wewnętrznych pęcherzyków jajnikowych** oraz **ciałko żółte**.

Wydzielanie hormonów płciowych regulowane jest w oparciu o zasadę sprzężenia zwrotnego przez gonadotropiny przysadkowe (FSH i LH).

Jądro otoczone jest **bloną białawą** (*tunica albuginea*), zbudowaną z tkanki łącznej zwartej splotowej, włókien kolagenowych i położonej pod nią silnie unaczynionej tkanki łącznej luźnej. Od niej w głąb jądra odchodzą **przegródki jądra** (*septula testis*), dzieląc jego miąższ na **placiki jądra** (*lobuli testis*) o kształcie piramid, których liczba szacowana jest na ponad 200. **Wierzchołki placików** zwrócone są w kierunku **brzegu tylnego jądra**, gdzie znajduje się przestrzeń wypełniona tkanką łączną zwaną **śródmiazdrem**, natomiast ich podstawy opierają się o warstwę naczyniową błony białawej.

Placiki jądra zbudowane są z **cewek** (kanalików) **nasiennych krętych**, w których zachodzi proces **spermatogenezy** (*powstawanie spermatyd*) i **spermiogenezy** (*przekształcanie się spermatyd w plemniki*). Na każdy placik przypada od **1 – 4 nasiennych kanalików krętych/cewek**, których długość wynosi od **30 – 80 cm**, natomiast średnica od **0,1 – 0,3 mm**.

Ogólna długość cewek krętych w jądrze szacuje się na **150 – 300 m**.

[Ryc. 17. patrz: Budowa jądra (przekrój), w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Cewki kręte otoczone są **tkaną łączną włóknistą luźną**, w której rozmieszczone są **komórki śródmiąższowe** (komórki Leydiga). Pojedyncze komórki lub zespoły tych komórek w jądrze tworzą **gruczoł śródmiąższowy jądra**, odpowiedzialny za wytwarzanie **hormonów androgennych**, warunkujących spermatogenezę i wpływający na kształtowanie się drugo- i trzeciorzędowych cech płciowych męskich. Głównym hormonem androgennym jest **testosteron**. Jądro wytwarza także **estrogeny** i **hormon inhibinę**, hamujący wydzielanie gonadotropin przez część obwodową przedniego płata przysadki.

Tab. 8. Hormony produkowane przez jądra oraz ich działanie.

Hormony płciowe ♂	Działanie
Androgeny: testosteron, androstendiol, dihydrotestosteron	Odpowiedzialne za dojrzewanie narządów rozrodczych, pobudzają spermatogenezę, wpływają na rozwój drugorzędowych cech płciowych, warunkują popęd płciowy, stymulują rozwój kości i mięśni szkieletowych....

Jajnik otoczony **bloną białawą** dzieli się na **korę jajnika** (*cortex ovarii*) i **rdzeń jajnika** (*medulla ovarii*).

Kora jajnika – leży pod **bloną białawą**. Utworzona jest przez bogato unaczynioną tkankę łączną luźną włóknistą zwaną **zrębem jajnika** (*stroma ovarii*) zawierającym komórki śródmiąższowe tworzące **gruczoł śródmiąższowy**, który pod

kontrolą gonadotropin przysadki wytwarza i uwalnia **estrogeny**. W części korowej występują różne formy rozwojowe **pęcherzyków jajnikowych**, tj.:

- **pierwotne** – o średnicy około 0,25 mm, który składa się z dużej centralnie położonej „komórki jajowej” w stadium **oocytu I rzędu**, otoczonej warstwą płaskich komórek nabłonka pęcherzykowego,
- **wzrastające** – położone głębiej w korze jajnika, komórka jajowa otoczona jest jednorodną warstwą tworzącą **osłonkę przezroczystą**, w ich komórkach następują stopniowe zmiany, tworzą się ziarnistości tworzące w efekcie **warstwę ziarnistą**,
- **dojrzewające** – z silnym rozwojem komórek otaczających i wytworzoną od zewnątrz **osłonką pęcherzykową**,
- **dojrzałe=Graafa** – największe o średnicy powyżej 1 cm; powstające i zlewające się drobne jamki w warstwie ziarnistej tworzą **jamę pęcherzykową** wypełnioną płynem, przesuwając jednocześnie komórkę jajową na jeden biegun pęcherzyka na którym leżą komórki ziarniste tworzące **wzgórek jajonośny**; pozostałe komórki tworzą wiele warstw ziarnistych z zewnątrz których występuje **osłonka pęcherzykowa**; w pęcherzyku Graafa produkowane są **hormony steroidowe** i **polipeptydowe**; **estrogeny** wytwarzane są przy udziale dwóch rodzajów komórek, tj. komórek warstwy wewnętrznej osłonki pęcherzykowej produkującej androgeny i komórek ziarnistych w których przekształcają się one w estrogeny: **estradiol**, **estriol** i **estron**; hormon regulujący – **inhibina** hamująca wydzielanie folitropiny (FSH) produkowana jest przez komórki ziarniste; w połowie cyklu miesięcznego pod wpływem

lutropiny (LH) dochodzi do owulacji, czyli pęknięcia pęcherzyka i uwolnienia oocytu II rzędu, który otoczony jest osłonką przezroczystą i wieńcem promienistym zbudowanym z komórek ziarnistych przylegających do osłonki; w takiej postaci komórka jajowa uwalniana jest do jajowodu,

- **zanikowe (atrezyjne)** – podczas każdego cyklu miesięcznego w okresie reprodukcyjnym dojrzewa zwykle kilkanaście pęcherzyków jajnikowych z których tylko jeden zakończony jest owulacją, natomiast pozostałe ulegają **atrezji** (degeneracji).

Wiele pęcherzyków pierwotnych w okresie dzieciństwa i pokwitania ulega zanikowi (atrezja). W okresie pełnej czynności płciowej kobiety z 400 000 – 500 000 oogonii dojrzewa zaledwie nieco ponad 450. U kobiet dojrzałych dominują **pęcherzyki jajnikowe dojrzewające i dojrzałe**, zawierające jaja. W powiększających się pęcherzykach podczas procesu dojrzewania **komórki pęcherzykowe** zaczynają wytwarzać **plyn pęcherzykowy**, rozsuwający komórki, tworząc **jame pęcherzyka**. Część komórek skupionych wokół „komórki jajowej” tworzy **wzgórek jajonośny** wpuklający się do jamy pęcherzyka. **Pęcherzyk jajnikowy dojrzały** (pęcherzyk Graafa) osiąga średnicę powyżej **10 mm** i zajmuje całą szerokość kory jajnika.

Z reguły co 28 dni, dzięki wzrostowi ciśnienia, ściana jednego z pęcherzyków pęka i „jajo” dostaje się do jamy otrzewnej, co określamy mianem **jajczkowania** lub **owulacji**, zachodzącej między 13 a 16 dniem cyklu miesięczkowego. Po owulacji **wzgórek jajonośny** przekształca się w **cialko żółte** (*corpus luteum*).

Ciało żółte tworzy się z komórek warstwy ziarnistej budujących pęcherzyk Graafa. Gromadzą one lipidy i luteinę (barwnik żółty), tworząc **komórki luteinowe** odpowiedzialne za syntezę i uwalnianie **progesteronu** oraz hormonów peptydowych: **oksytocyny** i **relaksyny**. Z komórek warstwy wewnętrznej osłonki pęcherzykowej powstają **komórki paraluteinowe**, którym ze względu na specyficzną ultrastrukturę prawdopodobnie również produkują hormony steroidowe – **estrogeny**.

Jeśli nie dojdzie do zapłodnienia ciało żółte po 14 dniach jako **ciało menstruacyjne** (miesiączkowe) zanika, przekształcając się w **ciało białawe** (*corpus albicans*). Po zapłodnieniu ciało żółte rozwija się w **ciało żółte ciążowe** (*corpus luteum graviditatis*).

Rdzeń jajnika zbudowany jest z tkanki łącznej włóknistej luźnej, zawierającej liczne włókna sprężyste, naczynia krwionośne oraz pojedyncze komórki mięśniowe gładkie. W okolicy **wnęki** znajdują się komórki przypominające budową komórki śródmiąższowe jądra, które pod kontrolą gonadotropin produkują hormony steroidowe – **androgeny**. Ich przerost może prowadzić do maskulinizacji u kobiet.

[Ryc. 18. patrz: Jajnik na przekroju poprzecznym, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Hormony wytwarzane są przez **komórki wzgórków jajo-nośnych**, **ciała żółte** i wieloboczne **komórki śródmiąższowe** występujące w zrębie części korowej jajnika, gdzie tworzą **gruczoł śródmiąższowy**.

Tab. 9. Hormony produkowane przez jajniki oraz ich działanie.

Hormony płciowe ♀	Działanie
Estrogeny: 17 β -estradiol, estron, estriol. (gruczoł śródmiaższowy, pęcherzyk Graafa, komórki paraluteinowe)	Warunkują dojrzewanie narządów rozrodczych, pobudzają owogenezę, wpływają na rozwój drugorzędowych cech płciowych, decydują o popędzie płciowym.
Progesteron (ciałko żółte)	Przygotowuje błonę śluzową macicy (endometrium) do przyjęcia i zagnieżdżenia się (implantacji) zapłodnionej komórki jajowej.
Oksytocyna (ciałko żółte)	Indukuje skurcze macicy.
Relaksyna (ciałko żółte)	Rozluźnia spójnię łonową ułatwiając poród.
Androgeny (komórki wnikowe-rdzeń)	Wytwarzane w śladowych ilościach, ale po przeroście komórek wnikowych może dojść do maskulinizacji u kobiet.
Inhibina (komórki ziarniste pęcherzyka Graafa)	Produkują komórki ziarniste pęcherzyka Graafa, hamuje wydzielanie folitropiny (FSH).

3.3.9. Hormony tkankowe

W organizmie człowieka poza typowymi gruczołami dokrewnymi występują komórki lub ich zespoły w różnych narządach, które wytwarzają tzw. **hormony tkankowe**, np. komórki tuczne, tkanka nerwowa, żołądek i inne.

W poniższej tabeli zamieszczono ważniejsze, przykładowe hormony tkankowe, produkowane przez wybrane komórki, ich zespoły, tkanki i narządy.

Tab. 10. Hormony tkankowe.

Komórki/tkanki/narządy	Hormony	Działanie
Tkanka nerwowa	Acetylocholina, noradrenalina, adrenalina	Transmitery (przekazniki) wydzielane w zakończeniach wypustek nerwowych w obrębie synaps, pobudzają lub hamują czynności narządów unerwionych przez te wypustki.
Komórki tuczne	Histamina	Rozszerza naczynia krwionośne, uczestniczy w reakcjach alergicznych ustroju, wzmacnia wydzielanie soku żołądkowego.
Żołądek, jelita (komórki dokrewne nabłonka)	Gastryna	Wzmacnia sekrecję HCl i pepsynogenu (sekrecję stymuluje obecność białek w żołądku).
	Cholecystokinina	Pobudza sekrecję żółci poprzez obkurcz pęcherzyka żółciowego oraz enzymów trzustkowych (w odpowiedzi na obecność w dwunastnicy lipidów i białek).
	Sekretyna	Neutralizuje kwaśne pH w dwunastnicy zwiększając wydzielanie dwuwęglanów przez przewody wyprowadzające trzustki i drogi żółciowe.
Aparat przykłębkowy (leżący w pobliżu ciała nerkowego)	Renina (odcina z angiotensynogenu angiotensynę I, która przekształca się w angiotensynę II).	Reguluje ciśnienie krwi (przy spadku – podnosi), wpływa na intensywność filtracji kłębuszkowej, zwiększa resorpcję sodu w kanalikach nerkowych, stymuluje sekrecję aldosteronu (za pośrednictwem angiotensyny II).
	Erytropoetyna	Wzmacnia erytropoezę.
Łożysko	Gonadotropina łożyskowa (HPL)	Stymuluje produkcję hormonów przez ciało żółte.

4. ROZWÓJ, BUDOWA I FUNKCJE POWŁOKI WSPÓLNEJ (SKÓRY)

W skład **powłoki wspólnej** (*integumentum commune*) wchodzi: **skóra** i twory nabłonkowe skóry w postaci **gruczołów skóry** (mlekowe, potowe, łojowe i zapachowe), **włosów** i **paznokci**.

Zarodek we wczesnych stadiach rozwoju (embriogenezie) pokryty jest komórkami tworzącymi trzeci listek zarodkowy – **ektoderme**, podobnie jak u najniższej uorganizowanych tkanekowców (jamochłonów). Ze względu na delikatność i niewielką wytrzymałość na czynniki mechaniczne już w okresie **rozwoju płodowego** ektodermalna powłoka wzmocniona jest od wewnątrz silną warstwą **łącznotkankową**, mezodermalnego pochodzenia, tworząc powłokę ciała – **skórę** (*cutis*). Zewnętrzną warstwę skóry stanowi nabłonek, nazywany **naskórkiem** (*epidermis*), natomiast wewnętrzną łącznotkankową – **skóra właściwa** (*dermis/corium*), pod która leży **tkanka podskórna** (*tela subcutanea*) z **podściółką tłuszczową** (*panniculus adiposus*).

Tab. 11. Rozwój powłoki wspólnej.

Powłoka wspólna	Pochodzenie	Etap/cecha rozwoju
Skóra: a) naskórek, b) skóra właściwa z utkaniem podskórnym.	ekto- + mezodermalne ektodermalne mezodermalne	W 3 m-cu życia płodowego skóra dzieli się na: naskórek i skórę właściwą, a od 5 m-ca pojawia się utkanie podskórne.

Włosy Mięśnie przywłosowe	ektodermalne mezodermalne	W 3 m-cu życia płodowego (czoło, brwi i inne).
Gruzoły skóry	ektodermalne	Wrastanie naskórka w głąb skóry właściwej.
Sutki (zawiązki)	mezodermalne	Powstają w 5 tygodniu życia zarodkowego z listewek mlec- nych. Tworzą się z nich płaciki gruczołu i przewody.

Skóra tworzy najbardziej **powierzchniową** warstwę ciała, przechodząc w otworach naturalnych w błonę śluzową. Charakteryzuje ją duża **rozciągliwość** i **elastyczność**. Jej powierzchnia waha się od **1,5 - 1,8 m²**, grubość od **0,5 – 4,0 mm**. Najgrubsza występuje w miejscu największych naprężeń mechanicznych, tj. na podeszwach, dłoniach i karku.

Skóra zbudowana jest z **naskórka wraz z jego wytworami** (gruczoły, włosy i paznokcie), **skóry właściwej** i **tkanki podskórnej**.

4.1. Naskórek – budowa i funkcje

Naskórek (*epidermis*) stanowiący warstwę zewnętrzną zbudowany jest z **nabłonka wielowarstwowego rogowaciejącego**. Zbudowany jest głównie z komórek – **keratynocytów** wytwarzających białko keratynę, tworzących zewnętrzną warstwę rogową naskórka. Nadto w naskórku występują:

- **melanocyty** – położone w warstwie **podstawnej naskórka**, pochodzą z neuroektodermy i posiadają długie wypustki, wytwarzają barwnik **melaninę** gromadzony w postaci **ziarnistości** ponad jądrem komórkowym chroniąc DNA przed zakłóceniami jego struktury, a tym

samym onkogennym działaniem promieniowania UV (295 – 315 nm); melanina syntetyzowana jest w pęcherzykach (pochodnych aparatu Golgiego) zwanych **melanosomami**; zawierają one **tyrozynę**, która w obecności tyrozynyazy metabolizowana jest w **2-hydroksyfenyloalaninę** (DO-PA), następnie w **dopachinon** i **melaninę**; wyróżnia się dwa rodzaje melaniny: **eumelaninę** w postaci barwy czarnobrunatnej i **pheomelaninę** – czerwonej,

- **komórki Langerhansa** – komórki gwiaździste, zawierają ziarnistości, na powierzchni komórki obecne są antygeny zgodności tkankowej MHC klasy II oraz receptory przeciwciał i dopełniacza dzięki któremu wychwytyują antygeny, prezentując je komórkom immunologicznym – limfocytom,
- **komórki Merkla** – położone w naskórku, stanowią swoiste **receptory czucia**.

Grubość naskórka zależy od jego topografii, np. na części tułowia – ok. 0,1 mm, na podeszwie/dłoniach – ok. 0,2 mm.

Naskórek zbudowany jest z 6 – 20 pokładów komórek tworzących pięć warstw:

1. **podstawna** (rozrodcza) – najgłębiej położona, zbudowana z jednej warstwy wysokich cylindrycznych komórek – **keratocytów** ułożonych prostopadle do błony podstawnej; wśród tych komórek znajdują się **komórki macierzyste** podlegające dalszemu różnicowaniu się i nowe komórki macierzyste; nowo powstające komórki przesuwane są ku powierzchni skóry, stają się coraz niższe i spłaszczone,
2. **kolczysta** – utworzona jest z kilku warstw wielobocznych komórek spłaszczających się w kierunku powierzchni skóry; **keratynocyty** zarówno warstwy podstawnej i kolczy-

stej syntetyzują **cytokeratynę**, odkładającą się w cytoplazmie w postaci **filamentów pośrednich** biegnących w różnych kierunkach; produkują one także swoiste białka, wchodzące w skład płytki rogowej jako produktu rogowacenia,

3. **ziarnista** – składa się z 1 – 2 lub więcej warstw **komórek wrzecionowatych** ułożonych równolegle do powierzchni skóry; cytoplazmę wypełniają **ziarnistości** w których znajdują się białka syntetyzowane już w warstwie kolczystej (inwolukryna), białka bogate w prolinę, lorikrynę, lagrynę i inne (wytwarzają otoczkę płytki rogowej); w tej warstwie syntetyzowane są również glikolipidy w postaci ziarnistości wydzielniczych zwanych **keratynosomami**, utworzonymi z koncentrycznie ułożonych błon (uszczelniają naskórek, tworzą barierę nieprzepuszczalną dla wody),
4. **jasna** – kwasochłonna, niemal jednorodna, zbudowana z kilku warstw komórek o **niewyraźnych granicach**, jądra i organoidy komórkowe **zanikają**, cytoplazmę wypełniają **filamenty cytokeratynowe**, występuje w grubym naskórku,
5. **zrogowaciała** – zbudowana jest z pokładów **warstwy zbitej**, o komórkach bezjądrzastych, spłaszczonych, ściśle przylegających do siebie w postaci **plytek rogowych** i **warstwy złuszczającej się** złożonej z komórek luźno ułożonych, oddzielających się i złuszczających (brak połączeń międzykomórkowych); zrogowaciałe komórki pełnią funkcję ochronną.

Powierzchnia naskórka jest gładka, z widocznymi w niej zagłębieniami – **bruzdami skóry** i wyniosłościami – **grzebieniami skóry** tworzącymi linie papilarne. Niektóre miejsca charakteryzuje obecność **kępek dotykowych**. W komórkach

najgłębszych warstw naskórka znajduje się – w postaci drobnych ziarenek – barwnik **melanina**, chroniący organizm głównie przed nadmiernym promieniowaniem UV (melanocyty). Niniejszy barwnik w największej ilości występuje w brodawce sutka i jego otoczcze, nabłonku dołu pachowego i narządów płciowych zewnętrznych.

[Ryc. 19 patrz: Schemat budowy naskórka, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

4.2. Skóra właściwa

Skóra właściwa (*corium*) zbudowana jest z dwóch warstw:

1. **brodawkowej** – graniczącej od góry z naskórkiem, o przebiegu falistym, utworzonej z łącznotkankowych **wypukleń** zorientowanych w kierunku naskórka, zwanych **brodawkami skórnymi**, warunkującymi silne połączenie naskórka ze skórą właściwą; **tkanka łączna luźna** budująca tę warstwę zawiera włókna kolagenowe, sprężyste i siateczkowe, jak i fibroblasty, histiocyty, komórki tuczne, monocyty, limfocyty, granulocyty oraz komórki plazmatyczne; brodawki zawierają liczne naczynia włosowate, chłonne, włókna i zakończenia nerwowe w postaci ciałek dotykowych, kolbek końcowych, ciałek Ruffiniego (eksteroreceptory) oraz pęczki komórek mięśniowych gładkich (mięśnie przywłosne, brodawka sutka, moszna),
2. **siateczkowej** – położonej między splotem naczyniowym warstwy brodawkowej a tkanką podskórną, zbudowanej

z **tkanki łącznej włóknistej zwartej**, tworzącej rombooidalne oczka, w których znajdują się odcinki **wydzielnicze gruczołów skóry** oraz **brodawki** i **cebulki włosów**; występują w niej liczne pęczki włókien kolagenowych, włókna sprężyste oraz siateczkowe obserwowane w pobliżu naczyń krwionośnych i gruczołów skórnych.

4.3. Tkanka podskórna

Tkanka podskórna (*tela subcutanea*) zbudowana jest ze **zrązków** tkanki tłuszczowej otoczonych **tkanką łączną włóknistą luźną**, w których znajdują się mniejsze (powieki, czoło, nos...) lub większe (pośladki, policzki, skronie...) skupiska **komórek tłuszczowych** (lipocytów), tworzących **podściółkę tłuszczową**. Może zawierać głębsze odcinki mieszków włosowych, odcinki wydzielnicze gruczołów potowych oraz zakończenia nerwowe (ciałka Paciniego). Przez tkankę podskórną przebiegają **trocзки skóry**, tj. pęczki tkanki włóknistej zwartej, łączące skórę właściwą z powięzią lub okostną. Tkanka podskórna pełni funkcję podporową dla skóry, zapewnia skórze znaczącą przesuwalność, ochronę przed urazami mechanicznymi oraz stanowi skuteczny izolator termiczny, jak i materiał zapasowo-energetyczny.

[Ryc. 20 patrz: Schemat budowy skóry, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

4.4. Wytwory nabłonkowe skóry i ich charakterystyka

Nabłonek poza tym, że pokrywa skórę, wchodzi w jej głąb, tworząc **gruczoły skóry**: gruczoły potowe (zwykle i zapachowe), łojowe i sutkowe oraz **włosy** i **paznokcie**.

Gruczoły skóry (*glandulae cutis*) leżą w tkance podskórnej lub w przylegającej doń warstwie skóry właściwej.

- a) **Gruczoły potowe zwykle** (merokrynowe) w liczbie od 2 – 3 mln są gruczołami **cewkowymi** wydzielającymi **pot**. Nie występują one w czerwieni wargowej, napletku i wargach sromowych mniejszych. Najliczniej reprezentowane są w skórze dłoni, czoła i grzbietu. Na powierzchni cm^2 skóry, np. karku występuje od 50 – 100 gruczołów potowych, dłoni i podeszwy od 300 – 400.

Część wydzielniczą tworzy **kłębek** leżący na pograniczu skóry właściwej i tkanki podskórnej, zbudowany z **nabłonka jednowarstwowego sześciennego/walcowatego** umieszczonego na błonie podstawnej. Komórki tego nabłonka wydzielają glikoproteidy, wodę i elektrolity. Ścianę przewodu wyprowadzającego buduje nabłonek dwuwarstwowy sześcienny leżący na błonie podstawnej. Gruczoły potowe pełnią funkcje jak następuje:

- wytwarzają pot w ilości od 700 – 1 000 ml/dobę, w skład którego wchodzi **woda** w ok. 98%, odpowiedzialna za **termoregulację**,
- wraz z wodą wydalany jest **cholesterol**, **chlorek sodu** (ok. 0,8%), **mocznik**, **kwask moczowy**, **amoniak** (wspomaganie funkcji nerek) oraz w ilościach śladowych białko i nieznaczna ilość tłuszczów.

Gruczoły potowe zapachowe (apokrynowe) są większe od gruczołów potowych zwykłych, mają budowę **rozgałęzioną/pęcherzykową**, światło szersze, otwierają się głównie do **mieszka włosowego**. Część wydzielniczą buduje **jednowarstwowy nabłonek sześcienny** z pęcherzykami wydzielniczymi i komórki mioepitelialne, natomiast **przewód wydzielniczy** wysłany **podwójną warstwą komórek sześciennych** uchodzi bezpośrednio do mieszka włosowego. Gruczoły potowe zapachowe występują w określonych okolicach ciała, tj. **dołów pachowych, krocza, genitaliów, odbytu**. Uaktywniają się one w okresie **adolescencji** (dojrzewania biologicznego), natomiast w miarę postępującego **procesu starzenia** się ich czynność powoli wygasa. Procesom wydzielania sprzyjają **emocje**, np. ból brzucha, pobudzenie seksualne, lęk. Wydzielina tych gruczołów jest gęsta w związku z zawartością lipidów i bezwonna. Pod wpływem **mikroflory** wydzielina rozkłada się dając specyficzny zapach zróżnicowany osobniczo i rasowo. Substancje wonne nazywane są **feromonami**. Gruczoły potowe zapachowe nie uczestniczą w procesie **termoregulacji** ustroju.

- b) **Gruczoły łojowe** (*glandulae sebaceae*), których liczba waha od 100 – 900 cm² mln powstają z uwypukleń pochewki zewnętrznej włosa, otwierają się do mieszka włosowego tworząc wraz z nim **aparat włosowo-łojowy**. W około 90% występują one jako gruczoły **włosów**, natomiast 10% – jako gruczoły **samodzielne**, wolne skóry, do których należą gruczoły tarczkowe powiek, czerwieni wargowej, odbytu napletka, łechtaczki. Gruczoły te mają postać rozgałęzionych **pęcherzyków** wydzielających **łój**

skóry usuwany przewodem wyprowadzającym, wysłanym nabłonkiem wielowarstwowym płaskim. Pęcherzyki wydzielnicze otoczone są **bloną podstawną** na której leżą **wieloboczne komórki** syntetyzujące lipidy. Całe komórki przekształcają się w wydzielinę łojową (wydzielanie holokrynowe). Usuwanie łoju, który **natłuszcza skórę**, odbywa się dzięki skurczom **mięśni przywłosnych**.

W skład wydzielanego łoju wchodzi: **kwasy tłuszczowe**, **cholesterol** i **związki woskowe**. W temperaturze ciała łój jest **plynny**, poniżej 30⁰C **zastyga**. Łój chroni skórę przed **maceracją**, pozwala na utrzymanie jej **elastyczności**, powleka włosy i nadaje im **miętkość**, chroni przed ich wysychaniem i łamliwością. Nadto chroni wargi przed **wysychaniem** i **pękaniem** oraz zapobiega **wyplywowi** wydzieliny łzowej na zewnątrz (łój pokrywa brzeg rzęskowy powiek). Przy nadmiarze wydzieliny dochodzi do tzw. **łojotoku**, powodującego powstawanie łupieżu. Najlepiej rozwiniętymi gruczołami są gruczoły skóry nosa, warg i policzków.

[Ryc. 21 patrz: Budowa gruczołu potowego i łojowego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

c/ **Gruczoły sutkowe** (*glandulae mammae*) należą do największych gruczołów skóry. Położone są one w tkance podskórnej na wysokości III – V żebra. Zagłębienie występujące pomiędzy gruczołami nosi nazwę **zatoki sutkowej**. Najintensywniej rozwijają się u dziewcząt w okresie pokwitania.

Gruczoł sutkowy zbudowany jest z **11 – 20 płatów**, otoczonych tkanką łączną i tłuszczową, ułożonych promieniście względem leżącego pośrodku sutka **brodawki**. Płaty

gruczołu zrastają się bezpośrednio z mięśniem piersiowym większym lub jego powięzią za pomocą **tkanki łącznej włóknistej zwartej**, tzw. więzadła wieszadłowego sutka. Poszczególne płaty zbudowane są z **placików**, składających się z **gruczołów pęcherzykowych złożonych**. Przewody wyprowadzające, zwane **przewodami mlecznymi** (*ductus lactiferi*) wyścielonymi jednowarstwowym **nabłonkiem sześciennym** położonym na błonie podstawnej biegną w kierunku brodawki, tworząc przed wejściem do niej rozszerzenia zwane **zatokami mlecznymi** (*sinus lactiferi*). Pomiedzy tym nabłonkiem a błoną podstawną znajdują się liczne komórki **mioepitelialne**. Ujścia tych zatok leżą na **wierzchołku brodawki**. Wokół brodawki występuje ciemno zabarwiona **otoczka brodawki sutka**, zawierająca gruczoły potowe, łojowe i mięśnie gładkie o układzie okrężnym i spiralnym. Szczególne zmiany gruczołu sutkowego obserwuje się podczas dojrzewania płciowego i ciąży.

[Ryc. 22 patrz: Budowa gruczołu sutkowego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Wydzielina gruczołów sutkowych nosi nazwę **mleka** (pod koniec ciąży – siary), które zawiera białka w postaci laktoalbuminy, kazeiny i przeciwciał (immunoglobulina IgA), cukier (laktoza), tłuszcze, witaminy, sole mineralne i wodę, stanowi pokarm osesków i noworodków. Wydzielanie mleka (laktację) warunkują czynniki natury hormonalnej: **prolaktyna** kontroluje wydzielanie, natomiast **oksytocyna** współdziała przy opróżnianiu się gruczołu w czasie ssania brodawki sutkowej. Na wzrost i wielkość

sutków mają zasadniczy wpływ **estrogeny** i **somatotropina**.

d/ **Włosy** (*pili*) są wytworami nabłonkowymi skóry. U człowieka owłosienie zachowało się głównie na głowie, w dołach pachowych i w okolicy łonowej, na innych częściach ciała zachowało się jako owłosienie szczątkowe. W nielicznych przypadkach występuje nadmierne owłosienie na tułowie czy na kończynach, co wskazuje na zaburzenia czynności gruczołów dokrewnych.

Włosy pokrywają całe ciało z wyjątkiem dłoni i podszwy, powierzchni grzbietowych paliczków dalszych, żołądki i pęca, wewnętrznej powierzchni napletka i warg sromowych. U noworodka ciało pokrywa **meszek** (*lanugo*), nieco później rozmaicie wykształcone włosy **głowy** (długie), **brwi** i **rzęsy** (krótkie, grube). W wieku dorosłym pojawiają się włosy nozdrzy i przewodu usznego głównie u mężczyzn. W okresie pokwitania pojawiają się włosy pachy i włosy łonowe. Włosy tworzą komórki zrogowaciałe zawierające **kreatynę**.

Włos zbudowany jest z dwóch części:

1. **korzenia włosa** (*radix pili*) – części ukrytej w skórze, gdzie dolny jego odcinek tworzy zgrubienie zwane **opuszką** (cebulką) **włosa** (*bulbus pili*) z zagłębieniem, w którym osadzona jest **brodawka włosa** (*papilla pili*),
2. **lodygi włosa** (*scapus pili*) – stanowiącej jego część zewnętrzną, zbudowana z trzech warstw: **rdzenia** (*medulla pili*), **kory** (*cortex pili*) i **powłoczki włosa** (*cuticula pili*).

[Ryc. 23. patrz: Budowa włosa, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Łącznotkankowa **brodawka** jest unaczyniona, pośredniczy w **odżywianiu** włosa, zaś **opuszka/cebulka** włosa zawierając **komórki macierzy** intensywnie mnożące się powodują wzrost włosa.

Włos położony jest w zagłębieniu skóry, tworzącym kanał, zwanym **mieszkiem włosa** (*folliculus pili*), wysłanym nabłonkiem. Mieszki przebiegają skośnie w stosunku do powierzchni skóry. Od strony pochyłej włosa odchodzą **mięśnie przywłosowe/przywłosne** (*musculi arrectores pilorum*) biegnące do naskórka. Pomiedzy mięśniem przywłosowym a korzeniem włosa leży **gruczoł łojowy**, mający ujście do mieszka. Kurcząc się mięsień przywłosowy wyprostowuje włosy i wyciska łój z gruczołu, natomiast jego skurcz wywołuje tzw. „gęsią skórkę”.

Od zewnątrz **włos właściwy** otoczony jest trójwarstwową **pochewką wewnętrzną**: powłóczką, warstwą Henlego i kilkuwarstwową warstwą Huxleya. Na zewnątrz od pochewki wewnętrznej występuje **pochewka zewnętrzna** (wytwór naskórka) do której przylega łącznotkankowa **torebka włosa**, otaczająca **mieszek włosowy** i **gruczoł łojowy**.

Wiek włosa waha się od 3 – 5 lat, po czym zastępowany jest przez nowy włos. W ciągu doby przyrasta on od 0,2 – 0,3 mm. Barwa włosów jest cechą dziedziczną i zależy od ilości ziarnistego barwnika ciemnobrązowego – eumelaniny i rozpuszczonego czerwonego – pheomelaniny, które występując w różnych kombinacjach w części korowej włosa dają szereg odcieni. Koncentracja barwnika ciemnobrązowego nadaje włosom kolor czarny, przy utracie barwnika – kolor popielaty, całkowicie bieleją na skutek

występowania pęcherzyków powietrza między komórkami. W części korowej występują melanocyty.

Pod względem kształtu dzielimy włosy na proste, faliste i kędzierzawe. Włosy na głowie mogą tworzyć tzw. **wiry** – jeden lub niekiedy dwa prawo lub lewoskrętne (cecha dziedziczna).

Włosy odgrywają rolę **ochronną**. Jako, że w korzeniach włosów występują **zakończenia nerwowe** i **receptory** odbierają one wrażenia dotykowe.

- e) **Paznokcie** (*unquis*) są wytworami nabłonkowymi skóry, będącymi **zrogowaciałymi płytkami** ochraniającymi od strony grzbietowej opuszki palców. Są one lepiej wykształcone na palcach rąk niż stóp. Ich kształt i wielkość są zwykle proporcjonalne do wielkości opuszki. Grubość wynosi około 0,4 mm, natomiast barwa zależy od przeświecających naczyń krwionośnych.

W budowie paznokcia wyróżnia się: brzeg wolny, brzegi boczne i brzeg zakryty wchodzący w fałd skóry, zwany **zatoką paznokcia** (*sinus unquis*), którego część grzbietowa tworzy **wał paznokcia**. Skóra wchodząca na paznokieć stanowi jego **obrąbek naskórkowy**. Część paznokcia tuż za wałem tworzy białawe pole zwane **obłoczkiem**.

[Ryc. 22. patrz: Budowa paznokcia, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Paznokieć składa się z ukrytego w zatoce paznokcia **korzenia** i **ciała paznokcia**. Spoczywają one na **macierzy paznokcia** (*matrix unquis*), odpowiedzialnej za jego wzrost. Paznokieć średnio przyrasta o milimetr w ciągu tygodnia, natomiast cały paznokieć odrasta w ciągu

160 dni. Paznokieć wykazuje budowę warstwową, składa się z trzech warstw. Paznokcie chronią opuszki palców, przy ich braku opuszki stają się mniej wrażliwe na dotyk i ucisk.

4.5. Znaczenie skóry

Skóra pełni następujące funkcje:

- **chroni** głębiej położone narządy przed czynnikami fizycznymi (urazami mechanicznymi, infekcjami, zmianami temperatury, promieniami UV.), chemicznymi (kwasami, zasadami, truciznami) i biologicznymi (drobnoustrojami),
- stanowi **narząd termoregulacji**, w związku z unaczynieniem i obecnością gruczołów potowych w skórze,
- **chroni** ona warstwy głębsze przed nadmierną **utrata wody** (regulacja gospodarki wodnej),
- **wydala** wraz z potem m. in. chlorek sodu, mocznik, kwas moczowy (narząd wydalniczy),
- bierze udział w gospodarce **mineralnej, białkowej, węglowodanowej i witaminowej** (synteza witaminy D₃),
- dzięki obecności receptorów skórnych jest **narzędem zmysłu** dotyku, bólu i temperatury,
- dzięki tkance łącznej skóry właściwej i tkance podskórnej **amortyzuje urazy** i umożliwia wykonywanie **swobodnych ruchów** poszczególnych części ciała,
- podściółka tłuszczowa stanowi materiał zapasowy, energetyczny,
- uczestniczy w **procesach odpornościowych** (wytwarza ciała obrotne).

5. NARZĄDY UKŁADU ODDECHOWEGO

5.1. Znaczenie układu oddechowego

Układ oddechowy zapewnia **wymianę gazową** pomiędzy żywym ustrojem a otaczającym środowiskiem. W drogach oddechowych ma miejsce oczyszczanie powietrza z pyłu zawieszonego i jego klimatyzacja (ogrzewanie i nasycanie parą wodną). Drogami oddechowymi powietrze dostaje się do pęcherzyków płucnych. Z powietrza pęcherzykowego **tlen** dyfunduje do **naczyń włosowatych** oplatających pęcherzyki płucne, gdzie łączy się z **hemoglobina** erytrocytów (oksyhemoglobina). Niniejszy proces nazywamy **utlenowaniem**. Z pęcherzyków płucnych, dzięki krążeniu płucnemu i dużemu tlen doprowadzany jest do narządów, tkanek i komórek organizmu, gdzie zachodzi proces utleniania biologicznego.

W kierunku odwrotnym, tj. z krwi naczyń włosowatych oplatających pęcherzyki płucne do pęcherzyków płucnych usuwany jest **dwutlenek węgla** (produkt dekarboksylacji kwasów organicznych).

Proces wymiany gazowej między krwią a powietrzem atmosferycznym nazywamy **oddychaniem zewnętrznym**.

Wymiana gazowa odbywa się w oparciu o istniejące **różnice parcjalne tlenu i dwutlenku węgla w powietrzu pęcherzykowym i krwi** zawartej w naczyniach włosowatych.

Wymiana gazowa w płucach decyduje o **równowadze kwasowo-zasadowej krwi**. Odgrywa także znaczącą rolę w **termoregulacji**.

Wyróżnia się następujące **fazy oddychania**:

I Oddychanie zewnętrzne:

- a) wymiana gazowa pomiędzy **powietrzem atmosferycznym a płucami**,
- b) wymiana pomiędzy **powietrzem pęcherzykowym a krwią** naczyń włosowatych oplatających pęcherzyki płucne.

II Oddychanie wewnętrzne (tkankowe):

- a) transport gazów we **krwi, krwinkach i osoczu**,
- b) wymiana gazowa pomiędzy **krwią naczyń włosowatych tkanek a płynem** zewnątrzkomórkowym,
- c) wymiana gazowa między **płynem** zewnątrzkomórkowym a **komórkami**.

Nadto drogi oddechowe odgrywają rolę w percepcji wrażeń węchowych i tworzeniu mowy.

5.2. Rozwój układu oddechowego

W rozwoju układu oddechowego istnieje ścisły związek z układem pokarmowym. **Pierwotna jama ciała** w embriogenezie zostaje podzielona przegrodą na **jamę ustną i jamę nosową**. Ektoderma wyścielająca jamę nosową przekształca się w **płytkę węchową**, a następnie w **okolicę węchową** błony śluzowej nosa.

Narządy układu oddechowego: **krtień, tchawica, oskrzela główne i płuca** powstają z brzusznej ściany **endodermalnego jelita pierwotnego**, z którego odsznurowuje się **rynienka oddechowa**. Wyodrębnia się ona całkowicie od jelita, poza miejscem krzyżowania się drogi pokarmowej i oddechowej.

W 3 tygodniu życia zarodkowego **rynienka oddechowa** różnicuje się na kanał **krtaniowo-tchawiczy**, a następnie **krtień** i **tchawicę**. Jej koniec doogonowy przekształca się w **pierwotny worek płucny**, dzielący się na dwa **związki płucne**, które wpuklają się do wtórnej jamy ciała, pociągając za sobą listek trzewny mezodermy, zrastają się z nim, tworząc **opłucną**. Wtórna jama ciała przekształca się w **jamę opłucnej**. Do rozwijających się płuc wnika mezenchyma.

Z **endodermy** rozwija się nabłonek i gruczoły układu oddechowego, natomiast z **mezodermy** – tkanka łączna międzyzrazikowa, naczynia krwionośne oraz w ścianie oskrzeli chrząstki i mięśnie gładkie.

Około 6 m-ca życia płodowego płuca są już całkowicie zróżnicowane. Jednakże ostateczny ich rozwój kończy się między 7 – 12 rokiem życia.

5.3. Ogólna budowa układu oddechowego

Układ oddechowy – zespół współdziałających z sobą narządów, przystosowanych do **wymiany gazowej między ustrojem a środowiskiem zewnętrznym**.

W skład układu oddechowego wchodzi:

- **nos zewnętrzny** (*nasus externus*) i **jama nosowa** (*cavum nasi*) **wraz z zatokami przynosowymi** (*sinus paranasales*),
- **gardło**,
- **krtień** (*larynx*),
- **tchawica** (*trachea*),
- **oskrzela główne** (*brachi principales*),
- **płuca** (*pulmones*) **wraz z opłucną i jamami opłucnej**.

Pod względem **klinicznym** wyróżnia się:

- 1) ***górne drogi oddechowe*** – do których należą:
 - **nos zewnętrzny i jama nosowa** wraz z **zatokami przynosowymi**,
 - **gardło**,
 - **część krtani (przedsionek i kieszonki krtaniowe)**,
- 2) ***dolne drogi oddechowe*** – do których należą:
 - **część krtani (jama podgłośniowa)**,
 - **tchawica**,
 - **oskrzela główne, płątowe i segmentowe**.

[Ryc. 25. patrz: Ogólna budowa układu oddechowego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Część przewodząca

5.3.1. Nos zewnętrzny i jama nosowa

Nos zewnętrzny – zróżnicowany jest na **nasadę nosa, grzbiet, koniec i skrzydła nosa**. Do nosa zewnętrznego prowadzą **nozdrza przednie**, łączące się z **przedsionkiem jamy nosowej**. Ściany nosa zewnętrznego utworzone są przez **kości nosowe, wyrostki czołowe szczęk, chrząstkę boczną** oraz **chrząstki skrzydłowe mniejsze i większe**, pokryte mięśniami i skórą. Skóra okrywająca nos z zewnątrz jest gruba, nieelastyczna, wyposażona w duże gruczoły łojowe.

Jama nosowa – znajduje się za **przedsionkiem** jamy nosowej, pokrytym skórą, która w początkowym odcinku zawiera nabłonek wielowarstwowy płaski rogowaciejący, włosy, gruczoły potowe i łojowe, natomiast przy przejściu w jamę

nosową właściwą naskórek ulega ścienieniu, a przydatki skórne zanikają. **Jamę nosową właściwą** na dwie części dzieli **przegroda nosowa** utworzona przez **kości** (lemiesz, blaszka pionowa kości sitowej), **chrząstkę przegrody nosowej**, natomiast ku przodowi przez **skórę** i **utkanie podskórne** (część ruchoma przegrody nosa). Jest ona nieco odchylona w stosunku do płaszczyzny pośrodkowej. Jest to tzw. **fizjologiczne skrzywienie przegrody**, uważane za stan prawidłowy.

Z wewnętrznych powierzchni ścian bocznych do światła jamy nosowej zwisają **blaszki kostne**, pokryte błoną śluzową i splotami żylnymi ogrzewającymi powietrze zwane **małżownikami nosowymi** – górną, środkową i dolną. Małżowina dolna jest samodzielną kością, natomiast pozostałe należą do kości sitowej. Małżowiny mają układ schodkowy. Dzielą one każdą z dwóch części jamy nosowej na trzy przewody nosowe: **przewód nosowy górny, środkowy i dolny**. Nad małżowiną górną znajduje się **zachylek klinowo-sitowy**. **Nozdrza tylne** (*choanae*) łączą **jamę nosową** z częścią **nosową gardła**.

[Ryc. 26. patrz: Małżowiny i przewody nosowe, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Do przewodów nosowych uchodzą **zatoki przynosowe** – przestrzenie w kościach czaszki wysłane błoną śluzową i wypełnione powietrzem (kości pneumatyczne).

Wyróżnia się **zatoki**:

- **klinowe** – znajdują się w trzonie kości klinowej; uchodzą do przewodu nosowego górnego,
- **sitowe przednie, środkowe i tylne** – skupienia komórek sitowych w błędniku kości sitowej; zatoki sitowe **tylne**

uchodzą do przewodu górnego, natomiast przednie i środkowe – środkowego,

- **czołowe** – występują w łusce kości czołowej; uchodzą do przewodu środkowego,
- **szczękowe** – znajdują się w trzonie szczęk; uchodzą do przewodu środkowego.

Do przewodu dolnego uchodzi **przewód nosowo-lzowy**.

Jama nosowa wyścielona jest **błoną śluzową**, w której można wyróżnić:

- **okolice oddechową** – pokrytą **nabłonkiem wielorzędownym migawkowym** wraz z komórkami kubkowymi; **błona śluzowa właściwa** zbudowana z silnie unaczynionej tkanki łącznej luźnej, ogrzewającej wdychane powietrze. Pod nabłonkiem występują liczne limfocyty, komórki plazmatyczne i neutrofile, eozynofile i komórki tuczne; **blaszka właściwa** zawiera cewkowo-pęcherzykowe gruczoły, wydzielające płyn surowiczy i śluz utrzymujący odpowiednią wilgotność i lepkość powierzchni nabłonka; pod błoną śluzową położona jest silnie unaczyniona **błona podśluzowa**,
- **okolice węchową** – stanowiącą niewielką część błony śluzowej o **powierzchni około 6 cm²**, pokrytej **nabłonkiem zmysłowym**, zwanym **węchowym**, obejmującym małżowinę górną i górną część przegrody nosa; **nabłonek wielorzędowy węchowy** zbudowany jest z trzech rodzajów komórek:
 - a) **zrębowych/podporowych** – walcowatych, które wąską częścią opierają się na **błonie podstawnej**, natomiast częścią szerszą skierowane są do **powierzchni nabłon-**

ka, pokrytego mikrokosmkami. Ich jądro położone jest przy powierzchni nabłonka,

- b) **podstawnych** – stożkowatych, położonych u podstawy nabłonka z jądrami leżącymi w pobliżu podstawy; stanowią one **rezerwę** i służą do **regeneracji** komórek podporowych i węchowych,
- c) **węchowych** (receptorycznych) – będących wrzecionowatymi neuronami **dwubiegunowymi**, z pęcherzykowatym jądrem w części środkowej, położonymi pomiędzy komórkami podporowymi a podstawnymi, biegnącymi poprzez całą grubość nabłonka; od środkowej części komórki odchodzi **dendryt** z wypustkami **dendrytycznymi** do powierzchni nabłonka, gdzie tworzą się maczugowate uwypuklenia – **pęcherzyki węchowe** z **rzęskami węchowymi** (włoski węchowe), a także **akson**; cały akson amielinowy przenika przez błonę podstawną do błony śluzowej właściwej i łączy się z innymi aksonami, tworząc pęczki nerwowe zwane „nićmi węchowymi”, które po mielinizacji kierują się do mózgowia przez otwory w blaszce sitowej, osiągając **opuszkę węchową** w mózgu; w błonie śluzowej właściwej występują liczne cewkowo-pęcherzykowe gruczoły wonne, których wydzielina oczyszcza powierzchnie receptorowe włosków węchowych, rozpuszczają się w niej substancje zapachowe współdziałające w percepcję wrażeń węchowych.

Wyróżnia się dwie **teorie recepcji wrażeń węchowych**:

- **chemiczną** – substancje wonne wychwytywane są przez włoski węchowe (dendryty – 6-8), a następnie zagęszczane w kroplach tłuszczu, po czym pobudzają komórkę węchową,

- **fizyczną** – najdrobniejsze cząsteczki substancji wonnych drgając wywołują fale o określonej częstotliwości, które drażnią włoski komórek węchowych.

[Ryc. 27. patrz: Budowa nabłonka węchowego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Wdychane powietrze w **części przedsionkowej** i drogach **oddechowych** ulega oczyszczeniu (włosy, nabłonek wielorzędowy migawkowy), ogrzaniu i nawilżeniu (sploty jamiste małżowin – żyły w utkaniu podśluzowym), co określamy mianem **klimatyzacji**.

Powietrze z jamy nosowej do krtani i odwrotnie musi przejść przez **gardło** – narząd zaliczany do układu pokarmowego, stanowiący wspólną drogę dla pokarmów i powietrza (opisano jego budowę przy ukł. pokarmowym).

5.3.2. Krtień – topografia i budowa

Krtień jest częścią układu oddechowego łączącego gardło z tchawicą. Położona jest między **IV a VII kręgiem szyjnym**, poniżej **kości gnykowej**. Przewodzi powietrze i jest jednocześnie narządem **głosotwórczym**. Zbudowana jest z chrząstek, więzadeł i mięśni.

Wyróżniamy chrząstki krtani:

a) **nieparzyste:**

- **chrząstka tarczowata** – zbudowana z dwóch czworobocznych płytek – prawej i lewej, łączących się w płaszczyźnie pośrodkowej pod kątem 90 – 120°; powstała wyniosłość w miejscu połączenia płytek nosi nazwę **wyniosłości krtaniowej** (lub jabłka Adama);

pośrodkowo, na brzegu górnym i dolnym występują **wcięcia: tarczowe górne i dolne**; na brzegach tylnych płytek znajdują się **rogi górne i dolne**,

- **chrząstka pierścieniowata** – w kształcie pierścienia, jej przednia węższa część nosi nazwę **luku**, natomiast tylna, szeroka – **plytki**,
- **chrząstka nagłośniowa** – przypomina siodełko rowerowe, znajduje się w fałdzie błony śluzowej zamykającym wejście do krtani; jest ruchoma, łączy się więzadłem z wewnętrzną powierzchnią wcięcia tarczowego górnego.

b) **parzyste:**

- **chrząstki nalewkowate** – pełnią najistotniejszą rolę spośród chrząstek parzystych; mają kształt **trójkątnych ostrosłupów**, o podstawie spoczywającej na płytce chrząstki pierścieniowatej; nadto każda z nich opatrzona jest w dwa wyrostki: **wyrostek głosowy** (odchodzący do przodu) i **wyrostek mięśniowy** (odchodzący bocznie i do tyłu),
- **chrząstki różkowate** – tkwią w fałdach błony śluzowej otaczających wejście do krtani,
- **chrząstki klinowate** – podobnie jak wyżej.

Chrząstki mogą zmieniać położenie względem siebie, dzięki połączeniom stawowym:

- **stawy pierścienno-tarczowe** – stawy zawiasowe, występujące między **rogami dolnymi** chrząstki tarczowatej a **chrząstką pierścieniową**, w których ruchy występują przy zmianach napięcia fałdów głosowych,
- **stawy pierścienno-nalewkowe** – stawy obrotowe, pomiędzy **plytką chrząstki pierścieniowatej** a **podstawą**

chrząstek nalewkowatych, w których ruchy występują przy zwięźaniu lub rozszerzaniu szpary głośni.

[Ryc. 28. patrz: Budowa krtani, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Jama krtani wyścielona jest błoną śluzową, pokrytą nabłonkiem wielowarstwowym płaskim i wielorzędowym migawkowym.

Błona śluzowa wytwarza szereg fałdów dzielących jamę na trzy części:

- a) **nagłośnia** – nieparzysty fałd zamykający wejście do krtani, zawierający **chrząstkę nagłośniową**, więzadła i mięśnie szkieletowe; nagłośnia ku przodowi łączy się z **podstawą języka**, natomiast od bocznych brzegów nagłośni do chrząstek nalewkowatych biegną **fałdy nalewkowo-nagłośniowe** ograniczające z boku i od tyłu wejście do krtani,
- b) **fałd przedsionkowy** – parzysty fałd na bocznych ścianach krtani nazywany fałdem rzekomym (nie uczestniczy w wytwarzaniu głosu),
- c) **fałd głosowy** – **parzysty fałd** na bocznych ścianach krtani, rozpięty poniżej fałdu przedsionkowego, pomiędzy **wyrostkami głosowymi** chrząstek nalewkowatych a **połączeniem płytek chrząstki tarczowatej**; zawierają one mięśnie głosowe (szkieletowe) i więzadła głosowe zbudowane z grubszych pęczków włókien elastycznych, ułożonych podłużnie tworzących **struny głosowe**.

Szpara pomiędzy fałdami głosowymi nosi nazwę **szpary głośni**, w której wyróżniamy **międzybłoniastą** część przednią i **międzychrząstkową** część tylną.

Fałdy głosowe wraz z zawartą między nimi **szparą** określamy mianem **głośni**. Fałdy głosowe pokrywa **nabłonek wielowarstwowy płaski**, nadający białawe zabarwienie.

Powietrze w czasie wydechu przechodząc między fałdami głosowymi, których napięcie regulowane jest mięśniami i strunami głosowymi, wprawia je w drgania i powoduje wytwarzanie dźwięków. Wydawanie dźwięków, ich specyficzny charakter jest wynikiem synergii mięśni gardła, języka, warg i twarzy. Ww. **fałdy** dzielą jamę krtani na trzy części:

- 1) **przedsionek krtani** – przestrzeń między **wejściem do krtani** a **fałdami przedsionkowymi**,
- 2) **kieszonki krtaniowe** – odcinek pomiędzy **fałdami przedsionkowymi** i **głosowymi**, przy czym ich rozszerzone części boczne tworzą tzw. **woreczki krtani**,
- 3) **jamę podgłośniową** – przestrzeń między **fałdami głosowymi** a miejscem przejścia **krtani w tchawicę**.

Mięśnie krtani można podzielić m. in. ze względu na czynności:

- **mięśnie napinające fałdy głosowe** – m. pierścienno-tarczowy, m. głosowy;
- **mięśnie rozszerzające szparę głośni** – m. pierścienno-nalewkowy tylny;
- **mięśnie zwężające szparę głośni** – m. pierścienno-nalewkowy boczny, m. tarczowo-nalewkowy, m. nalewkowy skośny i poprzeczny;
- **mięśnie wejścia do krtani** – m. nalewkowo-nagłośniowy i m. tarczowo-nagłośniowy.

Wymienione mięśnie unerwione są przez **n. krtaniowy górny** i **dolny**, które regulują napięcie fałdów głosowych,

wpływając na tonację głosu, szerokość szpary głośni, współdziałają przy zamykaniu wejścia do krtani i przy połykaniu.

Unaczynienie: pochodzi od tętnic tarczowych: górnej i dolnej.

5.3.3. Tchawica – topografia i budowa

Tchawica stanowi przedłużenie krtani ku dołowi do oskrzeli głównych. Biegnie poniżej chrząstki pierścieniowatej, między **VII kręgiem szyjnym** a **IV kręgiem piersiowym**, gdzie dzieli się pod kątem $75 - 90^\circ$ na dwa oskrzela główne, tworząc **rozdwojenie tchawicy**. Osiąga długość od **10 – 12 cm**.

Tchawica zróżnicowana jest na dwie części, tj. **szyjną**, krótką i **piersiową** dłuższą, biegnącą w śródpierśiu górnym. Jest rodzajem sztywnej rury przewodzącej powietrze, wzmocnionej **16 – 20 chrząstkami tchawicznymi**, o kształcie podkowiastym, połączonych **więzadłami pierścieniowatymi** z licznymi włóknami sprężystymi. Ściana tylna – **bloniasta**, zawiera mięśnie gładkie.

Podczas skurczu ściany bloniastej światło tchawicy może zmniejszyć się o $\frac{1}{4}$, co występuje w czasie kaszlu i kichania, kiedy zwiększone ciśnienie w tchawicy powoduje nasilenie prądu powietrza, który umożliwia odksztuszanie zalegającego śluzu. Jeśli wystąpi niedrożność tchawicy stosuje się tzw. tracheotomię, która polega na otwarciu przedniej ściany tchawicy i wprowadzeniu rurki do dróg oddechowych, celem doprowadzenia powietrza.

[Ryc. 29. patrz: Budowa tchawicy, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Tchawica od wewnątrz wyścielona jest **bloną śluzową**, zawierającą komórki kubkowe i gruczoły surowiczo-śluzowe.

Pokryta jest ona **nabłonkiem wielorzędkowym walcowatym migawkowym**, leżącym na grubej **blonie podstawnej**, pod którą znajduje się **blaszka właściwa błony śluzowej**, a pod nią **błona podśluzowa**.

Nabłonek jest zróżnicowany, zawiera sześć rodzajów komórek, tj.:

- **migawkowe** – walcowate, podstawowe, najliczniej reprezentowane, na powierzchni wolnej wyposażone w kilkadziesiąt migawek wykazujących ruchy zsynchronizowane (7 – 10/sek.), przesuujące w kierunku krtani śluz wraz z zanieczyszczeniami z wdychanego powietrza,
- **kubkowe** – liczne, biegnące przez całą szerokość nabłonka, częścią węższą leży na błonie podstawnej, natomiast szersza, szczytowa obfituje w duże, śluzowe ziarna wydzielnicze, wytwarzają powierzchnową warstwę śluzu,
- **podstawne** (niezróżnicowane) – piramidalne, spoczywają na błonie podstawnej, komórki macierzyste dla innych rodzajów komórek tego nabłonka,
- **szczoteczkowe** – posiadają liczne mikrokosmki na wolnej powierzchni, część tych komórek ma kontakt z włóknami nerwowymi, pełnią więc funkcję receptoryczną,
- **dokrewne** (ziarniste) – niewielkie, piramidalne, położone na błonie podstawie, zawierają liczne ziarnistości wydzielające **hormony polipeptydowe** (serotoninę, bombeszynę) regulujące czynność wydzielniczą komórek kubkowych i napięcie błony mięśniowej gładkiej oskrzeli i oskrzelików, ich skupiska tworzą **ciałka neuroepitelialne**, a występują głównie w miejscu rozgałęzień oskrzeli i oskrzelików,
- **Langerhansa** – spotykane rzadko, prezentują antygeny.

Błaszka właściwa błony śluzowej – zbudowana z **tkanki łącznej luźnej** z biegnącymi w niej **włóknami sprężystymi**, lokalizującymi się głównie na granicy błony śluzowej właściwej i podśluzowej tworzącymi **blaszkę sprężystą**. Pod błoną podstawną są liczne **naczynia włosowate** ogrzewające wdychane powietrze. W samej błonie śluzowej właściwej znajdują się liczne **limfocyty** i **komórki plazmatyczne** wydzielające **immunoglobuliny** typu IgA na powierzchnię nabłonka, chroniąc miejscowo przed **infekcją mikroorganizmów**.

Błona podśluzowa – położona pod blaszką sprężystą zawiera **gruczoły tchawicze** śluzowo-surowicze. Wydzielina surowicza występuje pod śluzem i umożliwia sprawne zsynchronizowane ruchy migawek oraz przesuwanie lepkiego i gęstego śluzu. W warstwie **włóknisto-chrząstnej** występują **chrząstki szkliste** tworzące niepełne pierścienie, których końce połączone są **więzadłem włóknisto-kolagenowym** i pęczkami **miocytów gładkich**. Komórki te tworzą **mięsień tchawiczy** umożliwiający zwięzanie światła tchawicy, a tylna ściana tchawicy, zwana **bloniastą** reguluje średnicę jej światła. **Pierścienie chrząstne** między sobą połączone są **kolagenowymi więzadłami obrączkowymi**.

Na zewnątrz tchawicy występuje łącznotkankowa **przydan-ka** zawierająca skupiska lipocytów.

5.3.4. Drzewo oskrzelowe

Od rozdwojenia tchawicy biegną dwa **oskrzela główne**, tj. prawe i lewe, które rozgałęziając się tworzą drzewo oskrzelowe będące rusztowanie dla miększu płucnego, zbudowanego z płatów, płaty z segmentów, zróżnicowanych dalej na piramidalne płaciki.

Oskrzela prawe jest krótsze, o większej średnicy i przebiegu niemal pionowym, będąc jakby przedłużeniem tchawicy. Dlatego też częściej do niego trafiają ciała obce. Ponad oskrzelem przebiega **żyła nieparzysta**, natomiast **lewe** – dłuższe, o mniejszej średnicy i przebiegu bardziej poziomym. Ponad oskrzelem biegnie **łuk aorty**.

Oskrzela główne wchodząc do płuc dzielą się na **oskrzela płatowe**, z których dwa wchodzą do płuca lewego, a trzy do płatów płuca prawego. Każde z pięciu oskrzeli płatowych dzieli się na **oskrzela segmentowe**, a te na **oskrzela międzypłacikowe**. Dalsze rozgałęzienia to tzw. **oskrzeliki**, które osiągnąjąc średnicę światła 0,5 – 1,5 mm, wchodzą do **płacików** przez ich wierzchołek jako oskrzeliki **śródpłacikowe**, przechodzą w oskrzeliki **końcowe**, następnie oskrzeliki **oddechowe** wraz z **przewodnikami pęcherzykowymi i pęcherzykami płucnymi** tworząc **gronka płucne**.

[Ryc. 30. patrz: Oskrzela główne, płatowe i segmentowe, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Oskrzela główne – pod względem budowy podobne do tchawicy – przechodzą w **oskrzela płatowe**, które na całym obwodzie wzmocnione są **plytkami chrzęstnymi** nieregularnego kształtu, tworzącymi warstwę **włóknisto-chrzęstną**.

Światło oskrzeli wyściełone jest **bloną śluzową** pokrytą **nabłonkiem wielorzędkowym migawkowym**. **Błaszka właściwa** błony śluzowej zbudowana jest z **tkanki łącznej luźnej** z licznymi włóknami sprężystymi, limfocytami i niewielkiej ilością gruczołów surowiczo-śluzowych. Na granicy blaszki właściwej i błony podśluzowej wykształcona jest **blaszka sprężysta** i warstwa **mięśni gładkich** tworzących dwa pokłady komórek okrężnych różniących się kierunkiem przebiegu

(**blona Reissensa**). Ich **skurcz** pojawia się po pobudzeniu **włókien nerwu błędnego** (parasympatycznych) pod wpływem takich mediatorów, jak: **histaminy, serotoniny, bradykininy**... Czynniki te również powodują **rozszerzanie się naczyń krwionośnych**, zwiększając produkcję śluzu. W efekcie **zmniejsza się średnica oskrzeli**, co przy nasileniu się tych objawów może powodować duszność zwaną **astmą oskrzelową**. Istnieje jeszcze **astma wysiłkowa**, której objawy pojawiają się podczas **natężonego wysiłku fizycznego**.

Blona podśluzowa zawiera **gruczoły śluzowo-surowicze** pomiędzy płytkami chrzęstnymi i pod nimi. W wydzielinie surowiczej znajduje się **lizozym** (enzym hydrolizujący peptydoglikany) i **glikoproteiny**. Część gruczołów surowiczych w **stanach zapalnych** przekształca się w **komórki śluzowe**, co powoduje **zwiększenie ilości śluzu**, który **unieruchamia migawki** zakłócając mechanizm oczyszczania oskrzeli.

Oskrzeliki oddechowe – nie zawierają płytek chrzęstnych i gruczołów. Ich ściana w początkowej części zbudowana jest z **nabłonka jednowarstwowego walcowatego z migawkami** i komórkami kubkowymi, natomiast w dalszej – w miarę zwięźania się światła oskrzelika – traci rzęski i komórki kubkowe, przechodząc dalej w **nabłonek sześcienny**. Wśród komórek nabłonka spotykamy tzw. **komórki oskrzelikowe** (Clara), których część szczytowa bezmigawkowa uwypukla się ponad sąsiednie komórki migawkowe. Wydzielają one białka charakterystyczne dla wyściółki pęcherzyków płucnych, swoiste białka, antyproteazy i oksydazy pełniące **funkcję ochronną** (przed karcynogenami, toksynami).

Błaszka właściwa błony śluzowej jest **cienka**, a w najmniejszych oskrzelikach ograniczona jest do **blaszki sprężystej**.

Błona Reissensa – jest nieciągła, poprzeplatana tkanką łączną zawiera **miocyty gładkie**, a zatem kurczy się i rozkurcza, zwiększając lub zmniejszając światło oskrzelików podczas oddychania.

Oskrzeliki końcowe – zbudowane z **nabłonka jednowarstwowego sześciennego** z licznymi **komórkami oskrzelowymi**. Każdy z **oskrzelików końcowych** dzieli się na dwa **oskrzeliki oddechowe**. **Oskrzeliki końcowe** wraz z **odgałęzieniami** tworzą **gronko płucne** otoczone warstwą tkanki łącznej z licznymi włóknami sprężystymi. Kilkanaście **gronek** tworzy **płacik płucny**.

Część oddechowa

5.3.5. Ogólna budowa płuc

Parzyste **płuca** położone są w bocznych przestrzeniach jamy klatki piersiowej. Głównym zadaniem płuc jest wymiana tlenu i dwutlenku węgla pomiędzy krwią a powietrzem, co nazywamy „**oddychaniem zewnętrznym**”.

W płucu można wyróżnić **podstawę** (*basis*) i **szczyt** (*apex*) oraz trzy powierzchnie: **żebrową** (*facies costalis*), **śródpiersiową** (*facies mediastinalis*) i **przeponową** (*facies diaphragmatica*). Na powierzchni śródpiersiowej znajduje się zagłębienie zwane **wnąką płuca** (*hilum pulmonis*) przez którą przechodzą oskrzela, naczynia i nerwy, tworząc **korzeń płuca** (*radix pulmonis*). Nadto w płucu wyróżniamy dwa **brzegi**, tj. **przedni** (*margo anterior*) w płucu lewym z wcięciem sercowym oraz **dolny** (*margo inferior*).

[Ryc. 31. patrz: Ogólna budowa płuc: prawego i lewego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Istnieje zależność wprost proporcjonalna między wielkością płuc a długością tułowia. Objętość **płuca prawego** wynosi około **900 cm³**, natomiast **lewego** – około **750 cm³**.

Płuco prawe – podzielone jest **szczeliną poziomą i skośną** na trzy płaty: **górnym, środkowym i dolnym**, natomiast **płuco lewe** podzielone jest **szczeliną skośną** na dwa płaty: **górnym i dolnym**.

Płaty płuc dzielą się na mniejsze jednostki morfologiczno-fizjologiczne – **segmenty oskrzelowo-płucne**, w płucu prawym w liczbie **10**, zaś lewym – **9**. Mają one kształt stożka zwróconego wierzchołkiem w kierunku wnętrza płuca, dysponują własnymi oskrzelami – **oskrzelami segmentowymi** i odrębnym zaopatrzeniem naczyniowym. W każdym segmencie niektórzy autorzy wyróżniają **podsegmenty**. **Segmenty** zbudowane są z **płacików płucnych**, w postaci wielokątnych pól. Płaciki zbudowane są z kolei z **gronek płucnych**, jak wcześniej wspomniano.

Oskrzela główne (*bronchi principales*) we wnętrzu płuc dzielą się na **oskrzela płatowe** (*bronchi lobares*), tj. na **trzy w płucu prawym** i na **dwa w płucu lewym**. Z kolei oskrzela płatowe dzielą się na **oskrzela segmentowe** (*bronchi segmentales*), dzielące się **monopodialnie** na rozgałęzienia o coraz to mniejszej średnicy i **dichotomicznie** – na dwa rozgałęzienia boczne bez pnia głównego, wytwarzając **drzewo oskrzelowe**. Takich rozgałęzień dichotomicznych jest od **20 – 23**. Prowadzą one do powstania **oskrzeli płacikowych** (*bronchi lobulares*) o średnicy 1 mm, których liczba w obu płucach wynosi około **1 000**. Z podziału oskrzeli płacikowych wykształcają się **oskrzeliki oddechowe** (*bronchioli respiratorii*), o średnicy około 0,3 mm, w liczbie około 800 000. W ich ścianie – w odróżnieniu od oskrzeli – nie występują chrząstki, natomiast

lepiej wykształcone są mięśnie gładkie. Ściana **oskrzelików oddechowych** zbudowana jest z **nabłonka jednowarstwowego sześciennego** wraz z **komórkami oskrzelowymi** oraz **pęcherzyków płucnych**.

Od oskrzelików oddechowych odchodzą **przewodniki pęcherzykowe** (*ductuli alveolares*), łączące się z **woreczkami pęcherzykowymi** (*sacculi alveolares*), od których odchodzą **pęcherzyki płucne** (*alveoli pulmonis*), których liczba w obu płucach oceniana jest na **300 – 500 mln**, a ich powierzchnia oddechowa na **70 – 120 m²**.

Z każdym **oskrzelikiem oddechowym** jest związanych około **200 pęcherzyków płucnych**. W ten sposób powstaje drzewo pęcherzykowe tworzące **gronko płucne** (*acinus pulmonalis*).

[Ryc. 32. patrz: Budowa gronka płucnego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Pęcherzyki płucne – służą do wymiany **tłenu i dwutlenku węgla** między powietrzem pęcherzykowym a krwią. Wszystkie pęcherzyki płucne oddzielone są od siebie **przegrodami międzypęcherzykowymi**, utworzonymi przez **tkankę łączną luźną** z fibroblastami oraz makrofagami leżącymi w sieli włókien kolagenowych i sprężystych, odpowiedzialnych za sprężystość płuc. W zrębie łączno-tkankowym znajdują się liczne **naczynia włosowate** układające się zwykle pod nabłonkiem pęcherzyków. **Pęcherzyki płucne** kontaktują się ze sobą **otworkami/porami międzypęcherzykowymi**. Średnica pęcherzyków płucnych waha się od **0,1 – 0,3 mm**.

Ścianę pęcherzyka płucnego buduje **nabłonek oddechowy**, w skład którego wchodzi trzy rodzaje komórek pęcherzykowych, tzw. pneumocytów leżących na błonie podstawnej:

- **pneumocyty typu I** (40% komórek) – **komórki płaskie** z wypukleniem w pobliżu jądra, wyściełają ok. 90% powierzchni wewnętrznej pęcherzyków płucnych, umożliwiają **szybki transport gazów**,
- **pneumocyty typu II** (niemal 60% komórek) – **komórki duże/ziarniste**, zaokrąglone z ciałkami blaszkowatymi uwalniającymi wydzielinę pokrywającą cienką warstwą nabłonek pęcherzykowy,
- **pneumocyty typu III** (komórki szczoteczkowe) – występują rzadko, podobne do komórek szczoteczkowych nabłonka dróg oddechowych i pełnią funkcję chemoreceptorów.

W pęcherzykach płucnych występują także **makrofagi płucne** (fagocyty pęcherzykowe) wywodzące się ze szpiku kostnego, zlokalizowane w przegrodach międzypęcherzykowych (makrofagi śródmiąższowe) oraz wewnątrz nabłonka płucnego, bądź na jego powierzchni (makrofagi pęcherzykowe).

Wykazują one zdolność **fagocytowania** ciał obcych, a także indukują **komórkową odpowiedź immunologiczną**.

Pomiędzy powietrzem pęcherzykowym a krwią w naczyniach włosowatych występuje bariera **powietrze-krew** o grubości ok. 0,6 μm , w skład której – idąc od światła pęcherzyka – wchodzi:

- **warstwa surfaktantu** – wydzielina pneumocytów typu II tworząca cienką warstwę wyściełającą nabłonek pęcherzykowy (warstewka hydrofilna – białka i glikozaminoglikany i hydrofobowa – fosfolipidy, głównie fosfatydylocholina), **stabilizuje** strukturę pęcherzyków i **zabezpiecza** przed ich zapadaniem się,
- **wypustki cytoplazmy pneumatocytów typu I**,
- **błona podstawna nabłonka pęcherzyka**,
- **błona podstawna śródłonka naczynia włosowatego**,

- **wypustki cytoplazmy komórek śródbłonka nacynia włosowatego.**

[Ryc. 33. patrz: Budowa pęcherzyka płucnego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Podczas **chronicznych stanów obrzękowych płuc** między dwiema błonami podstawnymi odkłada się **włóknik**, gromadzą się **fibroblasty** i tworzą się **włókna kolagenowe**, co prowadzi do **zwłóknienia przegród**, a tym samym utrudnienia dyfuzji gazów i niewydolności oddechowej.

5.3.6. Opłucna – rodzaje i budowa

Płuca otoczone są dwiema blaszkami błony surowiczej, tzw. **opłucną płucną** (*pleura pulmonalis*) i **opłucną ścienną** (*pleura parietalis*). Pomiedzy nimi znajduje się szczelinowata przestrzeń – **jama opłucnej** (*cavum pleurae*), zawierająca kilka ml płynu surowiczego, zmniejszającego tarcie przy oddychaniu.

W niektórych miejscach szczelinowata przestrzeń jamy opłucnej rozszerza się i wytwarza **zachyłki opłucnowe**, do których podczas wdechu wślizgują się płuca zwiększając ich objętość (zachyłek żebrowo-przeponowy – największy, żebrowo-śródpiersiowy, przeponowo-śródpiersiowy).

Opłucna płucna bezpośrednio przylega do powierzchni płuc, wnika do szczelin, gdzie przechodzi na powierzchnie międzypłatowe płuc. **Opłucna ścienna** przylega do wewnętrznej powierzchni ścian klatki piersiowej – **opłucna żebrowa**, do narządów śródpiersia – **opłucna śródpiersiowa** i do przepony – **opłucna przeponowa**. Opłucna okrywająca szczyt płuca nosi nazwę **osklepka opłucnej**.

Opłucna pokryta jest **nabłonkiem jednowarstwowym płaskim**, pod którym znajdują się pęczki **włókien siateczkowych** i **sprężystych** oraz **komórki tkanki łącznej włóknistej luźnej**. Jest bogato unaczyniona i unerwiona.

5.3.7. Oddychanie, transport gazów i mechanizm regulacji oddychania

Proces oddychania odbywa się dzięki **mięśniom oddechowym**, głównie mięśniom międzyżebrowym wewnętrznym i wewnętrznym, przeponie i mięśniom pomocniczym, zmieniającym objętość klatki piersiowej. Płuca swoją **plastyczność** zawdzięczają obecności dużej ilości **włókien sprężystych**, których powolny zanik np. w związku z procesem starzenia się może prowadzić do pęknięcia pęcherzyków płucnych i rozwoju **rozedmy płuc**.

Gazy w postaci **tłenu** i **dwutlenku węgla** przenikają przez barierę powietrze pęcherzykowe-krew drogą dyfuzji, czyli na zasadzie **spadku ciśnienia parcjalnego**: tlen dyfunduje ze światła pęcherzyka (ciśnienie parcjalne tlenu wyższe) do krwi żyłnej pęcherzyków (niższe). Tlen rozpuszcza się w osoczu, większość wiąże się z **hemoglobina** (oksyhemoglobina), która rozprowadza go po całym organizmie. Natomiast **dwutlenek węgla** wytworzony w procesie dekarboksylacji w cyklu Krebsa transportowany jest z komórek/tkanek do **płuc** głównie w postaci **jonów dwuwęglanowych**, które pod wpływem enzymu **anhydryzy węglanowej erytrocytów** przekształcane są w płucach na **dwutlenek węgla**. Powstały dwutlenek węgla na zasadzie różnic ciśnienia parcjalnego przenika do **powietrza pęcherzykowego**, skąd usuwany jest wraz z **powietrzem wydychanym**.

Płuca unerwione są przez **gałązki nerwu błędnego** (ukł. parasympatyczny) i **pnia współczulnego** (ukł. sympatyczny), które wytwarzają sploty nerwowe biegnące wzdłuż drzewa oskrzelowego kończąc na pęcherzykach płucnych. **Zakończenia nerwowe** w postaci licznych chemo- i mechanoreceptorów – odchodzące od nerwu błędnego – przekazują informację do **ośrodków oddechowych** położonego w **pieniu mózgu**, który integruje impulsy, regulując liczbę i stopień skurczu mięśni oddechowych. Istotną rolę w tym procesie odgrywają **chemoreceptory kłębków szyjnych i aortalnych**, które kontrolują **prężność gazów** we krwi.

5.3.8. Unaczynienie płuc

W płucach występują dwa rodzaje unaczynienia:

- **odżywcze** – krew odżywcza transportują **tętnice oskrzelowe**, które po wejściu do płuc dzielą się na **gałązki** od których odchodzą **kapilary** dostarczające krew tętniczą **drzewu oskrzelowemu** do poziomu oskrzelików oddechowych, po czym **kapilary** łączą się w **żyły oskrzelowe**, uchodzące częściowo do **żył płucnych** i **żyły nieparzystej**,
- **czynnościowe** – krew czynnościowa pochodzi z **tętnicy płucnej** odchodzącej od prawej komory serca, która dzieli się na dwie **gałęzie** doprowadzające krew żylną do obydwu płuc; gałęzie te rozgałęziają się na **tętnice** biegnące wzdłuż drzewa oskrzelowego; w przegrodach międzypęcherzykowych powstaje **sieć kapilar** oplatających pęcherzyki płucne; z połączeń kapilar powstają **żyłki** biegnące wzdłuż drzewa oskrzelowego, **naczynia żyłne** łączą się z sąsiednimi żyłami tworząc coraz większe **pnie żyłne**, a te **żyły płucne** uchodzące do lewego przedsionka serca.

6. NARZĄDY UKŁADU POKARMOWEGO

Organizm zużywa duże ilości **energii** niezbędnej do podtrzymania procesów życiowych. Jej źródłem są głównie **węglowodany** i **lipidy**. Składniki pokarmowe stanowią nie tylko materiał **energetyczny** i **zapasowy**, ale również **budulcowy** i **funkcjonalny** (biokatalizatory, hormony, witaminy).

Ze względu na naturę **związków organicznych** składników odżywczych, pobrany pokarm musi być poddany działaniu czynników **fizykochemicznych**, które uczynią go przyswajalnym przez komórki. Fizykochemiczna „obróbka” pokarmu odbywa się dzięki czynności **ruchowej** i **wydzielniczej** przewodu pokarmowego oraz związanym anatomicznie i fizjologicznie gruczołom – **śliniankom, wątrobie** i **trzustce**.

W przewodzie pokarmowym odbywa się proces **trawienia**, polegający na **enzymatycznej hydrolizie** złożonych związków organicznych (białek, lipidów, węglowodanów) na związki **organiczne proste** przyswajalne przez organizm.

Jedynie **woda, sole mineralne** oraz **nieliczne związki organiczne** nie wymagają żadnych zmian chemicznych. Transport wymienionych substancji przez błonę komórkową odbywa się w drodze procesu **dyfuzji, transportu ułatwionego lub aktywnego**.

W procesie **defekacji** z przewodu pokarmowego usuwane są niestrawione resztki pokarmowe wraz z produktami metabolicznymi, np. pochodnymi **przemiany sterolowej**, niektórymi

związkami azotowymi, ciałami mineralnymi, jak i produktami działalności flory bakteryjnej jelita grubego, np. **indolem**, **skatolem**, **fenolem** i innymi. Układ pokarmowy ma wpływ na utrzymanie **stałości środowiska wewnętrznego organizmu** (homeostaza).

Obecność **migdałków** (językowy, podniebienny, gardłowy, trąbkowy) i **grudek chłonnych** w jelicie wytwarzających limfocyty zapewnia **obronę immunologiczną**.

Istnieje kilka teorii związanych z mechanizmem regulacją ośrodka głodu i łaknienia (podwzgórze), tj. glikostatyczna, aminoacydostatyczna, lipostatyczna, termostatyczna i hydratacyjna.

6.1. Ogólna budowa układu pokarmowego

W skład układu pokarmowego wchodzi:

- **przewód pokarmowy** – w którym zachodzą kolejne etapy procesu trawienia i wchłaniania strawionego pokarmu,
- **gruczoły** układu pokarmowego – należą do nich: *ślinianki*, *wątroba* i *trzustka*, których wydzieliny wpływają na przebieg trawienia i wchłaniania.

Przepona (*diaphragma*) oddzielająca jamę piersiową od jamy brzusznej dzieli jednocześnie układ pokarmowy na dwie części:

a/ **nadprzeponową** – do której należą:

- **jama ustna** (*cavum oris*) wraz z uchodzącymi doń **gruczołami ślinowymi**,
- **gardziel** (*fauces*) i **gardło** (*pharynx*),
- **przelyk** (*esophagus*),

b/ **podprzeponową** – obejmującą:

- część brzuszną (*pars abdominalis*) **przelyku**,
- **żołądek** (*gaster*),
- **jelito cienkie** (*intestinum tenue*) wraz z uchodzącymi doń gruczołami: **wątroba** (*hepar*) i **trzustką** (*pancreas*). Jest ono zróżnicowane na **dwunastnicę** (*duodenum*) oraz **jelito krezkowe** w skład którego wchodzi **jelito czcze** (*jejunum*) i **kręte** (*ileum*),
- **jelito grube** (*intestinum crassum*) – dzieli się na **jelito ślepe** (kątnicę) (*cecum*) wraz z **wyrostkiem robaczkowym** (*appendix vermiformis*), **okrężnicę** (*colon*) zróżnicowaną na **okrężnicę wstępującą**, **poprzeczną**, **zstępującą** i **esowatą**, która na wysokości S₃ przechodzi w końcową część jelita grubego – **odbytnicę** (*rectum*).

[Ryc. 34 patrz: Ogólna budowa układu pokarmowego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

6.1.1. Przewód pokarmowy

Jama ustna – ściany i narządy

Układ pokarmowy rozpoczyna się jamą ustną do której prowadzi **szpara ust** ograniczona mięśniem okrężnym. Jama ustna ku tyłowi poprzez **cieśń gardzieli** (*isthmus faucium*) przechodzi w **gardło**. Łuki zębowe szczęk i żuchwy oddzielają podkowiasto ułożony **przedsionek jamy ustnej** od **jamy ustnej właściwej**.

W tej początkowej części przewodu pokarmowego zachodzą następujące procesy:

- pobieranie, odcinanie, rozdrabnianie i formowanie kęsów pokarmu przy udziale śliny,
- percepcja smaku przez receptory smaku zlokalizowane w kubkach smakowych,
- początek trawienia pokarmu (amylaza ślinowa),
- przepływ powietrza oddechowego,
- ochrona immunologiczna (grudki chłonne – migdałki),
- artykulacja mowy (wargi, język, łuki zębowe).

Ściany jamy ustnej

Jama ustna graniczona jest **wargami, policzkami, podniebieniem i dnem jamy ustnej.**

Wargi (*labia*) – tworzą je fałdy skórno-mięśniowe, w skład których wchodzi **skóra** pokryta **naskórkiem** pod którym znajduje się **skóra właściwa** wraz z jej **wytworami** (gruczoły łojowe, potowe i korzenie włosów), **mięsień okrężny ust** oraz występująca od wewnątrz **błona śluzowa**. Pomiędzy częścią zewnętrzną skóry a błoną śluzową znajduje się **czerwień wargowa**, która swój kolor zawdzięcza **naczyniom włosowatym** przeświecającym poprzez cienki nabłonek wielowarstwowy płaski nierogowaciejący. Wargę górną i dolną podtrzymywane są przez małe więzadła zwane **wędzidelkami** (*frenula*).

Policzki (*buccae*) – od zewnątrz występuje **skóra** pokryta nabłonkiem wielowarstwowym płaskim rogowaciejącym, pod którą występuje **skupienie tkanki tłuszczowej**, tworzącej **poduszczkę tłuszczową policzka**. Warstwę środkową tworzy **mięsień policzkowy**. Od wewnątrz policzki wysłane są **błoną śluzową** pokrytą nabłonkiem wielowarstwowym płaskim nierogowaciejącym do którego wpuklają się spłaszczone,

nieregularne **brodawki łącznotkankowe** blaszki właściwej błony śluzowej. W **blonie podśluzowej** skupione są pęczki **włókien kolagenowych** i pasma **włókien sprężystych**, pomiędzy którymi występują **lipocyty** oraz **gruczoły policzkowe**, a także pojedyncze **gruczoły łojowe**. Zrąb **tkanki podśluzowej** łączy się z **omięsną mięśnia policzkowego**.

Podniebienie (*palatum*) – stanowi górną ścianę jamy ustnej. Wyróżnia się:

- **podniebienie twarde** – położone w przedniej części, utworzone przez **wyrostki podniebienne szczęk** i **blaszki poziome kości podniebiennych**; pokryte **zrogowaciałym nabłonkiem wielowarstwowym płaskim**, pod którym występuje **blaszka właściwa błony śluzowej** zbudowana z tkanki łącznej włóknistej z naczyniami krwionośnymi i gruczołami podniebiennymi; dzięki włóknom kolagenowym błona śluzowa i podśluzowa łączą się z okostną kości podniebiennych; **błona śluzowa podniebienia** w części między polem środkowym a strefą dziąsłową tworzy **poprzeczne fałdy podniebienne**; w obrębie podniebienia można wyróżnić: **strefę dziąsłową**, **szew podniebenny** (pole środkowe), **strefę tłuszczową** (pole przednio-boczne) i **strefę gruczołową** (pole tylnoboczne),
- **podniebienie miękkie** – położone w części tylnej, stanowi **fałd włóknisto-mięśniowy** pokryty **błoną śluzową**, zawierający mięśnie poprzecznie prążkowane, np. m. dźwignacz i napinacz języczka, m. języczka i inne, oddzielający tylną część jamy ustnej od gardzieli; błona śluzowa od strony jamy ustnej pokryta jest **nabłonkiem wielowarstwowym płaskim nierogowaciejącym**, który po stronie jamy nosowej przechodzi w **nabłonek wielorzędowy migawkowy**.

wy; błona podśluzowa zawiera gruczoły śluzowe sprzyjające przesuwaniu kęsów pokarmu; fałd podniebienia miękkiego po bokach przechodzi w parzyste, łukowate **fałdy podniebiennie-językowe i podniebiennie-gardłowe**; między tymi fałdami występuje **parzysty migdalek podniebienny**; w części pośrodkowej tylnego brzegu podniebienia miękkiego znajduje się wyniosłość zwana **języczkiem (uvula)**.

Dno jamy ustnej (fundus cavi oris) – budują niektóre mięśnie nadgnykowe, głównie **m. żuchwowo-gnykowe** oraz inne - m. dwubrzuścowy, m. bródkowo-gnykowy tworząc **przeponę jamy ustnej (diaphragma oris)**. Od wewnątrz dno pokryte jest **błoną śluzową** wyścieloną **nabłonkiem nierogowaciejącym**, tworzącą **fałd podjęzykowy**, zawierający **ślinianki podjęzykowe**, brodawkę zwaną **mięskiem podjęzykowym**, w której znajduje się ujście ślinianek podjęzykowych i podżuchwowych.

[Ryc. 35. patrz: Ogólna budowa jamy ustnej, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Ścianę jamy ustnej od wewnątrz tworzą:

- **błona śluzowa**, w której wyróżnia się dwie warstwy, tj. **nabłonek wielowarstwowy płaski nierogowaciejącym/rogowaciejący** zawierającym ziarna glikogenu, limfocyty i niewielkie gruczoły oraz **blaszkę właściwą błony śluzowej**,
- **błonę podśluzową**,
- **mięśnie poprzecznie prążkowane szkieletowe**.

Nabłonek wielowarstwowy rogowaciejący położony jest w okolicach narażonych na czynniki mechaniczne związane

z żuciem pokarmu, tj. na powierzchni **dziąseł, podniebienia twardego** oraz **grzbietu języka**.

Narządy jamy ustnej

Do narządów jamy ustnej należą **zęby, język i gruczoły ślinowe** (małe gruczoły i duże zwane śliniankami).

Zęby (*dentes*) wraz z wyrostkami zębodołowymi szczęk i żuchwy tworzą łuki zębowe, dzielące jamę ustną na: **przed-sionek i jamę ustną właściwą**. Błona śluzowa pokrywająca zębodoły stanowi **dziąsło**. Połączenie zęba z zębodołem nosi nazwę **wklinowania**. Tkanka łącząca obie struktury tworzy **ozębną**.

Budowa zębów. Zęby zróżnicowane są na:

- **koronę zęba** (*corona dentis*) – część zęba pokryta szkliwem (anatomiczna), część zęba wystająca z dziąsła (kliniczna); **szkliwo** – najtwardsza substancja w organizmie, odpowiada 6 stopniowi twardości minerałów; jego powierzchnię pokrywa błona o grubości 3 – 20 μm zwana **oszkliwem**, odporna na działanie kwasów i zasad,
- **szyjka zęba** (*collum dentis*) – część zęba w miejscu styku szkliwa z kostniwem pokryta dziąsłem,
- **korzeń** (*radix*) – część zęba pokryta **cementem kostnym** (kostniwem), znajdująca się w zębodole; między korzeniem zęba a ścianą zębodołu znajduje się **ozębna**.

Pod szkliwem i kostniwem znajduje się **zębina** otaczająca bezpośrednio **jamę zęba** w koronie oraz **kanal korzenia zęba**, kończący się **otworem wierzchołka zęba**. W jamie zęba znajduje się **miazga zęba**, zbudowana z tkanki łącznej włóknistej luźnej, naczyń i zakończeń nerwowych. Wokół miazgi znajduje się warstwa cylindrycznych komórek **zębinotwórczych**

(*odontoblasty*), wytwarzających zębinię w okresie wzrostu zębów. Miazga bierze udział w odżywianiu i metabolizmie zębów oraz ich regeneracji.

Do najtwardszych substancji wchodzących w skład zęba należą:

- **zębina** – zębina zajmuje główną część **korony** i **korzenia**, determinuje kształt zęba, ogranicza jamę zęba i kanał korzeniowy oraz zabezpiecza przed złamaniem; od zewnątrz zębiny w części koronowej zęba znajduje się **szkliwo** a w korzeniu – **cement**, który pod względem chemicznym i właściwościami fizycznymi zbliżony jest do kości (twardość zębiny 4-5 stopni w 10-stopniowej skali Mohsa); komórki **zębinotwórcze=odontoblasty** położone są na powierzchni **miazgi zęba**; zębinię budują **związki organiczne** w postaci **włókien kolagenowych** (ok. 90%), **fosfoprotein, glikoprotein** i **proteoglikanów**; w istocie podstawowej występują także białka charakterystyczne dla chrząstek i kości, tj. **osteonektyna, osteopontyna, osteokalcyna**, peptydowe czynniki wzrostu i inne; **związkami nieorganicznymi** zębiny są głównie **fosforany wapnia** (ok. 95%) w postaci kryształów dwuhydroksyapatytów, poza tym **węglany** i śladowo jony magnezu, potasu, sodu, żelaza i chloru,
- **szkliwo** – najtwardsza substancja w organizmie (6-7 stopień w skali Mosha), pokrywa koronę zębów o grubości około 2 mm; wytwarzane jest przez **komórki nabłonkowe**, zwane **ameloblastami**, które zanikają w momencie wyrzynania zęba; w skład szkliwa wchodzi **związki organiczne** w 96-98%, tj. **fosfoproteiny** i **glikoproteiny**, jak i glikozaminoglikany, aminokwasy, lipidy i fosfataza zasadowa oraz nieorganiczne w 2-4% w postaci **sol**

wapnia z przewagą fosforanów (ok. 90%) oraz węglany, fluorki i jony magnezu),

- **cement** – pokrywa zębinę około 40 μm warstwą w okolicy szyjki i około 800 μm w okolicy wierzchołka korzenia, chroni zębinę oraz łączy ząb ze ścianami zębodołu; budowę chemiczną i właściwości ma podobne do kości, przy niższym poziomie mineralizacji; fosforany wapnia tworzą kryształy **hydroksyapatytu**, około 90% stanowią **włókna kolagenowe** połączone istotą podstawową (fosfoproteiny, glikoproteiny, proteoglikany); warstwa cementowa jest wytworem komórek woreczka zębowego zwanych **cementoblastami**.

Miazga zęba – wypełnia komorę zęba i kanał korzeniowy, przypomina **tkankę łączną galaretowatą** z licznymi **komórkami gwiazdzistymi**. Istotę podstawową budują **proteoglikany** i **glikolipidy** z biegnącymi bezładnie **włóknami kolagenowymi**. W części obwodowej biegną grube **włókna srebrochłonne** (włókna spiralne). Na powierzchni miazgi leżą 2-3 szeregi **odontoblastów** (komórki walcowate, sześciennie lub płaskie) w okolicy korony i 1 szereg w korzeniu.

Ozębna – łączy ścianę zębodołu z korzeniem zęba, mocując go w zębodole dzięki **aparatu wiązadłowemu zęba** w postaci grubych, uporządkowanych pęczków **włókien kolagenowych**. Wyróżnia się **więzadła**: skośne, wierzchołkowe, pierścieniowe i promieniste.

W koronie zęba wyróżnia się **powierzchnię przedsionkową, językową**, dwie powierzchnie **styczne** oraz **powierzchnię zgryzu** lub **brzeg sieczny**.

Zęby rozwijają się z dwóch listków zarodkowych: z nabłonka **ektodermalnego** powstaje **szkliwo**, a z **mezenchymy**

pozostałe tkanki zęba. W **rozwoju zęba** można wyróżnić kilka stadiów: tworzenie **związków zęba**, powstawanie **zębiny i szkliwa**, powstawanie **korzenia zęba** (cementu i ozębnej) i wyrzynanie się zębów.

Uzębienie człowieka jest **dwupokoleniowe** (*diphyodontia*), zróżnicowane na **zęby mleczne** (*dentes decidui*) i **zęby stałe** (*dentes permanentes*) oraz **różnokształtne** (*heterodontia*). Charakterystyczną jego cechą jest ściśle przyleganie zębów do siebie na **łuku zębowym górnym i dolnym**, bez występowania luk (*diastema*).

Zęby mleczne – występują w liczbie 20, wśród których w każdej połowie szczęki i żuchwy wyróżnia się: **2 zęby sieczne** (*dentes incisivi*), **1 kiel** (*dens caninus*) i **2 zęby trzonowe** (*dentes molares*). Ich związki powstają około 5-6 tygodnia życia płodowego, a guzkowate zgrubienia listewek około 8-9 tygodnia życia płodowego. Zęby mleczne są mniejsze, białawo-niebieskawe, ustawione bardziej pionowo, o mniejszych i cieńszych korzeniach, na granicy korony i szyjki posiadają wałeczek szkliwa zwany **obręczą zęba**. Przed okresem wymiany zębów w zębodole wyróżniają się **komórki kościogubne** (*osteoklasty*), niszczące przegrody kostne i korzenie zębów, powodując ich wypadanie. Pomiędzy 6 a 12 rokiem życia występują zarówno zęby mleczne, jak i stałe.

Zęby stałe – występują w liczbie 32, przy czym w każdej połowie szczęki i żuchwy wyróżniamy: **2 zęby sieczne**, **1 kiel**, **2 zęby przedtrzonowe** (*dentes premolares*) i **3 trzonowe**. Na powierzchni zgryzu występują zgrubienia szkliwa w postaci **guzków korony zęba** (2 – 4).

[Ryc. 36. patrz: Budowa i rodzaje zębów, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Zarówno zęby mleczne, jak i stałe wyrzynają się w określonej kolejności i czasie. Np. zęby mleczne: siekacze – 5-10 miesiąca, kiel – 16-20 miesiąca, zęby stałe: siekacze – 7-9 roku, kiel – 11-12 roku. Pierwsze zęby mleczne wyrzynają się około 4-6 miesiąca życia, a wypadają w okresie 6-13 roku życia i zostają zastąpione zębami stałymi.

Celem ułatwienia rozpoznawania zębów wprowadzono tzw. **wzory zębów** oraz inne oznaczenia i cechy pozwalające zaszelegować każdy ząb z osobna oraz odróżnić z której połowy uzębienia pochodzi.

Najczęściej stosowane wzory:

Uzębienie mleczne:

$$\frac{\text{V IV III II I I II III IV V}}{\text{V IV III II I I II III IV V}}$$

Uzębienie stałe:

$$\frac{8\ 7\ 6\ 5\ 4\ 3\ 2\ 1\ 1\ 2\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7\ 8}{8\ 7\ 6\ 5\ 4\ 3\ 2\ 1\ 1\ 2\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7\ 8}$$

Zęby **sieczne**, **kły** i **przedtrzonowe** zaopatrzone są zwykle w **jeden korzeń**, poza zębami **przedtrzonowymi** górnymi przednimi **dwukorzeniowymi**. Zęby **trzonowe** dolne należą również **do dwukorzeniowych**, natomiast górne są zębami **trójkorzeniowymi**. Powierzchnia zgryzu zębów **przedtrzonowych** jest dwuguzkowa, zaś trzonowych – **czteroguzkowa**.

Stosunek łuku zębowego górnego do dolnego podczas ich zetknięcia w położeniu nieruchomym nazywamy **zwarcie**m, natomiast podczas ruchu – **zgryzem**. Jeśli przy zwarcie zęby górne (sieczne) przykrywają częściowo zęby dolne od strony

powierzchni przedSIONKOWEJ takie zwarcie nosi nazwę **nożycowatego** i ma ono charakter powszechny. Kiedy zęby górne są znacznie wysunięte do przodu w stosunku do zębów dolnych, określamy to zjawisko **prognacją**, natomiast jeżeli zęby dolne (sieczne) wystają przed zęby górne mówimy o **progenii**. Oprócz zwarcia nożycowatego dość rzadko występuje zwarcie **obcęgowate** (zęby górne stykają się z zębami dolnymi).

Język (*lingua*) – narząd zróżnicowany na **nasadę** (*radix*), **trzon** (*corpus*), **wierzchołek języka** (*apex linguae*), **brzegi** (*margo*), powierzchnię **grzbietową** (*faciem dorsum linguae*) i **powierzchnię dolną** (*faciem inferior*). W budowie języka uczestniczą **mięśnie własne**, tj. m. podłużny górny i dolny, m. poprzeczny i m. pionowy oraz **mięśnie dochodzące** – m. bródkowo-językowy, m. rylcowo-językowy i m. gnykowo-językowy, zapewniające wyjątkową ruchomość. Unerwia je nerw podjęzykowy.

Błona śluzową powierzchni grzbietowej z bruzdą graniczną w postaci litery V pokryta jest nabłonkiem płaskim wielowarstwowym rogowaciejącym, natomiast brzuszna – nierogowaciejącym. W części brzusznej język łączy się z nieparzystym **wędzidełkiem języka** (*frenulum linguae*) i parzystym **fałdem strzępiastym** (*plica fimbriata*). Błona śluzowa **grzbietu języka** zaopatrzona jest w pięć rodzajów **brodawek językowych** tj.: brodawki **nitkowate**, **stożkowate**, **liściaste**, **grzybowate** i **okolone**, spośród których trzy ostatnie zawierają **kubki smakowe** (*caliculi gustatorii*).

Brodawki nitkowate – wąskie, ostro zakończone (do 3 mm), położone na całej powierzchni, tworzą rodzaj tarki, należą do brodawek mechanicznych.

Brodawki liściaste – położone na brzegach tylnej części języka, utworzone przez fałdy błony śluzowej, między komórkami nabłonka występują liczne kubki smakowe.

Brodawki grzybowate – mniej liczne, położone między brodawkami nitkowatymi na grzbiecie i brzegach języka, z cienkim, słabo zrogowaciałym nabłonkiem.

Brodawki okolone – nieliczne (7 – 12), ale największe (średnica 2-3 mm), w kształcie spłaszczonych kopułów, z podstawami zagłębiają się poniżej powierzchni języka, tworząc rowek okołobrodawkowy. Substancje pokarmowe wnikają do tych rowków i podrażniają receptory smakowe w kubkach smakowych.

Kubki smakowe – poza brodawkami języka występują także w nabłonku podniebienia ustnej części gardła, jednak najliczniej w brodawkach okolonych. Swoją budową przypominają beczułki, zagłębione w nabłonku pokrywającym brodawki smakowe. Utworzone są one z 40 – 60 **komórek nabłonkowo-zmysłowych**. Kubki smakowe spoczywające na błonie podstawnej w części szczytowej zaopatrzone są w otvorek w którym tkwią **pęczki mikrokosmków** komórek smakowych, zwanych **pręcikami smakowymi**.

Kubki smakowe budują 4 typy komórek:

- komórki typu I – najliczniejsze (ok. 60%), są to komórki podporowe, układające się łukowato, mają kształt wrzecionowaty,
- komórki typu II – owalne, zaopatrzone w mikrokosmki,
- komórki typu III – najmniej liczne (około 10%), są to komórki receptorowe,
- komórki typu IV – małe, koliste, pełnią funkcje komórek macierzystych.

Błona śluzowa unerwiona jest czuciowo przez n. językowy, n. twarzowy, n. językowo-gardłowy i n. błędny. Wymienione nerwy, poza n. językowym uczestniczą w **repcji wrażeń smakowych**.

Na nasadzie języka występuje skupienie grudek chłonnych w postaci **migdalka językowego**.

Błona śluzowa zawiera liczne, małe **gruczoły ślinowe**: wargowe, policzkowe, podniebienne i językowe.

Powierzchnia **brzuszna** języka pokryta jest cienką i gładką **błoną śluzową** pozbawioną brodawek językowych i grudek chłonnych, pod którą znajduje się **błona podśluzowa** granicząca z **tkanką mięśniową** języka.

[Ryc. 36 patrz: Schemat budowy języka, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Gruczoły ślinowe małe i duże zwane **śliniankami** znajdują się w błonie śluzowej poza ścianą jamy ustnej do której przekazują wydzielinę przewodami wyprowadzającymi.

Małe gruczoły pozbawione są torebki łącznotkankowej i nie wykazują budowy zrazikowej, posiadają krótkie przewody wyprowadzające. Ich odcinki wydzielnicze mają budowę cewkowo-pęcherzykową (gr. wargowe, policzkowe, językowe przednie), pęcherzykową (ślinowe języka) lub cewkową (podniebienne, języka tylne). Nabłonki wyścielające przewody wyprowadzające należą do nabłonków jedno- lub dwuwarstwowych sześciennych.

Wyróżnia się trzy pary ślinianek cewkowo-pęcherzykowych, o budowie zrazikowej, tj.:

- **przyuszne** (*glandula parotis*) – należą do największych gruczołów ślinowych (30g), z pęcherzykowymi odcinkami

wydzielniczymi, bardzo dobrze rozwiniętymi przewodami wyprowadzającymi i licznymi lipocytami; położone są za kątem żuchwy, poniżej zewnętrznego przewodu słuchowego; wyróżnia się część **powierzchną i głęboką**; otoczone są błoną łącznotkankową od której odchodzą przegrody przenikające gruczoł; z przednio-dolnej części odchodzi **przewód ślinianki przyusznej**, uchodzący do przed sionka jamy ustnej na wysokości drugiego zęba trzonowego; niekiedy występują **dotatkowe ślinianki przyuszne**, wydzielina ma charakter surowiczny,

- **podżuchwowe** (*glandula submandibularis*) – średniej wielkości (15 g), z cewkowo-pęcherzykowymi odcinkami wydzielniczymi i dobrze rozwiniętymi przewodami wyprowadzającymi; położone są poniżej trzonu żuchwy, głównie na mięśniu żuchwowo-gnykowym; przewody wyprowadzające uchodzą na **mięsku podjęzykowym fałdu podjęzykowego**; wydzielina ma charakter śluzowo-surowiczny,
- **podjęzykowe** (*glandula sublingualis*) – najmniejsze gruczoły (około 5 g), z cewkowo-pęcherzykowymi odcinkami wydzielniczymi; położone są w dnie jamy ustnej, w fałdzie podjęzykowym; przewody większe uchodzą na **mięsku podjęzykowym**, natomiast mniejsze na **fałdzie podjęzykowym**; wydzielina ma charakter śluzowy.

Odcinki wydzielnicze utworzone są z jednej warstwy sześciennych komórek wydzielniczych, oplecionych gęstą siecią naczyń włosowatych.

Skład i funkcje śliny jako mieszaniny wydzieliny wszystkich gruczołów. Około 65% objętości produkują ślinianka podżuchwowa i podjęzykowa, około 30% – przyuszna i około

5% produkują małe gruczoły jamy ustnej. W skład śliny wchodzi: woda (99%), złuszczone keratynocyty, leukocyty, bakterie, enzymy trawienne (amylaza, α -D-glukozydaza), enzymy bakteriobójcze i bakteriostatyczne (lizozym, histatyna, laktoferryna i in.), glikoproteiny, białka kwaśne, immunoglobuliny klasy IgG, IgA i IgM, albuminy, węglowodany, jony (Na^+ , K^+ , NCO_3^- , Cl^- , HPO_4^{2-}), czynniki buforujące (pH 6.8-7,2), czynniki wzrostu nerwów i naskórka oraz cytokiny.

Ślina pełni następujące funkcje:

- **zwilża błonę śluzową** jamy ustnej, umożliwia **formowanie kęsów** oraz **opłukuje** i **usuwa** bakterie i składniki pokarmowe,
- **mucyny** (glikoproteiny) zawarta w ślinie mając lepłą konsystencję pokrywają zęby i błonę śluzową, tworzą tym samym **barierę chroniącą** przed **penetracją trucizn, kolonizacją** błony śluzowej przez **bakterie** i zasiedlaniem błony śluzowej przez **grzyby chorobotwórcze**, np. *Candida albicans*,
- dzięki **enzymom hydrolitycznym: amylazie ślinowej i α -D-glukozydazie** rozpoczyna się proces **trawienia** polisacharydów (skrobia, dekstryny),
- działa **przeciwwakaźnie** – czynniki antybakteryjne w postaci **lizozymu** degraduje ściany komórkowe bakterii, czynniki przeciwbakteryjne i przeciwgrzybicze – **histatyny** i **defenzyny** (polipeptydy), które zaburzają procesy metaboliczne bakterii i grzybów,
- **białka kwaśne**, bogate w prolinę modulują budowę chemiczną, **obniżają toksyczność** szkodliwych substancji, np. garbników, fenoli ...,

- czynniki wzrostu zawarte w ślinie odgrywają istotną rolę w procesach **regeneracyjnych** i **gojeniu się błony śluzowej** jamy ustnej (w razie jej uszkodzenia).

[Ryc. 37 patrz: Ślinianki i ich budowa, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

6.1.2. Gardziel i gardło

Gardziel położona jest na granicy jamy ustnej i gardła. Do gardzieli należą dwa parzyste łuki, tj.: **podniebieno-językowy** i **podniebieno-gardłowy**, między którymi występuje **migdalek podniebenny**, a nad nim zagłębienie zwane **dołem nadmigdałkowym**. Przestrzeń ograniczoną łukami nazywamy **cieśnią gardzieli**. Do gardzieli zalicza się **podniebienie miękkie**.

Gardło jest narządem przypominającym **worek mięśniowo-włóknisty** w kształcie wydłużonego lejka. Położone jest między **podstawą czaszki** a **VI kręgiem szyjnym**. Krzyżują się w nim dwie drogi: **pokarmowa** i **oddechowa**.

Ściana gardła zbudowana jest z błony:

- **śluzowej** – rozsiane są w niej drobne gruczoły gardłowe,
- **mięśniowej** – utworzonej przez m. poprzecznie prążkowane **dźwigacze** (m. rylcowo-gardłowy i m. trąbkowo-gardłowy) i **zwieracze** (m. zwieracz górny, środkowy i dolny gardła).
- **łącnokankowej** – położonej zewnętrznie.

Jama gardła zróżnicowana jest na część:

- **nosową** – łączącą się z jamą nosową przez nozdrza tylne (*choanae*), na sklepieniu znajduje się **migdalek gardłowy**,

natomiast na ścianie bocznej **ujście gardłowe trąbki słuchowej** wraz z migdałkiem trąbkowym,

- **ustną** – poprzez cieśń gardzieli łączy się z jamą ustną,
- **krtaniową** – łączy się z krtanią i przełykiem.

Migdałki – skupienia grudek chłonnych pełniących funkcję **obronną**. Położone na pograniczu jamy ustnej, nosowej i gardła tworzą **pierścień chłonny gardła** (migdałki podniebienne, językowy, trąbkowe i gardłowy).

6.1.3. Przełyk – części i budowa

Przełyk pośredniczy w przekazywaniu pokarmów z gardła do żołądka. Rozpoczyna się na wysokości **C₆ kręgu szyjnego** a kończy na poziomie **Th₁₁ kręgu piersiowego**. Długość cewy przełyku wynosi od **23 – 30 cm**.

Wyróżnia się trzy części przełyku:

- **szyjną** – położoną od przodu kręgosłupa na pograniczu szyi i klatki piersiowej (C6 i Th1),
- **piersiową** – między Th₁ i Th₁₁,
- **brzuszną** – pomiędzy przeponą a żołądkiem.

W płaszczyźnie czołowej przełyk wygięty jest na kształt litery S. W jego przebiegu wyróżnia się trzy zwężenia:

- **górne** (krtaniowe) – wpust przełyku (w miejscu odejścia od gardła),
- **środkowe** (aortalne) – w miejscu skrzyżowania z łukiem aorty,
- **dolne** (brzuszne) – w miejscu przejścia w żołądek.

Powierzchnią tylną przełyk przylega do kręgosłupa, w części nadprzeponowej pomiędzy nimi przebiega aorta zstępująca.

Ściana przełyku zbudowana jest z błony:

- **śluzowej** – silnie pofałdowanej, pokrytej **nabłonkiem wielowarstwowym płaskim nierogowaciejącym** z wyjątkiem części przywpuustowej, wyścielonej nabłonkiem jednowarstwowym walcowatym; w górnej i dolnej części występują cewkowe **gruczoły wpustowe przełyku**; **blaszka mięśniowa** błony śluzowej jest dość gruba i zwarta, zbudowana z miocytów gładkich; w **blonie podśluzowej** znajdują się cewkowo-pęcherzykowe gruczoły właściwe przełyku, bogata sieć naczyń limfatycznych i żylnych,
- **mięśniowej** – w górnej 1/3 części błonę mięśniową budują włókna mięśni poprzecznie prążkowanych typu szkieletowych, które sukcesywnie zastępowane są komórkami mięśni gładkich (dolna część przełyku: 1/3 – 1/2); niniejsza część składa się z zewnętrznej warstwy okrężnej i wewnętrznej podłużnej, między którymi położone są niewielkie zwoje splotu nerwowego śródmięśniowego,
- **zewnętrznej** – zbudowanej z tkanki łącznej włóknistej luźnej, zapewniającej przesuwalność przełyku; w części nadprzeponowej przełyk pokrywa **przydanka**, a krótkiej części podprzeponowej – **otrzewna**.

[Ryc. 38. patrz: Budowa przełyku, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

6.1.4. Żołądek – budowa

Stanowi najbardziej rozszerzoną część przewodu pokarmowego o pojemności od 1 – 1,5 l. Żołądek zbudowany jest z następujących części:

- **wpustu** (*cardia*) – do którego uchodzi przełyk,

- **dna żołądka** (*fundus ventriculi*) – położonego tuż pod przeponą po lewej stronie,
- **trzonu żołądka** (*corpus ventriculi*) – największej środkowej części,
- **części odźwiernikowej** (*pars pylorica*) – przechodzącej w **dwunastnicę**; miejsce przejścia nazywa się **odźwiernikiem** (*pylorus*).

[Ryc. 39. patrz: Ogólna budowa żołądka, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Nadto w żołądku wyróżnia się **ścianę przednią i tylną** (*paries anterior et posteriori*), zaś miejsca ich połączeń tworzą **krzywiznę większą i mniejszą żołądka** (*curvatura gastrica maior et minor*). Wewnątrz żołądka znajduje się **kanal żołądka** (*canalis ventriculi*), biegnący wzdłuż jego trzonu oraz **jama odźwiernikowa** (*antrum pyloricum*) i **kanal odźwiernikowy** (*canalis pyloricus*).

Ściana żołądka zbudowana jest 4 błon.

- **Błona śluzowa i podśluzowa** – pokryta jest **nabłonkiem jednowarstwowym walcowatym** pod którym położona jest **błona śluzowa właściwa** zawierająca gruczoły żołądka i cienka warstwa **mięśni gładkich**. Błona śluzowa tworzy **liczne fałdy i rowki** oraz wzniesienia, zwane **pólkami żołądkowymi** między którymi występują zagłębienia – **dołeczki żołądkowe**.

Wśród **gruczołów żołądkowych** wyróżnia się **gruczoły właściwe żołądka** – najliczniejsze, rozwidłone, położone w trzonie i dnie żołądka. Ścianę gruczołów buduje pięć typów komórek.

Komórki główne - zawierające nieaktywny prekursor enzymu **pepsynogen**, który pod wpływem **kwasu**

solnego przechodzi w aktywną **pepsynę** hydrolizującą białka.

Komórki okładzinowe (0,5%) – większe od komórek głównych, wydzielają jony, z których w soku żołądkowym powstaje kwas solny. Jony H^+ powstają z hydrolizy wody oraz syntezy kwasu węglowego z wody i CO_2 , przy udziale anhidrazy węglanowej. Jony H^+ dzięki pompie protonowej z cytoplazmy transportowane są do światła żołądka, a jony K^+ do komórki. Jony Cl^- transportowane są przez komórki krwi do soku żołądkowego, gdzie z jonami wodorowymi tworzą HCl , którego wydzielanie stymulowane jest przez gastrynę, histaminę, układ cholinergiczny i inne.

Komórki śluzowe – wydzielają kwaśne mukopolisacharydy oraz glikoaminoglikany, tworząc warstwę śluzu.

Komórki macierzyste – występują w niewielkiej ilości, ulegają dyferencjacji we wszystkie komórki nabłonkowe śluzówki żołądka. Biorą więc aktywny udział w **regeneracji nabłonka** po jego uszkodzeniu / zniszczeniu (przewlekły nieżyt żołądka, wrzody żołądka).

Komórki dokrewne – leżą w błonie podstawnej wpustu, trzonu i odzwiernika, zawierają ziarnistości wydzielnicze charakterystyczne dla komórek produkujących hormony peptydowe. Wydzielają również **serotoninę** (biogenna amina), która m. in. odpowiedzialna jest za funkcjonowanie układu pokarmowego.

Zależnie od położenia wyróżnia się gruczoły:

- a/ **wpustowe** (cewkowo-pęcherzykowe) – wydzielające śluz,
- b/ **trzonu i dna żołądka** – zbudowane głównie z trzech rodzajów komórek, tj. **głównych** – produkujących **pepsynogen**, a u osesków dodatkowo **podpuszczkę**,

- okładzinowych* – odpowiedzialnych za wytwarzanie HCL i *śluzowych* – produkujących śluz,
c/ **odźwiernikowe** – wydzielające wydzielinę podobną do śluzu.

Błona podśluzowa zawiera włókna nerwowe tworzące spłot Meissnera. Dzięki mięśniom gładkim błony śluzowej i błonie podśluzowej występują **fałdy żołądkowe**, przebiegające równoległe do krzywizny mniejszej, wytwarzając tzw. **rynnę żołądkową**. Na fałdach znajdują się dalsze, drobniejsze pofałdowania – **półka żołądkowe z dołkami żołądkowymi**, gdzie zlokalizowane są ujścia gruczołów błony śluzowej.

- **Błona mięśniowa** – składająca się z trzech warstw:
 - a/ **wewnętrznej** – o utkaniu skośnym,
 - b/ **środkowej** – o układzie okrężnym, tworzącej m. in. mięsień **zwieracz odźwiernika**; w mięśniówce występuje parasympatyczny spłot nerwowy międzymięśniowy, zwany spłotem Auerbacha (kontroluje motorykę mięśniówki),
 - c/ **zewewnętrznej** – o przebiegu podłużnym.
- **Błona surowicza** – okrywająca żołądek.

[Ryc. 40. patrz: Budowa ściany żołądka, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Unaczynienie – pochodzi od trzech gałęzi tętnicy trzewnej. Żyły są dopływami żyły wrotnej. Unerwienie (włókna układu autonomicznego) – nn. trzewne piersiowe większe i nerw błędny. Włókna sympatyczne hamują ruchy żołądka i sekrecję soku żołądkowego, natomiast parasympatyczne pobudzają ruchy żołądka i wzmagają sekrecję.

6.1.5. Jelito cienkie – części i budowa

Jelito cienkie składa się z dwóch odcinków, tj. **dwunastnicy** i **jelita krezkowego**, zróżnicowanego na **jelito czcze** i **kręte**. Osiąga długość od 4-5 m.

[Ryc. 41. patrz: Ogólna budowa jelita cienkiego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Ściana jelita cienkiego ma układ warstwowy. Zbudowana jest z 4 błon.

- **Błona śluzowa i podśluzowa** – pokryta **nabłonkiem jednowarstwowym walcowatym**, którego **komórki kubkowe** produkują śluz, wpuklając się do błony śluzowej właściwej wytwarzają **gruczoły jelitowe** produkujące sok jelitowy. Nadto występują **grudki chłonne** pojedyncze i skupione. **Nabłonek jelita cienkiego** zbudowany jest z wielu typów komórek.

a) **Enterocyty** (komórki walcowate) – główny typ komórek, który na szczycie tworzy **rąbek szczoteczkowy** zbudowany z **mikrokosmków** pokrytych **glikokaliksem**, w skład którego wchodzi m. in. białka enzymatyczne: laktaza, sacharaza, peptydazy, lipazy, fosfataza zasadowa; glikokaliks zapobiega przenikaniu bakterii i tworzy środowisko sprzyjające procesom enzymatycznym. Enterocyty uczestniczą w **trawieniu** i **wchłanianiu** produktów pokarmowych. **Cukry proste** i **aminokwasy** wchłaniane są w procesie **dyfuzji ułatwionej** lub **transportu aktywnego**. Z enterocytów dostają się do **naczyń krwionośnych** kosmków jelitowych. **Kwasy tłuszczowe** i **glicerol** dyfundują drogą **transportu prostego** przez błonę komórkową do cytoplazmy, gdzie dochodzi do **resyntezy**

trójglicerydów, tworzących kompleksy z białkami i fosfolipidami, co prowadzi do powstania tzw. **chylomikronów**. Drogą **egzocytozy** chylomikrony uwalniane są do **przestrzeni międzykomórkowych** i dalej do **naczyń limfatycznych** kosmka.

- b) **Komórki kubkowe** – występujące pojedynczo lub w grupach pomiędzy **enterocytami**, wydzielają **śluz** wytwarzający cienką warstwę **ułatwiająca** przesuwanie treści pokarmowej i **zabezpieczająca** nabłonek przed **trawiącym** działaniem enzymów hydrolitycznych zawartych w soku jelitowym.
- c) **Komórki Panetha** – położone w dnie gruczołów jelita, syntetyzują i wydzielają lizozym (enzym bakteriolityczny), najprawdopodobniej pełnią funkcję receptorową.
- d) **Komórki kępkowe** – znajdują się w nabłonku krypt, kosmków i gruczołów, są to komórki walcowate z mikrokosmkami **Ich ilość wzrasta wraz ze zbliżaniem się do jelita grubego.**
- e) **komórki M** – występują w blaszce właściwej, są komórkami prezentującymi antygeny,
- f) **Komórki dokrewne** – występują głównie w **gruczołach** jelitowych. Do komórek hormonalnie **czynnych** należą: **komórki S** – wydzielające sekretyny, **komórki I** – cholecystokininy, **komórki K** – wydzielające peptyd hamujący wydzielanie gastryny, **komórki EC** – serotoninę i inne.
- g) **Komórki macierzyste** – znajdują się w dnie krypt, gdzie intensywnie mnożą się i różnicują w pozostałe typy komórek. Powstałe komórki zastępują komórki złuszczone.

Gruzoły jelitowe (krypty Lieberkühna) – są prostymi, zagłębionymi w blaszkę właściwą błony śluzowej cewkami nabłonka jelitowego. W dwunastnicy występują dodatkowo w błonie podśluzowej gruczoły dwunastnicze, zwane gruczołami Brunnera, produkujące śluzową, alkaliczną wydzielinę.

Pod nabłonkiem błony śluzowej położona jest **błona śluzowa właściwa**, zbudowana z tkanki łącznej siateczkowej, w której oczkach występują **limfocyty, komórki plazmatyczne, tuczne** i inne. Niniejsza błona tworzy uwypuklenia w kierunku światła, noszące nazwę **kosmków jelitowych** (do 1,5 mm). Zawierają one naczynia krwionośne włosowate i chłonne oraz włókna mięśniowe gładkie. Błona podśluzowa zbudowana jest z tkanki łącznej wiotkiej, zawierającej **sploty Meissnera**. Błona śluzowa tworzy **fałdy okrężne**, niekiedy **podłużne** (pojawiają się w części zstępującej dwunastnicy, najlepiej rozwinięte w jelicie czczym, w jelicie krętym stopniowo zanikają).

- **Błona mięśniowa** – składa się z dwóch warstw: mięśni okrężnych (grubszej) i podłużnych (cieńszej).
- **Błona surowicza** (otrzewna trzewnej) – okrywa jelito z zewnątrz.

[Ryc. 42. patrz: Budowa jelita cienkiego na przekroju poprzecznym, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Dwunastnica położona jest między częścią odźwiernikową żołądka a jelitem czczym, w które przechodzi **zgięciem dolnym dwunastnicy**. Ma kształt litery C i dzieli się na część: **górną**, łączącą się z odźwiernikiem bańką dwunastnicy, **zstępującą, poziomą i wstępującą**. Rzutuje na okolicę nad-

brzuszną i pępkową, leży na prawo od płaszczyzny pośrodkowej. Jej długość wynosi od 24 – 30 cm. Na **fałdzie podłużnym** części zstępującej znajduje się **brodawka większa** stanowiąca miejsce wspólnego ujścia **przewodu żółciowego wspólnego** i **przewodu trzustkowego**, tworzących przed ujściem **bańkę wątrobowo-trzustkową** zaopatrzoną w silny **mięsień zwieracz**. W górnej części fałdu podłużnego położona jest **brodawka mniejsza dwunastnicy**, na której może uchodzić przewód trzustkowy dodatkowy (o ile występuje).

Unaczynienie: gałęzie pnia trzewnego i gałęzie tętnicy kręzkowej górnej. Odpływ krwi do żyły wrotnej. Unerwienie: nerwy błędne, pnie współczulne.

Jelito czcze i **kręte** nie są wyraźnie od siebie odgraniczone i mają wiele wspólnych cech. Rozciągają się pomiędzy **zgięciem dwunastniczo-czczym** a zastawką **krętniczo-kątniczą**, w miejscu ujścia jelita krętego do kątnicy, w prawym dole biodrowym. Łączna długość wynosi około 5 m (2/5 – czcze, 3/5 – kręte). Jelito czcze w odróżnieniu od krętego wyposażone jest w większą ilość kosmków jelitowych, ma lepsze ukrwienie i posiada pojedyncze grudki chłonne. Dzięki znacznej długością jelit treść pokarmowa przesuwając się zostaje strawiona i wchłonięta. Ścianki jelit – podobnie jak dwunastnicy – mają budowę trójwarstwową.

Unaczynienie: gałęzie pnia trzewnego i obu tętnic kręzkowych. Odpływ krwi do żyły wrotnej. Unerwienie: nerwy błędne, pnie współczulne.

6.1.6. Jelito grube – części i budowa

Jelito grube stanowi końcową część przewodu pokarmowego, w której zachodzi wchłanianie wody i elektrolitów,

zagęszczenie resztek pokarmowych oraz formowanie masy kałowej. Wraz z przejściem jelita cienkiego w jelito grube zanikają kosmki jelitowe i fałdy okrężne.

Wyróżnia się następujące jego odcinki:

- **jelito ślepe** (kątnicę) wraz z **wyrostkiem robaczkowym** – początkowa część jelita grubego, położoną na prawym talerzu biodrowym; powyżej **3 cm** od dna kątnicy, od strony przyśrodkowej ma miejsce **ujście krętniczno-kątnicze**, opatrzone fałdem błony śluzowej tworzącym **zastawkę krętniczno-kątniczą**; od podstawy jelita ślepego odchodzi wyrostek robaczkowy o długości około **8 cm**, cechujący się znaczną **zmiennością**; w położeniu typowym zwisa z **talerza biodrowego** w kierunku **miednicy mniejszej**; charakteryzuje się obecnością licznych **grudek chłonnych** i naciekami **limfatycznymi**; jego ujście najczęściej oddzielone jest od światła kątnicy przez **zastawkę półksiężycowatą**; w podśluzówce znajdują się **grudki chłonne**, którym przypisuje się rolę „**migdalka przewodu pokarmowego**”,
- **okrężnicę** – dzielącą się z kolei na **okrężnicę wstępującą, poprzeczną i zstępującą**, której przedłużeniem jest **okrężnica esowata**.

Okrężnica wstępująca – jest przedłużeniem kątnicy i przebiega od prawego dołu biodrowego do prawego podżebrza, gdzie przechodzi w okrężnicę poprzeczną.

Okrężnica poprzeczna – biegnie pomiędzy prawym a lewym podżebrzem, w postaci łuku wygiętego ku dołowi i przodowi, łącząc okrężnicę wstępującą z zstępującą.

Okrężnica zstępująca – biegnie po lewej stronie jamy brzusznej od podżebrza lewego do lewego dołu biodrowego,

łącząc okrężnicę poprzeczną z esowatą. Granicę stanowi lewy grzebień biodrowy.

Okrężnica esowata – jest przedłużeniem okrężnicy zstępującej o przebiegu esowatym. Na wysokości 3 kręgu krzyżowego przechodzi w końcową część jelita grubego – **odbytnicę**, w której wyróżnia się rozszerzoną część górną, zwaną **bańką odbytnicy** oraz część dolną – **kanal odbytniczy**. W błonie środkowej ściany odbytnicy, w pobliżu odbytu, włókna okrężne mięśni gładkich wytwarzają mięsień **zwieracz odbytu wewnętrzny**. Błona śluzowa odbytnicy wytwarza **fałdy poprzeczne** i podłużne. Idąc od odbytu najlepiej wykształconym fałdem jest trzeci fałd poprzeczy, nazywany **trzecim zwieraczem**. Fałdy podłużne tworzą **slupy odbytnicze**, pomiędzy którymi znajdują się zagłębienia – **zatoki odbytnicze**, w których znajdują się sploty żyłne, uszczelniające odbyt (miejsce powstawania żyłaków odbytnicy). Odbytnica kończy się **odbytem**, w obrębie którego **nabłonek jednowarstwowy cylindryczny** przechodzi w nabłonek **wielowarstwowy płaski nierogowacający**. W błonie mięśniowej wyróżnia się dwa **zwieracze**: wewnętrzny – zbudowany z okrężnych włókien mięśni gładkich **gładkich** i zewnętrzny – z **włókien mięśniowych poprzecznie prążkowanych**.

Długość jelita grubego wynosi od **1,5 – 1,8 m**, natomiast średnica około **9 cm**.

[Ryc. 43. patrz: Ogólna budowa jelita grubego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Jego ściana podobnie jak jelita cienkiego jest **trójwarstwowa**. Wyróżnia się więc **błonę śluzową**, pokrytą nabłonkiem jednowarstwowym cylindrycznym, zbudowanym głównie z enterocytów i rozmieszczonych pomiędzy nimi komórek

kubkowych, niewielkiej ilości komórek niezróżnicowanych, pełniących funkcję regeneracyjną oraz pojedynczych komórek dokrewnych. Zagłębienia nabłonka tworzą **krypty jelitowe**, które zanikają w odbytnicy. Pod błoną śluzową znajduje się **błona mięśniowa** złożona z warstwy okrężnej i podłużnej. Z zewnątrz występuje **błona surowicza**. Jelito grube charakteryzuje obecność wypukleń ściany – **uwypukleń okrężnicy** i trzech pasm mięśni gładkich o przebiegu podłużnym, zwanych **taśmami okrężnicy**.

Unaczynienie: gałęzie tętnicy krezkowej górnej i dolnej. Krew odpływa do żyły wrotnej, natomiast chłonka do przewodu piersiowego. Unerwienie: układ autonomiczny – współczulnie: n. trzewne piersiowe większe, przywspółczulnie: nn. błędne i nn. trzewne miedniczne.

6.1.7. Wątroba i trzustka

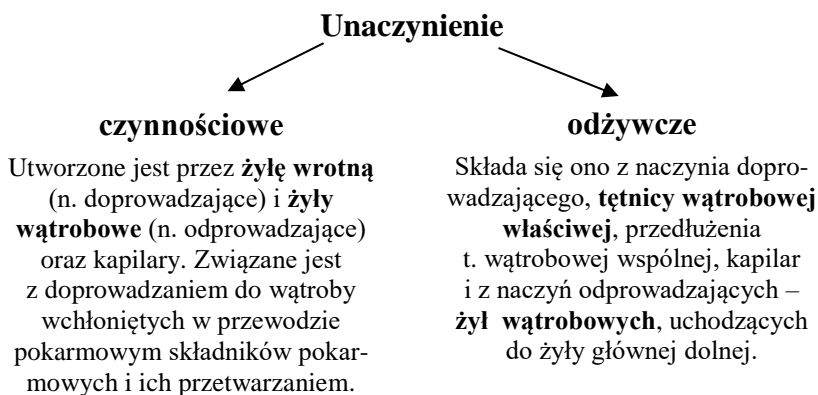
Gruzołami związanymi anatomicznie i fizjologicznie z przewodem pokarmowym – poza śliniankami – są **wątroba i trzustka**.

Wątroba – bierze udział w wytwarzaniu żółci, w metabolizmie białek, tłuszczów i węglowodanów, w procesach detoksykacji i termoregulacji oraz magazynuje substancje zapasowe. Jest największym gruczołem w organizmie, leżącym wewnątrztrzewnowo w podżebrzu prawym, okolicy nadbrzuszej i w podżebrzu lewym o wadze od 1,4-1,7 kg. Okryta jest **błoną surowiczą** z utkaniem podsurowicznym i **błoną włóknistą**. Wyróżnia się **powierzchnię przeponową** zwróconą do przodu i ku górze oraz **powierzchnię trzewną**. Dzieli się na cztery płaty: **prawy** (największy), **lewy** (mniejszy), **płat ogoniasty**

zwrócony ku górze i **płat czworoboczny**. Każdy z nich dzieli się na **segmenty**: płat prawy na segment **przedni** i **tylny**, lewy – **przyśrodkowy** i **boczny**, natomiast segmenty na **zraziki wątroby**. Należą one do najmniejszych jednostek morfologiczno-fizjologicznych wątroby. Zrazik ma kształt pięcio- lub sześciobocznej ściętej piramidy. Zbudowane są one z **komórek wątrobowych** (hepatocytów), układających się w biegnące promieniście w stosunku do środka zrazika **blaszki wątrobowej**. W przestrzeniach pomiędzy zrazikami biegną naczynia krwionośne, chłonne i **przewodziki żółciowe**, będące przedłużeniem kanalików żółciowych, których ściany tworzą komórki wątrobowe. Wokół wewnątrz zrazikowych naczyń włosowatych znajdują się gwiaździste **komórki siateczkowo-śródbłonkowe**, które mogą przekształcać się w makrofagi, wykazujące zdolność fagocytozy.

[Ryc. 44 patrz: Budowa wątroby, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Wątroba należy do nielicznych narządów, które posiadają dwa rodzaje unaczynienia: **czynnościowe** i **odżywcze**.



Obydwa krążenia zespalają się ze sobą na poziomie zrazików, przy czym żyły wątrobowe są naczyniami odprowadzającymi wspólnymi dla obu krążeń.

Wytwarzana żółć w komórkach wątrobowych odpływa do wrót wątroby **kanalikami i przewodnikami żółciowymi**, przechodzącymi w **przewody żółciowe** – prawy i lewy odprowadzające żółć z płata prawego i lewego. W dalszym przebiegu ulegają zespoleniu, tworząc **przewód wątrobowy wspólny**, który łączy się z **przewodem pęcherzykowym** w **przewód żółciowy wspólny**, uchodzący na brodawce większej dwunastnicy, najczęściej wspólnie z **przewodem trzustkowym bańką wątrobowo-trzustkową**. **Przewód pęcherzykowy** doprowadza i odprowadza żółć do **pęcherzyka żółciowego**, o pojemności od 30 – 50 ml, gdzie żółć zostaje zagęszczona i zmagazynowana. Położony jest on na powierzchni **trzewnej wątroby**, w dole pęcherzyka żółciowego. Wyróżnia się w nim **dno, trzon** i **szyjkę**. Ściana ma budowę **trójwarstwową**. Wysłany jest wysokim **nabłonkiem jednowarstwowym walcowatym**, pokrytym mikrokosmkami, pod którym położona jest **blaszka właściwa błony śluzowej**, stykającej się ze słabo rozwiniętą **warstwą mięśniową**, zbudowaną z miocytów gładkich o przebiegu spiralnym, okrężnym i podłużnym. Wydzielanie żółci odbywa się po rozluźnieniu zwieracza przewodu żółciowego wspólnego i obkurczu błony śluzowej. W przewodzie pęcherzyka znajduje się **fałd spiralny**, zwalniający przepływ żółci.

Trzustka – jest drugim co do wielkości gruczołem przewodu pokarmowego. Ma kształt obły, osiąga długość do 18 cm i masę do 100g. Zróżnicowana jest na **głowę, trzon** i **ogon**. Wyróżnia się powierzchnie: **przednią, tylną** i **dolną** oraz brzegi: **górny, przedni** i **dolny**. Położona jest zew-

nątrzotrzewnowo, na tylnej ścianie jamy brzusznej. Jej głowa znajduje się na wysokości L_2 , otoczona przez dwunastnicę, natomiast ogon leży na wysokości L_1 . Od przodu trzonu położony jest żołądek.

[Ryc. 45 patrz: Budowa trzustki, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Trzustka jest gruczołem pełniącym funkcję zarówno gruczołu **zewnątrzwydzielniczego**, jak i **wewnątrzwydzielniczego** (dokrewnego).

Część zewnątrzwydzielnicza – utworzona jest z **płacików trzustkowych**, zbudowanych z odcinków **wydzielniczych** i **przewodników trzustkowych** wyprowadzających wydzielinę do **przewodu trzustkowego**, opatrzonego we własny zwieracz (lub do przewodu trzustkowego dodatkowego). Odcinki wydzielnicze mają postać **pęcherzyków** lub **krótkich cewek**, których ściana utworzona jest przez komórki gruczołowe. Pomędzy płacikami występują **przegrody międzypłacikowe**, w których biegną naczynia krwionośne, chłonne i nerwy. Pęcherzyki trzustki buduje kilkanaście komórek pęcherzykowych otoczonych z zewnątrz błoną podstawną. W ich cytoplazmie znajdują się kwasochłonne ziarnistości **zymogenu**, w których zawarte są **proenzymy**, które drogą egzocytozy wydzielane są do światła pęcherzyka, a uaktywniane są w dwunastnicy. **Proenzymy enzymów proteolitycznych**: trypsynogen uaktywniany do trypsyny, chymotrypsynogen – do chymotrypsyny, prokarboksypeptydaza – do karboksypeptydazy, proelastaza – do elastazy, **enzymy lipolityczne** – lipaza, fosfolipaza, **enzymy glikolityczne** – amylaza trzustkowa, **enzymy trawiące kwasy nukleinowe** – nukleazy (DN-aza i RN-aza). Trzustka do dwunastnicy wydziela 1-4 l soku

trzustkowego. Wydzielanie reguluje ukł. autonomiczny i hormony ukł. pokarmowego (**sekretyna** – pobudza wydzielanie płynu bogatego w dwuwęglany, **cholecystokinina** – stymuluje wydzielanie przez komórki pęcherzykowe, **somatostatyna** – hamuje wydzielanie komórek pęcherzykowych).

Część wewnątrzwydzielnicza (dokrewna) – zbudowana jest z nieregularnie rozmieszczonych w obrębie płacików **wysp trzustkowych/Langerhansa** (ok. 360 000). Wyspy mają kształt kulisty lub owalny i średnicę do 0,25 mm. Zbudowane są one z **komórek nabłonkowych**, ułożonych w postaci pasm, między którymi położone są naczynia krwionośne włosowate oraz sieć włókienek siateczkowych. Wyróżnia się cztery rodzaje komórek wchodzących w skład wysp, tj. **A, B, D i F**.

7. NARZĄDY UKŁADU WYDALNICZEGO/ MOCZOWEGO

W skład układu wydalniczego wchodzi: **nerki** i drogi odprowadzające mocz, tj.: **moczowody, pęcherz moczowy i cewka moczowa**.

Narządy układu moczowego przystosowane są do pełnienia następujących funkcji:

- **usuwania** z organizmu zbędnych i szkodliwych / toksycznych końcowych produktów przemiany materii (u człowieka w ciągu doby w wyniku filtracji osocza powstaje od 110 – 220 l moczu pierwotnego/pramoczu, z którego powstaje od 1,5 – 2 l moczu ostatecznego),
- **utrzymania homeostazy** (stałości składu) płynów ustrojowych, regulacja równowagi **kwasowo-zasadowej** – stałość pH krwi i płynów ustrojowych, regulacja **gospodarki wodnej**,
- **regulacji ciśnienia krwi** – nerki wydzielają **reninę** uczestniczącą w przekształcaniu angiotensynogenu do angiotensyny II, podnoszącej ciśnienie krwi,
- **oddziaływania na proces erytropoezy** – wydzielana **erytropoetyna** stymuluje wytwarzanie erytrocytów w szpiku czerwonym kości,
- **regulacji przemiany wapniowej**,
- **pozostałe narządy**, tj. moczowody **odprowadzają**, pęcherz moczowy **czasowo magazynuje**, a cewka moczowa **wydala** mocz ostateczny.

7.1. Rozwój układu wydalniczego/moczowego

Narządy układu wydalniczego rozwijają się w ścisłej łączności z narządami układu rozrodczego. Zarówno narządy wydalnicze i rozrodcze powstają z **mezodermy**, w bliskim sąsiedztwie i początkowo mają wspólne ujście do steku – **zatoki moczowo-płciowej**. W dalszym etapie embriogenezy zawiązują się **dwa pranarządy: przednercze** (*pronephros*) i **pranercze** (*mesonephros*), struktury potrzebne do wytworzenia przewodów niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania narządów płciowych i nerek.

Przednercze – powstaje w obrębie 1-14 praczłonów z bocznych wypukleń mezodermy – **nefrotomów**, wyrastających w kierunku ektodermy, zaginających się swymi końcami doogonowo, po czym łączą się i wytwarzają **przewód przednercza** biegnący wzdłuż ciała zarodka.

Pranercze – po rozwoju przednercza następuje rozwój pranercza. Wytwarza się w nim szereg kanalików uchodzących do przewodu przednercza, nazywanym **przewodem śródnerczowym** lub przewodem Wolffa. Największy rozwój pranercze osiąga pod koniec I miesiąca życia zarodkowego, natomiast zanika do końca IV miesiąca życia płodowego.

Nerka ostateczna – wykształca się z pranerki. **Pęcherz moczowy i cewka moczowa** powstają z końcowej części **jelita tułowiowego**.

[Ryc. 46. patrz: Ogólna budowa układu wydalniczego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

7.2. Nerka (ren) – topografia i budowa

Nerka jest **parzystym** gruczołem cewkowym rozgałęzionym złożonym, należącym do największych narządów położonych **zaotrzewnowo**. Położona jest w tylnej części jamy brzusznej, w okolicy lędźwiowej po obu stronach kręgosłupa. **Nerka lewa** jest nieco **większa** i leży nieznacznie **wyżej** (Th₁₁ – L₂) od **nerki prawej** (Th₁₂ – L₃). Kształtem przypomina nasiono fasoli. Osie długie obu nerek biegną **zbieżnie ku górze**.

Masa nerki ludzkiej wynosi około **150 g**, a wymiary wahają się w granicach od **10 – 12 cm** długości, około **7 cm** – szerokości i **4 cm** - grubości.

W nerce wyróżnia się dwie **powierzchnie** (*facies*): **przednią** (*anterior*) i **tylną** (*posterior*), dwa **końce** (*extremitas*): **górnym** (*superior*) i **dolnym** (*inferior*) oraz dwa **brzegi** (*margo*): **boczny** (*lateralis*) i **przyśrodkowy** (*medialis*). Brzeg przyśrodkowy ma zagłębienie zwane **wnęką nerkową** (*hilum renale*), prowadzącą do szczeliny – **zatoki nerkowej** (*sinus renalis*), przez którą przechodzą: moczowód, naczynia i nerwy.

Nerka otoczona jest ściśle przylegającą błoną łącznotkankową z nielicznymi włóknami elastycznymi, zwaną **torebką włóknistą** (*capsula fibrosa*), którą z zewnątrz otacza **torebka tłuszczowa** (*capsula adiposa*), dająca miękkie podłoże dla nerki, chroniąc ją przed urazami.

[Ryc. 46. patrz: Budowa morfologiczna nerki, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Całość okrywa **powieź nerkowa**. W związku z tym nerka przymocowana jest elastycznie do tylnej ściany jamy brzusznej, co zapewnia jej ruchomość przy oddychaniu i zmianie

pozycji ciała. Powierzchnię przednią przykrywa również **otrzewna ścienna**.

Nerka zbudowana jest z dwóch wyraźnie zróżnicowanych części, tj. kory nerkowej i rdzenia nerkowego.

- **Kora nerkowa** (*cortex renalis*) – ciemniejsza, położona zewnętrznie, osiągająca grubość od **6 – 15 mm**. Otacza nie tylko rdzeń, ale w postaci **słupów nerkowych** (*columnae renales*) dochodzi do zatoki nerkowej. Słupy wnikają pomiędzy **piramidy nerkowe** części rdzennej.
- **Rdzeń nerkowy** – jaśniejszy, zbudowany z uwypukleń części rdzennej nazywanej **piramidami nerkowymi** (*pyramides renales*). Piramidy podstawami zwrócone są do powierzchni nerki, natomiast wierzchołkami wraz z **brodawkami nerkowymi** (*papillae renales*) – ku zatoce nerkowej. Powierzchnia brodawek pokryta jest licznymi, drobnymi otworkami, tworzącymi **pole sitowe**. Brodawki nerkowe wpuklają się do kielichów nerkowych mniejszych, które łączą się tworząc od 2-3 kielichów nerkowych większych. Liczba piramid waha się od 7 – 20 (przeciętnie około 12). Od podstawy piramid do części korowej wnikają wypustki piramid tworzące w niej **część promienistą**, która wraz z częścią kory zwaną **częścią skłębioną** wchodzi w skład **płatnika korowego** (*lobulus corticalis*). Każda piramida z otaczającymi ją słupami części korowej tworzy **płat nerkowy** (*lobus renalis*).

Jednostką morfologiczno-funkcjonalną nerki jest **nefron**. Liczba nefronów w jednej nerce oceniana jest na około 1 – 1,5 **miliona**. Każdy nefron jest ślepo zakończonym kanalikiem nabłonkowym, złożonym z kilku, zróżnicowanych pod względem budowy odcinków.

Budowa nefronu. Każdy nefron zbudowany jest z ciała nerkowego i kanalików nerkowych.

- **Ciało nerkowe** – kształtu kulistego, mające średnicę od **150 – 250 μm** , położone w części korowej nerki. Składa się z **kłębuszka** (*glomerulus*) i **torebki kłębuszka** (*capsula glomeruli*), zwanej torebką Bowmana.

Kłębuszek utworzony jest przez pętlę naczyń krwionośnych włosowatych (około 50) tworzących **sieć dziwną tętniczo-tętniczą**, gdzie naczyniami doprowadzającymi (*vas afferens*) i wyprowadzającymi (*vas efferens*) są tętniczki. Pomiędzy tętniczkami występują komórki tkanki łącznej, tworzące wraz z istotą międzykomórkową **mezangium śródkłębuszkowe**. W ścianie naczynia doprowadzającego znajduje się tzw. **aparat przykłębuszkowy**, umożliwiający jego zamknięcie, co pozwala na okresowe wyłączenie niektórych kłębuszków. Miejsce wejścia i wyjścia naczyń z kłębuszka nosi nazwę **bieguna naczyniowego**.

Torebka kłębuszka – otacza naczynia włosowate kłębuszka, składa się z dwóch blaszek zbudowanych z nabłonka jednowarstwowego płaskiego, leżącego na błonie podstawnej tj. **blaszki zewnętrznej – ściennej** i **blaszki wewnętrznej – trzewnej**, pokrywającej kłębuszek naczyniowy. Pomiędzy blaszkami znajduje się wolna przestrzeń przechodząca w światło kanalika nerkowego. Niniejsze miejsce nazywa się **biegunem kanalikowym**.

Ciało nerkowe budują następujące elementy:

- a) **nabłonek blaszki ściennej** – zbudowany jest z nabłonka jednowarstwowego płaskiego w skład którego wchodzi komórki wieloboczne, ściśle do siebie przylegające, leżące na błonie podstawnej,

- b) **nabłonek blaszki trzewnej** – pokrywa naczynia włosowate kłębuszka, zbudowany jest z charakterystycznych komórek, zwanych **podocytami**; centralna część komórki uwypuklona jest w kierunku przestrzeni moczowej, natomiast w kierunku błony podstawnej odchodzi kilka wypustek/beleczek rozgałęziających się na wiele drobniejszych wypustek (II i III rzędu); najmniejsze z nich, zwane **nózkami** przylegają do błony podstawnej, między nimi rozciąga się amorficzna **blonka filtracyjna**,
- c) **blona podstawna** – wspólna dla podocytów i komórek śródbłonka tworzy grubą warstwę (do 340 nm), zbudowana z kolagenu, lamininy, fibronektyny, glikozaminoglikanów i proteoglikanów,
- d) **śródbłonek naczyń włosowatych** – zbudowany z komórek nabłonka płaskiego; w śródbłonku występują **okienka** stanowiące pierwsze **sito filtrujące** krew, zatrzymujące głównie składniki morfotyczne krwi,
- e) **komórki mezangium śródkłębuszkowego** – zbudowane z tkanki łącznej o budowie podobnej do pericytów i istoty międzykomórkowej; pełnią one funkcję podporową naczyń kłębuszka, wykazują zdolność fagocytozy, usuwają złogi białka utrudniające filtrację.

W wyniku filtracji osocza krwi powstaje **mocz pierwotny**, zbliżony składem do osocza krwi, pozbawiony związków wielkocząsteczkowych. Zawarte są w nim m.in. aminokwasy, cukry proste, mocznik, kwas moczowy, kreatynina, fosforany, drobne cząsteczki białka i elektrolity.

- **Kanaliki nerkowe** – zróżnicowane na **kanalik nerkowy główny** i **kanaliki nerkowe zbiorcze**. Kanalik główny

składa się z **kanalika krętego pierwszego rzędu**, pętli **Henlego**, zróżnicowanej na ramię zstępujące i wstępujące oraz **kanalika krętego drugiego rzędu** (wstawki). W dalszej części łączą się one z **kanalikami nerkowymi zbiorczymi**, które zespalają się (po kilka) w obrębie piramidy w **przewód brodawkowy**. Przewody brodawkowe uchodzą w liczbie od 10 – 25 na wierzchołku **brodawki nerkowej** tworząc **pole sitowe**.

Kanalik kręty I rzędu (proksymalny) – jego ściana wyścielona nabłonkiem jednowarstwowym sześciennym jest przedłużeniem blaszki ściennej torebki kłębuszka. Komórki nabłonkowe na przekroju poprzecznym mają kształt **piramidalny**, ściśle przylegają, a ich powierzchnia skierowana w stronę światła kanalika posiada liczne i długie **mikrokosmki** pokryte grubym **glikokaliksem**, tworzącym **rąbek szczoteczkowy**. Znajduje się w nim wiele enzymów (ATP-azy, esterazy, fosfatazy zasadowej) związanych z hydrolizą i transportem cząsteczek przed ich wchłonięciem. Pomędzy mikrokosmkami znajdują się wgłębienia z pęcherzykami i licznymi lizosomami związanymi z procesem endocytozy i trawieniem wewnątrzkomórkowym wchłoniętych cząsteczek, głównie białek zawartych w moczu pierwotnym. W tym kanaliku zachodzą intensywne procesy **wchłaniania zwrotnego i wydzielenia**, co prowadzi do znacznego zmniejszenia objętości moczu pierwotnego o około 85% objętości wyjściowej. Następuje więc resorpcja wody, glukozy, aminokwasów, witamin, jonów sodu, potasu, wapnia, anionów chlorkowych, węglanowych, fosforanowych oraz przefiltrowa-

nych białek i polipeptydów. W tej części nefronu aktywnie wydzielana jest kreatynina i niektóre leki, np. antybiotyki.

Pętla Henlego – zróżnicowana na ramę wstępującą i zstępującą. Część cienka pętli wysłana jest nabłonkiem jednowarstwowym płaskim z nielicznymi mikrokosmkami, położonym na grubej błonie podstawnej, który w części grubej przechodzi w nabłonek jednowarstwowo sześcienny, podobnie jak w kanaliku krętym II rzędu. W pętli zachodzi proces zagęszczania moczu, przy udziale kanalika krętego II rzędu, cewek zbiorczych, tkanki śródmiąższowej i naczyń krwionośnych.

Kanalik kręty II rzędu (dystalny) – jest krótszy i bardziej kręty oraz posiada większe światło niż kanalik II rzędu. Nabłonek wyposażony jest także w wyraźnie mniejszą liczbę mikrokosmków (prawie nie widać rąbka szczoteczkowego). W kanaliku tym zachodzi intensywna resorbcja wody i jonów sodu z jednoczesną ich wymianą na jony potasu, wodoru i jony amonowe. Biernie wchłaniane są również aniony, np. chlorkowe. Ta część kanalika decyduje o równowadze kwasowo-zasadowej osocza krwi.

Cewki zbiorcze – uchodzące w części rdzeniowej jako przewody brodawkowe na brodawkach nerkowych wyprowadzają zawartość nefronów z części korowej do miedniczek nerkowych. W początkowej części wysłane są one jednowarstwowym nabłonkiem sześciennym, który przechodzi w jednowarstwowo nabłonek walcowaty.

Brodawki nerkowe obejmują kielichy nerkowe mniejsze, w liczbie od 7 – 11. Każdy z nich obejmuje jedną lub dwie brodawki. Kielichy nerkowe mniejsze, łącząc się z sobą przechodzą w 2 – 3 kielichy nerkowe większe, tworzące

miedniczkę nerkową. Stanowi ona rodzaj łącznotkankowego woreczka znajdującego się we wnętrzu nerki, będącej jednocześnie początkiem **moczowodu**.

[Ryc. 47. patrz: Budowa anatomiczna nerki; ryc. 48 Budowa nefronu, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Miedniczka nerkowa wykazuje dużą **zmienność kształtu**, stąd wyróżnia się charakterystyczne jej typy: **rozgałęziony** – najczęściej spotykany, **bańkowaty** oraz typy **pośrednie**. Ścianka miedniczki jest trójwarstwowa, przy czym błona środkowa zawiera **komórki mięśniowe gładkie**, a błona śluzowa wysłana jest **nabłonkiem przejściowym**, umożliwiającym wchłanianie zwrotne.

W pobliżu bieguna naczyniowego ciała nerwowego położony jest tzw. **aparat przykłębuszkowy** zbudowany z **komórek mioidalnych** (zmodyfikowane komórki mięśniowe gładkie tętniczek), **komórek płamki gęstej** (wyspecjalizowane komórki ściany kanalika dystalnego) – pełniące funkcję **osmoreceptora** reagującego na zmiany stężenia jonów sodu w kanalikach dystalnych i **komórek mezangium pozakłębuszkowego** – wydzielającego prawdopodobnie **erytropoetynę**. Aparat przykłębuszkowy bierze udział w regulacji ciśnienia krwi i intensywności filtracji kłębuszkowej na poziomie kanalika nerkowego. Regulacja przebiega wg schematu: **renina** (wydzielana jest przy spadku ciśnienia w tętnicy doprowadzającej lub spadku stężenia jonów sodu w kanalikach dystalnych) – uwalniana do krwi odcina z **angiotensynogenu** (globuliny osocza) decapeptyd – **angiotensynę I**, przekształcającą się w oktapeptyd – **angiotensynę II**, która kurczy naczynia krwionośne i indukuje korę nadnerczy do wydzielania aldosteronu. Aldosteron wpływa na komórki kanalików dystal-

nych i cewek zbiorczych, zwiększając resorpcję jonów sodu oraz wody, powodując wzrost ciśnienia krwi zapewniający prawidłową filtrację.

7.3. Moczowody – budowa

Moczowód (*ureter*), narząd parzysty jest przewodem łączącym miedniczkę nerkową z pęcherzem moczowym. Osiąga długość około **33 cm**, natomiast średnicę – około **0,8 cm**. Jest przewodem elastycznym, bardzo rozciągliwym.

W moczowodzie wyróżnia się część:

- **brzuszną** – biegnącą od miedniczki do kresy granicznej, dzielącą się na odcinek **przynerkowy** i **podnerkowy**,
- **miedniczną** – biegnącą od kresy granicznej do pęcherza moczowego, dzielącą się na odcinek **ścienny** i **trzewny**, którego końcowa część wnikająca w ścianę pęcherza moczowego nosi nazwę części **śródsiennej** (średnica: 2 – 3 mm).

W moczowodzie występują trzy zwężenia:

- **górne** (nerkowe) – miejsce przejścia miedniczki nerkowej w moczowód,
- **środkowe** (brzeżne) – miejsce skrzyżowania moczowodu z kresą graniczną,
- **dolne** (pęcherzowe) – największe, w ścianie pęcherza moczowego.

Ściana moczowodu składa się z trzech warstw:

- a) **blony śluzowej** – silnie pofałdowanej, wysłanej nabłonkiem przejściowym,

b) **blony mięśniowej** – składającej się z trzech warstw mięśni gładkich, biegnących podłużnie (warstwa wewnętrzna i zewnętrzna) oraz okrężnie (warstwa środkowa),

c) **blony zewnętrznej** – zbudowanej z tkanki łącznej włóknistej luźnej.

Unaczynienie: gałęzie aorty zstępującej i tętnicy biodrowej wewnętrznej.

Unerwienie: nerwy błędne i pnie współczulne.

7.4. Pęcherz moczowy – budowa

Pęcherz moczowy (*vesica urinaria*) jest narządem nieparzystym przystosowanym do zbierania **moczu** z moczowodów. Zróżnicowany jest na **szczyt pęcherza** – skierowany do przodu i ku górze, **trzon pęcherza** – część środkową, **dno pęcherza** – część dolno-tylną, mającą kształt trójkąta w którego tylnej części leży **ujście moczowodu** przechodzące w **cewkę moczową**. W pęcherzu wypełnionym moczem można wyróżnić **ścianę przednią**, **tylną** oraz **ściany boczne**. Opróżniony pęcherz moczowy przybiera kształt miski i można wyróżnić tylko ścianę górną.

[Ryc. 49. patrz: Ogólna budowa pęcherza moczowego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Położony jest w miednicy mniejszej, za spojeniem łonowym. Między ścianą przednią pęcherza a spojeniem łonowym i przednią ścianą brzucha występuje **przestrzeń zalonowa**, wypełniona tkanką łączną luźną, umożliwiającą przemieszczanie się pęcherza podczas jego wypełniania. Za utrzymanie pęcherza odpowiedzialny jest **aparat podporowy** w postaci

mięśni dna miednicy i **aparatu wieszadłowego** (więzadła: łonowo-pęcherzowe i odbytniczo-pęcherzowe). Pojemność pęcherza moczowego zmienia się w szerokich granicach i waha się od 300 – 700 ml.

Ściana pęcherza moczowego jest trójwarstwowa. Składa się z błony:

- a) **śluzowej** – pokrytej nabłonkiem przejściowym. Przy małym wypełnieniu pęcherza jest **pofałdowana**, natomiast **gładka** – w obrębie **trójkąta pęcherza** ograniczonego **ujściami moczowodów i ujściem wewnętrznym cewki moczowej**.
- b) **mięśniowej – środkowej**, w której wykształcają się mięśnie: **m. wypierający pęcherza**, m. łonowo-pęcherzowy, m. odbytniczo-pęcherzowy i m. odbytniczo-cewkowy.
- c) **surowiczej** – położonej zewnętrznie.

Unaczynienie: gałęzie tętnicy biodrowej wewnętrznej, odpływ krwi do żyły głównej dolnej.

Unerwienie: nerwy trzewne miednicze, pnie współczulne.

7.5. Cewka moczowa

Wyróżnia się – ze względu na odmienną budowę – **cewkę moczową męską** (*urethra masculina*) i **cewkę moczową żeńską** (*urethra feminina*).

Cewka moczowa męska spełnia podwójną funkcję – odprowadza mocz i nasienie. Biegnie od **ujścia wewnętrznego cewki moczowej** pęcherza moczowego, a kończy się na

zołądzi prącia **ujściem zewnętrznym cewki moczowej**. Osiąga długość około 20 cm.

Cewka moczowa zróżnicowana jest na trzy części:

- **sterczową** – przechodzącą przez gruczoł krokowy (stercz), przy czym na tylnej jej stronie znajduje się wyniosłość błony śluzowej – **grzebień cewki moczowej**; w połowie jej długości położony jest **wzgórek nasienny**, gdzie uchodzą **przewody wytryskowe**; od tyłu, za przewodami występuje zagłębienie – **łagiewka sterczowa** (odpowiednik pochwy); bocznie względem wzgórków nasiennych występuje półkolisty zagłębienie – **zatoka sterczowa** z licznymi ujściami przewodników gruczołu krokowego,
- **bloniastą** – będącą najkrótszą częścią cewki, przechodzącą przez przeponę moczowo-płciową,
- **gąbczastą** – stanowiącą najdłuższą część cewki, objętą przez ciało gąbczaste prącia; występują tu zagłębienia – **zatok** **cewki moczowej**, do których uchodzą gruczoły opuszkowo-cewkowe.

Cewka moczowa w swoim przebiegu wykazuje zmiany średnicy światła:

- **zwężenia** – **ujście wewnętrzne** cewki moczowej, tzw. **cieśń cewki moczowej** (w obrębie części bloniastej) i **ujście zewnętrzne** cewki moczowej,
- **rozszerzenia** – występujące w części **sterczowej** i początkowym odcinku części **gąbczastej**; w końcowej części gąbczastej znajduje się rozszerzenie – **dół łódkowaty**.

[Ryc. 50. patrz: Ogólna budowa cewki moczowej męskiej, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Ściany cewki moczowej zbudowane są z błony:

- **śluzowej** wraz z utkaniem **podśluzowym** – pokrytej **nabłonkiem przejściowym** w części **sterczowej** i **nabłonkiem wielowarstwowym walcowatym** w części **bloniastej** oraz **gąbczastej**; natomiast przy ujściu zewnętrznym nabłonkiem wielowarstwowym płaskim; w błonie podśluzowej położone są **gruczoły cewki moczowej**,
- **mięśniowej** – ułożonej w dwie warstwy komórek mięśniowych gładkich: **wewnętrznej** o przebiegu podłużnym i **zewnętrznej** – okrężnym.

Cewka moczowa żeńska pod względem budowy ściany przypomina część sterczową cewki moczowej męskiej. Jej ujście zewnętrzne leży 2 – 3 mm poniżej łechtaczki. Na tylnej ścianie występuje fałd podłużny – **grzebień cewki moczowej**, natomiast przy ujściu zewnętrznym uchodzą przewody przycewkowe (pozostałość rozwojowa).

8. NARZĄDY UKŁADU ROZRODCZGO/ PŁCIOWEGO

Układ rozrodczy (płciowy) odgrywa szczególną rolę w każdym organizmie, bowiem zapewnia **wydanie potomstwa** dwóm osobnikom płci odmiennej, podtrzymując tym samym **egzystencję gatunku**.

Narządy płciowe przystosowane są do pełnienia następujących funkcji:

- **wytwarzania gamet**, czyli komórek rozrodczych męskich – plemników w procesie spermatogenezy i żeńskich – komórek jajowych w procesie oogenezy,
- dokonywania aktu płciowego umożliwiającego **proces zapłodnienia**,
- **utrzymania ciąży i zapewnienia optymalnych warunków przebiegu rozwoju prenatalnego**,
- **regulacji hormonalnej ww. procesów**, bowiem jądra i jajniki pod wpływem gonadotropin wydzielanych przez przedni płat przysadki mózgowej podejmują również funkcję gruczołów dokrewnych, wytwarzając **androgeny** (testosteron) i **estrogeny** (estradiol, estriol, estron...).

8.1. Rozwój narządów rozrodczych

Rozwój narządów płciowych przebiega w ścisłym związku z rozwojem narządów wydalniczych.

W rozwoju narządów płciowych wyróżnia się dwa następujące po sobie okresy, tj. okres pierwszy i okres drugi.

- **Okres pierwszy** – okres zawiązków **niezróżnicowanych** rozpoczyna się od **2 miesiąca życia zarodkowego** i trwa do końca tego miesiąca. **Zawiązki gruczołów płciowych** wykształcają się w pobliżu obu pranerczy. Wytwarzają się **faldy moczowo-płciowe** wpuklające się do jamy ciała. Z **przyśrodkowej ich części** wytwarza się **fald płciowy** pokryty mezodermalnym, wielowarstwowym **nabłonkiem płciowym**. Wewnątrz zawiera on mezenchymę położoną przy przewodach śródnerczowych (Wolffa). Jest to okres w którym od nabłonka płciowego wnikają do mezenchymy lite pasma komórek, tzw. **sznury płciowe**, wśród których wyróżnić można **komórki prapłciowe**. Pod nabłonkiem z mezenchymy wykształca się **blona biaława** (*tunica albuginea*).
- **Okres drugi** – okres zawiązków **zróżnicowanych** rozpoczyna się pod koniec **2 miesiąca życia zarodkowego**. Od tego momentu następuje proces różnicowania się zawiązków płciowych.

Sznury płciowe zarodków płci męskiej ułożone są początkowo **bezladnie**, następnie układają się **promieniście** w stosunku do nabłonka, dając **zawiązki cewek krętych**. Światło w nich pojawia się dopiero w **4 m-cu życia płodowego**. Jednocześnie **komórki prapłciowe** przekształcają się w **spermatogonie**, a z **mezenchymy** powstają **przegródki, śródjadrze** i **komórki śródmiąższowe**.

Mezenchyma zarodków płci żeńskiej około **3 miesiąca życia płodowego** rozrasta się tworząc **zrąb jajnika**, natomiast **sznury płciowe** przekształcają się w **oogonie**. Oogonie poło-

żone w powierzchniowych warstwach jajnika przekształcają się w **pęcherzyki pierwotne**, których liczba z końcem 2 roku życia wynosi w obu jajnikach około **400 000**.

Wraz z wykształcaniem się gruczołów płciowych, obok istniejącego przewodu śródnerczowego, rozrasta się w głąb mezenchymy **mezodermalny nabłonek jamy ciała**, co prowadzi do wykształcenia się dwóch przewodów przyśródnerczowych zwanych **przewodami Müllera**. W dalszym przebiegu łączą się one we wspólny przewód moczowo-płciowy.

Z przewodów śródnerczowych i przyśródnerczowych powstają tzw. **drogi płciowe odrowadzające**. U zarodków płci żeńskiej główną rolę przypisuje się **przewodom przyśródnerczowym**, bowiem przekształcają się one w **jajowody, macicę i pochwę**, natomiast u zarodków płci męskiej – **śródnerczowym**, z których powstają **przewody najądrza, nasieniowody i przewody wytryskowe**.

Zawiązki zewnętrznych narządów płciowych u obu płci w początkowym okresie są jednakowe (guzek płciowy, dwa fałdy i dwa wały płciowe). W **3 miesiącu** życia płodowego następuje różnicowanie się w kierunku określonej płci.

Ze względu na odmienność i specyfikę budowy wyróżnia się narządy rozrodcze męskie (♂) i narządy rozrodcze żeńskie (♀).

8.2. Budowa narządów rozrodczych/płciowych męskich

Narządy rozrodcze męskie. Narządy rozrodcze męskie zróżnicowane są na narządy **zewnętrzne i wewnętrzne**.

Narządy rozrodcze **wewnętrzne**:

a) parzyste:

- **jądro** (*testis*),
- **najądrze** (*epididymis*),
- **nasieniowód** (*ductus deferens*),
- **pęcherzyk nasienny** (*vesicula seminalis*),
- **gruczoł opuszkowo-cewkowe** (*glandula bulbourethralis*).

b) nieparzyste:

- **gruczoł krokowy** (*prostata*).

Narządy rozrodcze **zewnętrzne** – **nieparzyste**:

- **narząd kopulacyjny** – **prącie** (*penis*),
- **moszna** (*scrotum*).

[Ryc. 51 patrz: Ogólna budowa męskiego układu rozrodczego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

8.2.1. Jądra i moszna

Jądro (*testis*) jako narząd płciowy wytwarzający gamety męskie – **plemniki** zawieszane w wydzielanym płynie oraz hormony płciowe męskie (androgeny), jak i inne hormony oraz czynniki regulujące wytwarzanie plemników położony jest w worku skórzanym, zwanym **moszną** (*scrotum*). W życiu zarodkowym jądra zlokalizowane są w jamie brzusznej, a dopiero około 8 m-ca rozwoju płodu zstępują do moszny, by uniknąć niekorzystnych czynników (wysoka temperatura, zmiany ciśnienia wewnątrzbrzuszego). Ma kształt jajowaty, osiąga długość około 5 cm, średnicę – około 2,5 cm i masę – około 12 g. Jądra oddzielone są od siebie łącznotkankową **przegrodą moszny** (*septum scroti*).

W jądrze można wyróżnić: koniec górny i dolny, powierzchnię boczną i przyśrodkową oraz brzeg przedni i tylny. Naczynia, nerwy i przewodniki odprowadzające jądra biegną i wnikają lub opuszczają jądro w okolicy **brzegu tylnego jądra**.

Jądro otoczone jest **bloną białawą** (*tunica albuginea*), od której w głąb jądra odchodzą **przegródki jądra** (*septula testis*), dzieląc jego miąższ na **placiki jądra** (*lobuli testis*), których liczba szacowana jest na ponad 200. **Wiercholki placików** zwrócone są w kierunku **brzegu tylnego jądra**, gdzie znajduje się przestrzeń wypełniona tkanką łączną zwaną **śródjądrem**.

Placiki jądra zbudowane są z **cewek** (kanalików) **nasien-nych krętych**, w których zachodzi proces **spermatogenezy** (*powstawanie spermatyd*) i **spermiogenezy** (*przekształcanie się spermatyd w plemniki*). Na każdy placik przypada od **1 – 4 cewek**, których długość wynosi od **30 – 80 cm**, natomiast średnica od **0,1 – 0,3 mm**. Ogólna długość cewek krętych w jądrze szacuje się na **150 – 300 m**.

[Ryc. 52 patrz: Budowa jądra, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Cewki kręte otoczone są **tkaną łączną włóknistą luźną**, w której rozmieszczone są **komórki śródmiąższowe** (komórki Leydiga). Zespół tych komórek w jądrze tworzy **gruczoł śródmiąższowy jądra**, odpowiedzialny za wytwarzanie **hormonów androgennych**, warunkujących spermatogenezę i wpływający na kształtowanie się drugo- i trzeciorzędowych cech płciowych męskich. Głównym hormonem androgennym jest **testosteron**, pod wpływem którego następuje przerost wielu rodzajów komórek i tkanek, np. mięśni szkieletowych.

Nadto wydzielają one peptydy TGF β – transformujące czynniki wzrostowe wpływające na proliferację i dyferencjację komórek (pobudzające wydzielanie m. in. FSH), endorfinę (pobudzającą komórki Sertoliego), reninę (regulującą zwrótnie poprzez angiotensynę osocza syntezę testosteronu) oraz oksytocynę (pobudzającą perystaltykę kanalików nasiennych). Jądro wytwarza także **estrogeny** i **hormon inhibinę**, hamujący wydzielanie gonadotropin przez część obwodową przysadki.

Cewki nasienne kręte są **cewkami plemnikotwórczymi** i rozpoczynają swoją czynność z chwilą osiągnięcia przez osobnika dojrzałości płciowej. Ścianę cewki buduje dwuwarstwowa **błona własna** otaczająca kanalik na której spoczywa **nabłonek plemnikotwórczy**. W błonie własnej wyróżnia się warstwę **wewnętrzną** (podstawną) oraz **zewnątrzną** złożoną z 3-5 warstw **komórek mioidalnych**, zbliżonych do miocytów gładkich, odpowiedzialnych za przemieszczanie się plemników.

W nabłonku plemnikotwórczym odróżniamy dwa rodzaje komórek:

- **komórki plemnikotwórcze na różnych etapach spermatogenezy i plemniki,**
- **komórki podporowe (*Sertoliego*)** – otaczają komórki plemnikotwórcze zaopatrując je w składniki odżywcze, regulują ich przechodzenie z dolnych do górnych warstw nabłonka, fagocytują cytoplazmę resztkową powstających plemników i degenerujące komórki nabłonka, a także wydzielają płyn kanalikowy będący środowiskiem plemników.

Spermatogeneza jako proces w wyniku którego ze spermatogonii powstają plemniki rozpoczyna się w jądrach chłopców w wieku 10-13 lat. Obejmuje trzy charakterystyczne etapy:

- **spermatocytogenezę** – rozmnażanie i różnicowanie **spermatogonii**,
- **mejozę** – powstają **spermatocyty I i II rzędu**, które mnożą się i wytwarzają **spermatydy**,
- **spermiogenezę** – przekształcanie spermatyd w **plemniki**.

Na przekroju poprzecznym cewek krętych występuje pięć generacji komórek, stanowiących kolejne etapy rozwoju plemników:

1. **spermatogonie** (spermiogonie) – trzy kategorie:
 - a/ spermatogonie Ad – komórki rezerwowe, dzielą się sporadycznie,
 - b/ spermatogonie Ap – dzielą się mitotycznie, odnawiają ich zapas,
 - c/ spermatogonie B – powstają ze spermatogonii Ap, a z nich spermatocyty I rzędu,
2. **spermatocyty I rzędu** (spermiocyty),
3. **spermatocyty II rzędu** (prespermidy, prespermatydy),
4. **spermatydy** (spermidy),
5. **spermie** – plemniki.

[Ryc. 53 patrz: Budowa cewki nasiennej krętej na przekroju poprzecznym, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

W wierzchołkowej części płacików cewki nasienne kręte zespalają się ze sobą i tworzą **cewki nasienne proste**, które przechodzą do śródjądra, gdzie tworzą sieć kanalików, zwaną **siecią jądra**. Z sieci jądra powstaje **10 – 20 przewodników odprowadzających jądra**, przechodzących do najądra, gdzie uchodzą do **przewodu najądra**.

Ściana moszny zbudowana jest z następujących warstw:

- **skóry** – owłosionej i zawierającej dużo barwnika,

- **blony kurczliwej** – zbudowanej z mięśni gładkich, które stopniem swojego obkurczenia regulują temperaturę ciała w mosznie i jest ona niższa o 2° – 3° C w stosunku do jamy brzusznej, co odgrywa istotną rolę dla prawidłowego przebiegu spermiogenezy,
- **powięzi nasiennej zewnętrznej,**
- **mięśnia dźwigacza jądra,**
- **powięzi nasiennej wewnętrznej,**
- **osłonki pochwowej jądra.**

Jądra położone są **wewnątrztrzewnowo**, bowiem otrzewna wyściela od wewnątrz mosznę, która jest podzielona **przegrodą moszny** na dwie części: **lewą i prawą**. **Lewe jądro** położone jest nieco **niżej** ze względu na lepszy rozwój po tej stronie spłotów żylnych – **splot wiciowaty**.

W rozwoju płodowym jądra znajdują się w **jamie brzusznej**, w okolicy lędźwiowej. Przed urodzeniem zachodzi proces **zstępowania jąder** z jamy brzusznej do **moszny** przez **kanały pachwinowe**. W tym procesie uczestniczą **więzadła** zwane **jądrowodami**. Na skutek nierównomiernego wzrostu tułowia i jądrowodów jądra przemieszczają się do **moszny**. Niezstąpienie jąder nosi nazwę **wnętrostwa** (*kryptochismus*) i jest równoznaczne z bezpłodnością.

8.2.2. Najądrze (*epididymis*)

Najądrze – narząd parzysty o **podłużnym kształcie** przypominającym grzebień hełmu, rozszerzony w części górnej, przylegającym do tylnego brzegu jądra, tj. od **tyłu i góry**. **Odprowadza plemniki** i jednocześnie pełni funkcję **zbiornika**, w którym osiągają one pełną dojrzałość. Jego

długość wynosi około **5 cm**, **szerokość** – **1 cm** i **wysokość** – **0,5 cm**.

W najądrzu wyróżniamy głowę, trzon i ogon.

- **Głowa** – składa się z **kanalików wyprowadzających** i początkowej części przewodu najądrza. Kanaliki wysłane są **nabłonkiem jednowarstwowym** zbudowanym z komórek sześciennych i walcowatych (powierzchnia lekko pofałdowana).
- **Trzon** – w postaci poskręcanego **przewodu najądrza**. Jest on silnie poskręcany i pokryty wysokim **nabłonkiem dwurzędowym**, złożonym z niskich komórek przypodstawnych i komórek walcowatych z długimi mikrokosmkami (nabłonek migawkowy), które zabezpieczają plemniki przed ich fagocytowaniem. **Komórki walcowate** wydzielają płyn o odczynie lekko kwaśnym (hamującym ruchliwość plemników) zawierającym proteiny, glikoproteiny, fosfolipidy i sole mineralne. Występuje tu także białko wiążące androgeny, powodujące wzrost ich stężenia, co umożliwia dojrzewanie plemników. Nabłonek położony jest na **blonie podstawnej**, pod którą występuje warstewka **tkanki łącznej luźnej** i **blona mięśniowa**, której skurcze powodują przemieszczanie się plemników.
- **Ogon** – w postaci poskręcanego **przewodu najądrza**. W miejscu przejścia przewodu najądrza w nasieniowód wyraźnie grubiej błona mięśniowa.

Z zewnątrz występuje błona surowicza i cienka warstwa tkanki łącznej, która wnikać w głąb narządu dzieli go na **płaciki najądrza**, zwane też **stożkami najądrza**. Ich liczba waha się od 10 – 15. Płaciki utworzone są przez **przewodniki odprowadzające jądra**, przechodzące do najądrza. Nabłonek

przewodników jest **pofaldowany**, a na jego powierzchni występują **rzęski**, których zsynchronizowane ruchy skierowane są w stronę najądrza. Z przewodników tych powstaje **przewód najądrza**, który rozpoczyna się w głowie najądrza, zstępuje ku dołowi do **ogona**, gdzie zagina się pod kątem ostrym i wstępuje ku górze jako **nasieniowód**, w przebiegu którego obserwujemy liczne skręty.

Unaczynienie tętnicze jądra i najądrza: głównie **t. jądrowa**.
Odpływ krwi: **splot wiciowaty** i **żyła jądrowa**.

Unerwienie: od **pni współczulnych** i **n. trzewnych miednicznych**.

[Ryc. 54 patrz: Ogólna budowa cewki najądrza, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

8.2.3. Nasieniowody (*ductus deferens*)

Nasieniowód stanowi przedłużenie przewodu najądrza i uchodzi do części sterczowej cewki moczowej jako **przewód wytryskowy**, po uprzednim zespoleniu się z **przewodem wydalającym pęcherzyka nasiennego**. Towarzyszy mu wiele naczyń i nerwów tworzących razem z nim **powrózek nasienny**.

W nasieniowodzie wyróżnia się trzy części:

- **miedniczną** – przebiegającej zaotrzewnowo w miednicy mniejszej,
- **pachwinową** – znajdującą się w kanale pachwinowym,
- **mosznową** – wykazującą wyjątkowo kręty przebieg.

Nasieniowód osiąga **długość** około **60 cm**, **średnicę 3 mm**, przy **średnicy światła** wynoszącej **0,5 mm**. W pobliżu zespolenia się z przewodem pęcherzyka nasiennego nasieniowód

rozszerza się, tworząc **bańkę nasieniowodu** (*ampulla ductus deferentis*). Wydzielina bańki pobudza plemniki do ruchu.

Następnym odcinkiem dróg wyprowadzających nasienie jest krótki, 20-milimetrowy **przewód wytryskowy** (*ductus ejaculatorius*), który przebija **gruczoł krokowy** i uchodzi do części sterczowej **cewki moczowej**. Ujścia przewodów wytryskowych znajdują się po obu stronach łagiewki sterczowej.

Ściana nasieniowodu utworzona jest z **blony zewnętrznej** zbudowanej z tkanki łącznej włóknistej z licznymi włóknami sprężystymi, **środkowej** – mięśniowej (trójwarstwowej) i **wewnętrznej** – śluzowej, silnie pofałdowanej, pokrytej nabłonkiem walcowatym dwurzędowym migawkowym.

Unaczynienie: gałęzie **t. biodrowej wewnętrznej**.

8.2.4. Pęcherzyki nasienne (*vesiculae seminales*)

Pęcherzyki nasienne stanowią wypuklenia nasieniowodów o kształcie gruszkowatym, długości około 5 cm, średnicy około 2 cm i pojemności od 5 – 10 ml. Położone są w pobliżu podstawy gruczołu krokowego, poniżej dna pęcherza moczowego. Ich ściana zbudowana jest z **blony zewnętrznej**, **środkowej** – mięśniowej i **wewnętrznej** – blony śluzowej. Są to gruczoły pomocnicze, wytwarzające zasadową wydzielinę zawierającą białko zasadowe (protaminę), fruktozę, kwas cytrynowy i enzymy. Stanowi około 70% objętości nasienia. Substancje zawarte w wydzielinie odgrywają istotną rolę, bowiem utrzymują ruchliwość i żywotność plemników.

Unaczynienie i unerwienie takie jak nasieniowodów.

8.2.5. Gruczoł krokowy/stercz (*prostata*).

Gruczoł krokowy zwany **stercem** (*prostata*) jest narządem nieparzystym, wielkości kasztana, osiągającym przeciętne rozmiary w płaszczyźnie strzałkowej – 2 cm, wysokość – około 3 cm i szerokość – około 4 cm. Położony jest w jamie miednicy mniejszej, pod **pęcherzem moczowym**, za spojeniem łonowym.

Zbudowany jest z dwóch **płatów** – **lewego** i **prawego**, połączonych **węzią gruczołu krokowego**, nazywaną niekiedy płatem środkowym. **Podstawą** gruczoł krokowy skierowany jest w stronę pęcherza moczowego, natomiast **wierzchołkiem** – w stronę przepony moczowo-płciowej. Obie części otaczają częściowo cewkę moczową (część sterczowa). **Powierzchnia przednia** przylega do spojenia łonowego, **tylna** – do odbytnicy, natomiast **powierzchnie dolno-boczne** graniczą z m. dźwignaczem odbytu. **Przednią część gruczołu krokowego** przebija **cewka moczowa**, a przez **tylną** biegną skośnie ku dołowi i przodowi **przewody wytryskowe**.

Gruczoł krokowy składa się z oddzielnych **gruczołów cewkowo-pęcherzykowych**, których liczba waha się od **30** – **50**. Przewody wyprowadzające tych gruczołów łącząc się tworzą kilkanaście **przewodzików gruczołu krokowego**, uchodzących do części sterczowej cewki moczowej w **zatoce sterczowej**.

Gruczoł od zewnątrz otoczony jest łącznotkankową **torebką gruczołu krokowego**. Wewnątrz narządu oprócz gruczołów znajdują się pasma mięśni gładkich.

[Ryc. 55 patrz: Ogólna budowa gruczołu krokowego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Wydzielina gruczołu krokowego stanowi około **20% płynnej części nasienia**. Zawiera ona m. in. substancje **białkowe, krople tłuszczu, kwas cytrynowy**, szereg **enzymów** (fosfataza kwaśna, fibrynolizyna, β -glukoronidaza), substancje o właściwościach hormonalnych – **prostaglandyny**, powodujące zwolnienie skurczów macicy i rozluźnienie końca brzuszego jajowodu oraz **kamylki sterczowe** (fosforan wapnia). Wydzielanie gruczołu jest pobudzane przez **testosteron**.

8.2.6. Gruczoły opuszkowo-cewkowe (*glandula bulbourethralis*)

Gruczoł opuszkowo-cewkowy Cowpera jest narządem parzystym, o kształcie i wielkości ziarna grochu, barwie żółta-wobrazowej. Położony jest powyżej tylnego końca **opuszki prącia** na dnie miednicy mniejszej. Zbudowany jest z płaczków, zawierających odcinki wydzielnicze cewkowo-pęcherzykowe wydzielające śluz odprowadzany do **przewodu gruczołu opuszkowo-cewkowego**, łączącego się z częścią **gąbczastą cewki moczowej**. Cewki, pęcherzyki gruczołów i ich przewody wyprowadzające wysłane są **jednowarstwowym nabłonkiem walcowatym**. Gruczoły wydzielają **śluz** o odczynie lekko zasadowym, szczególnie obficie podczas pobudzenia płciowego, przygotowując drogę dla nasienia.

8.2.7. Prącie (*penis*).

Prącie (*penis*) jest narządem przystosowanym do pełnienia podwójnej funkcji, tj. służy do **wprowadzania nasienia do**

dróg rodnych kobiety oraz wydalania moczu. Ma kształt podłużnego, stożkowato zakończzonego walca, zróżnicowanego na **odnogi, nasadę, trzon i żołądź.** Odnogi i nasada prącia osłonięte są przez **skórę krocza i moszny.**

Trzon prącia zbudowany jest z dwóch **ciał jamistych prącia**, położonych od strony grzbietu i z nieparzystego **ciała gąbczastego** leżącego po stronie przeciwnej i otaczającego cewkę moczową. Ciała jamiste mają **kształt walcowaty** a ich tylne końce zwane **odnogami prącia** rozchodzą się pod ostrym kątem i zrastają z okostną kości miednicznych – kulszową i łonową.

Ciała jamiste i ciało gąbczaste otacza **blona biaława** (*tunica albuginea*), która wnikając między ciała jamiste tworzy **przegrodę prącia**, posiadającą liczne otworki łączące komory obu ciał jamistych. Na przedni koniec ciał jamistych nasadzona jest na kształt czepka **żołądź** (*glans penis*) na wierzchołku której znajduje się szczelinowate **ujście zewnętrzne cewki moczowej.** Na granicy trzonu z żołądźcą występuje rynienkowate zwężenie – **szyjka żołądźci** (*collum glandis*). Zgrubiały brzeg podstawy żołądźci tworzy wypukły pierścień, zwany **koroną żołądźci** (*corona glandis*).

Prącie pokryte jest skórą pozbawioną części podskórnej, pod którą występuje **powieź powierzchowna**, przechodząca w **powieź głęboką prącia.** Na żołądźci skóra tworzy fałd zwany **napletkiem** (*preputium penis*), wyposażonym od strony ciała gąbczastego w **wędzidelko napletka** (*frenulum preputii*). W napletku występują **gruczoły napletkowe**, wydzielające łoż napletkowy – **mastkę** (*smegma*).

[Ryc. 56 patrz: Ogólna budowa prącia, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Ciała jamiste i ciało gąbczaste zbudowane są z licznych, drobnych przestrzeni – **jamek**, o średnicy od **0,5 – 1 mm** wyścielonych śródbłonkiem i otoczonych **beleczkami** łącznotkankowymi, zawierającymi mięśnie gładkie, które zrastają się z błoną białawą. Jamki wypełnione są **krwią**, której ilość wykazuje znaczącą zmienność. Zostają one napełnione krwią w następstwie rozkurczu mięśni gładkich tętnic. Tętnice doprowadzające do nich krew mają spiralny przebieg, stąd noszą nazwę **tętnic ślimakowatych**. Z jamek krew odpływa **żyłami jamistymi** do **żyły grzbietowej prącia**. W ciele gąbczastym wypełnienie jamek nie jest pełne, co umożliwia przejście przez cewkę moczową nasienia lub moczu.

Unaczynienie: gałęzie **t. biodrowej** i od **t. udowej**. Unerwienie: **n. trzewne miedniczne**, **pnie współczulne** (n. trzewne krzyżowe).

[Ryc. 57 patrz: Trzon prącia na przekroju poprzecznym, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Nasienie to gęsty, niejednorodny, lepki płyn o odczynie 7,4 pH, składający się z **osocza nasienia** i zawieszonych w nim **plemników** (20-300 mln w jednym ejakulacie). Około 70% objętości zajmuje wydzielina pęcherzyków nasiennych, 20% – wydzielina gruczołu krokowego i 10% – objętości plemników. W nasieniu występują także leukocyty, kwas cytrynowy, kwas askorbinowy, zasady, **prostaglandyny** (powodujące skurcze macicy, stymulując transport nasienia) i **fruktoza** (źródło energii ruchu plemników).

Pojęcia związane z ilością i żywotnością plemników:

- **normospermia** – stan prawidłowy (≥ 15 mln plemników/ml),
- **oligospermia** – obniżona ilość plemników,
- **azoospermia** – osłabiona ruchliwość plemników,
- **nekrospermia** – znacząca ilość martwych plemników.

8.3. Budowa narządów rozrodczych/płciowych żeńskich

Narządy płciowe żeńskie zróżnicowane są na narządy płciowe **zewnątrzne** i **wewnętrzne**.

Narządy płciowe wewnętrzne:

- **jajnik** (*ovarium*),
- **jajowód** (*tuba uterina*),
- **macica** (*uterus*),
- **pochwa** (*vagina*).

Narządy płciowe zewnętrzne:

- **srom niewieści** (*pudendum femininum*),
- **lechtaczka** (*clitoris*).

[Ryc. 58 patrz: Ogólna budowa pęcherza moczowego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

8.3.1. Ogólny rozwój układu rozrodczego żeńskiego wraz z procesem oogenezy

Pod koniec **pierwszego miesiąca embriogenezy** ma miejsce początek rozwoju układu rozrodczego, który przebiega podobnie – niezależnie od płci, która zostaje ustalona w momencie zapłodnienia – w embrionach żeńskich i męskich. Z **mezodermy** wyścielającej wtórną jamę ciała tworzą się niezróżnicowane **zawiązki gonad**, w postaci **listewek płciowych** z wnioskającymi doń komórkami pochodzącymi z endodermy pęcherzyka żółtkowego. Są to **pierwotne diploidalne komórki rozrodcze**, z których w procesie mitozy powstają liczne pokolenia **oogonii**. Komórki oogonii intensywnie mnożą się i stają

się **oocytami**, które w dalszym etapie ulegają **podziałowi mejozycznemu**, obejmującemu następujące po sobie dwa procesy, tj. **podział redukcyjny** (mejoza I) i **ekwacyjny** (mejoza II).

W części korowej jajnika, w pęcherzyku pierwotnym, wzrastającym i dojrzewającym „**komórka jajowa**” pozostaje na etapie **oocytu I rzędu**, stadium **dipлотenu profazy mejozy I**. Tuż przed owulacją **oocyt I rzędu** przechodzi przez **diakinezę** i dalsze etapy mejozy I, tj. **metafazę**, **anafazę** (redukcja chromosomów) i **telofazę**. W wyniku tego podziału powstaje duża haploidalna (n) „**komórka jajowa**”, zwana **oocyt II rzędu** i **pierwsze ciało kierunkowe** (polocyt I). Niemal bezpośrednio po **mejozie I oocyt II rzędu** wchodzi w drugi podział, tj. **mejozę II**, przy czym na etapie **metafazy II** oogeneza zostaje zahamowana. Na tym etapie ma miejsce **owulacja**, a dalszy rozwój **oocytu II rzędu** uzależniony jest od kontaktu z **plemnikiem**. **Zaplemnienie** indukuje **oocyt II rzędu** do dalszego podziału, w wyniku którego powstaje **ootyda/komórka jajowa** i **drugie ciało kierunkowe** (polocyt II). Jeśli nie dojdzie do zapłodnienia dochodzi do resorpcji komórki jajowej.

8.3.2. Jajniki (*ovarium*) – topografia, budowa i cykl jajnikowy

Jajnik jest narządem parzystym, wielkości małego **orzecha włoskiego**, długości około **3,5 cm**, szerokości **3 cm** i wysokości **1,5 cm** oraz **masie** od **6 – 8 g**, o barwie białej, niekiedy lekko różowej, konsystencji twardej, sprężystej.

Wyróżnia się w nim: **koniec jajowodowy** (*extremitas tubaria*), **powierzchnię przyśrodkową** i **boczną** (*facies medialis et lateralis*), **brzeg wolny** i **krezkowy** (*margo liber et mesova-*

ricus), w którym znajduje się zagłębienie zwane **wnęką jajnika** (*hilium ovarii*), miejsce przejścia naczyń i nerwów.

[Ryc. 59 patrz: Ogólna budowa jajnika, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Jajnik leży na **bocznej ścianie miednicy mniejszej**, wewnątrztrzewnowo w **dolku jajnikowym**, gdzie jest umocowany w **więzadle szerokim macicy** za pośrednictwem krótkiej **krezki**. W umocowaniu jajnika bierze także udział **więzadło wieszadłowe jajnika**, wewnątrz którego biegą naczynia i nerwy uchodzące do wnęki jajnika oraz **więzadło właściwe jajnika**.

Jajnik otoczony **bloną białawą** dzieli się na **korę jajnika** (*cortex ovarii*) i **rdzeń jajnika** (*medulla ovarii*).

Kora jajnika – leży pod **bloną białawą**. Utworzona jest przez bogato unaczynioną tkankę łączną luźną włóknistą zwaną **zrebem jajnika** (*stroma ovarii*), w której występują **pęcherzyki jajnikowe pierwotne, wzrastające, dojrzewające i dojrzałe/pęcherzyki Graafa**.

- **Pęcherzyki pierwotne** położone tuż pod bloną białawą jajnika, o średnicy około 0,25 mm, zbudowane z dużej centralnie położonej „**komórki jajowej**” (oogonii/oocytu I rzędu), otoczonej jedną warstwą **płaskich komórek nabłonka pęcherzykowego**, spoczywającego na błonie podstawnej. Wiele pęcherzyków pierwotnych w okresie dzieciństwa i pokwitania ulega zanikowi (atrezja).
- **Pęcherzyki wzrastające** (pierwszorzędowe) położone nieco głębiej w części korowej jajnika. Komórka jajowa otoczona jest jednorodną warstwą, będącą wytworem komórki jajowej i komórek ziarnistych tworzących **osłonkę przezroczystą**. Zbudowana jest ona z glikoprotein

pełniących rolę receptorów wiążących się z receptorami główki plemnika. Wzrasta ilość komórek ziarnistych tworzących warstwę ziarnistą położoną na błonie podstawnej.

- **Pęcherzyki dojrzewające** (drugorzędowe) charakteryzuje intensywny rozwój komórek otaczających i występowanie osłonki pęcherzykowej zróżnicowanej na warstwę wewnętrzną (naczynia włosowate, komórki wydzielnicze) i zewnętrzną (włókna kolagenowe, nieliczne miocyty).
- **Pęcherzyki dojrzałe** (trzeciorzędowe, Graafa) największe, o średnicy nawet powyżej 1 cm zajmując całą szerokość jajnika. W warstwie **komórek ziarnistych** powstają drobne **jamki**, które łącząc się z sobą tworzą **jamę pęcherzykową** wypełnioną płynem, a „**komórka jajowa**” zostaje przemieszczona w kierunku bieguna pęcherzykowego. Z części komórek ziarnistych tworzy się **wzgórek jajonośny** wpuklający się do jamy pęcherzyka, natomiast z pozostałych dość gruba **warstwa ziarnista**, z zewnątrz której znajduje się **osłonka pęcherzykowa** złożona z warstwy wewnętrznej i zewnętrznej. Pęcherzyk Graafa wytwarza **hormony steroidowe i polipeptydowe**. Biosynteza estrogenów związana jest z dwoma rodzajami komórek. Komórki warstwy wewnętrznej osłonki pęcherzykowej produkują **androgeny**, które w komórkach warstwy ziarnistej ulegają przekształceniu w **estrogeny** (estradiol, estriol i estron). Przez komórki ziarniste produkowana jest również **inhibina**, hamująca wydzielanie folitropiny (FSH). W płynie pęcherzykowym poza estrogenami stwierdzono obecność **kwasy hialuronowego** i czynników **pobudzających** lub **hamujących** przyłączenie **lutropiny** (LH). Pod wpływem LH, w połowie 28-dniowego cyklu mie-

siączkowego (z reguły pomiędzy 13-16 dniem) dochodzi do **owulacji/jajeczkowania** (pęknięcia pęcherzyka Graafa i uwolnienia **oocytu II rzędu** na etapie metafazy mejozy II). **Oocyt II rzędu** pokryty jest **osłonką przezroczystą** i **wieńcem promienistym** zbudowanym z warstwy komórek ziarnistych przylegających bezpośrednio do osłonki. W takiej postaci „komórka jajowa” zostaje uwolniona do jajowodu. W okresie pełnej czynności płciowej kobiety z 400 000 – 500 000 oogonii dojrzewa zaledwie nieco ponad 400. U kobiet dojrzałych dominują **pęcherzyki jajnikowe dojrzewające i dojrzałe**.

Oprócz ww. pęcherzyków w jajniku występują także **pęcherzyki zanikowe** (atrezyjne). W okresie reprodukcyjnym jednocześnie dojrzewa kilkanaście pęcherzyków jajnikowych, a tylko jeden osiąga pełny rozwój zakończony owulacją, natomiast pozostałe ulegają **atrezji** (degeneracji).

Ciałko żółte. Po owulacji komórki ziarniste **wzgórka jajo-nośnego i otaczające pęcherzyk** przekształcają się w **ciałko żółte** (*corpus luteum*). Komórki te gromadzą w cytoplazmie **lipidy** i **luteinę** (barwnik żółty) i stają się dużymi **komórkami luteinowymi**, syntetyzującymi steroidy. Odpowiedzialne są one za biosyntezę i uwalnianie **progesteronu** oraz hormonów peptydowych: **oksytocyny** indukującej skurcze macicy i **relaksyny** – rozluźniającej spójnie łożonowe, ułatwiając akcję porodową. Z komórek warstwy wewnętrznej osłonki pęcherzykowej tworzą się mniejsze komórki **paraluteinowe**, które syntetyzują również hormony steroidowe w postaci **estrogenów**. Ciałko żółte pokrywa torebka łącznotkankowa z naczyniami krwionośnymi.

Jeśli nie dojdzie do zapłodnienia to ciałko żółte pełni swą funkcję przez 14 dni jako **ciałko żółte menstruacyjne/miesiączkowe**, po czym zanika przekształcając się w **ciałko białawe** (*corpus albicans*). Natomiast po **zapłodnieniu i implantacji blastocysty** rozwijająca się kosmówka wytwarza **gonadotropinę łożyskową** (HCG), powodując przekształcenie **ciałka menstruacyjnego w ciałko żółte ciążowe** (*corpus luteum graviditatis*), funkcjonujące do momentu wykształcenia łożyska (ok. 16 tygodnia ciąży). Zarówno **ciałko żółte menstruacyjne** pod koniec cyklu miesiączkowego, jak i **ciałko żółte ciążowe** pod koniec ciąży ulegają **degeneracji**.

Gruzoł śródmiąższowy położony jest w **zrębie łącznotkankowym kory jajnika** w postaci skupisk dużych komórek, leżących obok naczyń krwionośnych. Pod kontrolą gonadotropin przysadki mózgowej produkują i uwalniają **estrogeny**.

Rdzeń jajnika zbudowany jest z **tkanki łącznej włóknistej luźnej**, zawierającej liczne **włókna sprężyste**, naczynia krwionośne oraz pojedyncze **komórki mięśniowe gładkie**. W okolicach **wnęki jajnika** położone są **komórki wnękowe** produkujące **androgeny**, których przerost może prowadzić do **maskulinizacji** u kobiet.

[Ryc. 59 patrz: Jajnik na przekroju poprzecznym, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Cykl jajnikowy – przebiega przeciętnie w okresie 28 dni i polega na zmianach dokonujących się w jajniku pod wpływem **gonadotropin**, tj. folitropiny (FSH) i lutropiny (LH), których sekrecja kontrolowana jest przez **gonadoliberyny** podwzgórza.

Tab. 12. Hormony uczestniczące w cyklu jajnikowym.

Lp.	Hormon	Znaczenie	
1	Folitropina (FSH)	Produkowana jest do 14 dnia cyklu, wpływa na dojrzewanie pęcherzyków jajnikowych i biosyntezę estrogenów.	Jako gonadotropiny odpowiedzialne są za powstanie ciała żółtego oraz biosyntezę estrogenów.
2	Lutropina (LH)	Intensywnie wydzielana jest około 14 dnia cyklu miesięcznego, wywołując owulację.	
3	Estrogeny i inhibina	Hamują stopniowo uwalnianie się FSH.	
4	Progesteron	Hamuje wydzielanie LH (sprzężenie zwrotne)	

Na cykl jajnikowy składają się dwie fazy, tj. folikularna i lutealna.

- **Faza folikularna** (pęcherzykowa/estrogenowa) – podczas której **FSH indukuje** wzrost 10-20 pęcherzyków jajnikowych. **Komórki ziarniste** zaczynają uwalniać **estrogeny**, których stężenie po kilku dniach wzrasta, powodując w następstwie stopniowe **hamowanie** wydzielania **FSH**, co wpływa degenerująco na pęcherzyki jajnikowe (atrezja). Tylko ten **pęcherzyk jajnikowy**, w którym doszło do wystarczająco dużej **bioakumulacji estrogenów** rośnie i rozwija się.

Około **14 dnia cyklu** podnosi się stężenie **LH** i następuje **owulacja**. Podwyższone stężenie LH zwiększa aktywność enzymu **hialuronidazy** powodującej depolimeryzację **kwasu hialuronowego**, a w sekwencji **wzrost ciśnienia osmotycznego** płynu pęcherzyka Graafa prowadząc do jego **pęknięcia**. Wzrost stężenia LH pobudza także

komórki ziarniste do biosyntezy czynnika metabolizującego **plazminogen** w **plazminę**, stymulującą **kolagenazę** hydrolizującą **kolagen** obecny w elementach pęcherzyka, błonie białawej i w zrębie jajnika. Wymienione przemiany biochemiczne **ułatwiają pęknięcie pęcherzyka Graafa** i uwolnienie komórki jajowej do strzępków jajnikowej części jajowodu.

- **Faza lutealna** (progesteronowa) – rozpoczyna się tuż po **owulacji** i wiąże się z powstaniem **ciałka żółtego** produkującego **progesteron** (przygotowujący endometrium macicy do przyjęcia zarodka na etapie blastocysty i gruczołów mlekowych do produkcji mleka), **estrogeny**, a także **oksytocynę**, **inhibinę** i **relaksynę**. **Progesteron** wytwarzany jest w dalszym etapie embriogenezy również przez **komórki syncytiotrofoblastu kosmówki**. **Ciałko żółte** zależnie od dalszych losów może istnieć jako **ciałko menstruacyjne** lub **ciążowe**, które po pewnym czasie degenerują i ulegają autolizie.

8.3.3. Jajowody

Jajowód (*tuba uterina*) jest **parzystym cewkowanym przewodem** biorącym początek w **jamie otrzewnej**, w pobliżu jajnika a uchodzącym do **jamy macicy**, na brzegu trzonu, w pobliżu jej dna. Służy do przyjęcia i przenoszenia „komórki jajowej” z jajnika do jamy macicy. Jego **długość** waha się od **10 – 12 cm**, natomiast **średnica** od **3 – 9 mm**.

W jajowodzie wyróżnia się:

- **ujście brzuszne jajowodu** – łączące światło jajowodu z jamą otrzewnej,

- **lejek jajowodu** – rozszerzony początek jajowodu, utworzony przez pędzelkowate wypustki zwane **strzępkami jajowodu**; ogranicza on ujście brzuszne i wychwytuje „jaja” do jajowodu (strzępek jajnikowy),
- **bańkę jajowodu** – środkową część jajowodu (2/3 jego długości), zwężająca się w kierunku macicy,
- **cieśń jajowodu** – przyśrodkowa część jajowodu (1/3 jego długości),
- **część maciczną** – inaczej śródścienną, bowiem przebiega w ścianie macicy,
- **ujście maciczne jajowodu** – otwór jajowodu otwierający się do jamy macicy.

Jajowód biegnie w górnej części **więzadła szerokiego macicy** (leży wewnątrztrzewnowo). Otaczająca jajowód część niniejszego więzadła nosi nazwę **krezki jajowodu**.

[Ryc. 61 patrz: Ogólna budowa jajowodu, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Ściana jajowodu jest trójwarstwowa. Zbudowana jest z następujących warstw:

- **blony śluzowej** – tworzącej liczne **faldy** o przebiegu równoległym do długiej osi jajowodu, pokrytej **jednowarstwowym nabłonkiem walcowatym migawkowym** i **nabłonkiem gruczołowym**, które zbudowane są z **komórek migawkowych, wydzielniczych, klinowatych** i **śródbłonkowych limfocytów T** (w stanach zapalnych faldy mogą się połączyć i spowodować **niedrożność** jajowodu),
- **blony mięśniowej** – dobrze wykształconej, złożonej z **okrężnej warstwy wewnętrznej** i **zewewnętrznej – podłużnej**, które uczestniczą w przemieszczaniu komórki

jajowej w kierunku macicy; najlepiej wykształcona w cieśni jajowodu,

- **blony zewnętrznej** – surowiczej będącą otrzewną trzewną **pokrytą nabłonkiem jednowarstwowym płaskim** pod którym występuje cienka warstwa **tkanki łącznej luźnej**.

Zsynchronizowane ruchy **rzęsek nabłonka** odbywają się w kierunku jamy macicy, uczestnicząc w przesuwaniu się „jaja”. Ten proces regulowany jest także przez estrogeny, progesteron i prostaglandyny.

Unaczynienie: **t. jajnikowa** i **t. maciczna**. Unerwienie: **nn. trzewne miedniczne** i **pnie współczulne**.

[Ryc. 62 patrz: Budowa ścianki jajowodu, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

8.3.4. Macica (*uterus*) – budowa wraz z aparatem wieszadłowym

Macica – narząd nieparzysty, gruszkowatego kształtu o grubej ścianie mięśniowej, **długości 7 – 9 cm** i **masie od 50 – 60 g**.

W macicy wyróżnia się:

- **trzon macicy** – występujący w jej części górnej, budujący około 2/3 macicy; górna, zaokrąglona część trzonu położona powyżej ujść jajowodów nosi nazwę **dna macicy**,
- **szyjkę macicy** – znajdującej się w części dolnej, stanowiącą 1/3 część tego narządu; na pograniczu trzonu i szyjki leży **cieśń macicy**; dolną część szyjki obejmuje górna część pochwy, dzieląca szyjkę na **część nadpochwową** i **część pochwową**.

Nadto w macicy wyróżnia się **brzegi** prawy i lewy, **powierzchnię pęcherzową**, **powierzchnię jelitową**, **ujście macicy** ograniczone wargą przednią i tylną oraz **kanal szyjki macicy**.

Macica położona jest pośrodkowo, wewnątrztrzewnowo w **miednicy mniejszej**. **Trzon macicy** względem **szyjki** jest zgięty ku przodowi pod kątem **70° – 100°**, co nazywamy **przodozgięciem**. Pochylenie do przodu całej macicy w stosunku do osi miednicy stanowi tzw. **przodopochylenie**

Macicę utrzymuje w tym położeniu **aparat wieszadłowy**, w skład którego wchodzi:

- **więzadło szerokie macicy** – **fald otrzewnej** przebiegający poprzecznie przez miednicę mniejszą pomiędzy jej bocznymi ścianami, obejmujący macicę, jajowody i jajniki,
- **więzadło obłe macicy** – łącznotkankowe powrózki przebiegające od brzegów macicy, przez jamę miednicy, kanały pachwinowe do tkanki tłuszczowej warg sromowych większych,
- **więzadło odbytniczo-maciczne**,
- **więzadło pęcherzowo-maciczne**, **aparat podporowy** – utworzony przez mięśnie dna macicy mniejszej, tj. przepona moczowo-płciowa.

[Ryc. 63 patrz: Ogólna budowa macicy wraz z aparatem wieszadłowym, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Ściana macicy zbudowana jest z trzech błon.

- **Błona śluzowa (endometrium)** – wyściela macicę od wewnątrz, pozbawiona podśluzówki, przylega bezpośrednio do mięśni. W obrębie trzonu jest gładka, natomiast w okolicy szyjki macicy na ścianie przedniej i tylnej tworzy **faldy pierzaste**, tzw. drzewo życia, bowiem często zagnieżdża się tu zapłodniona komórka jajowa. Pokryta jest **nabłonkiem jednowarstwowym walcowatym**, z pojedynczymi **komórkami migawkowymi**, zagłębiającym się w blaszkę właściwą, zawierającym cewkowane

gruczoły maciczne i szyjkowe, wydzielające śluz. **Błaszka właściwa** zbudowana jest z **tkanki łącznej** z dużą ilością **włókien siateczkowych** i **komórek gwiaździstych**. Zróznicowana jest ona na **powierzchniową warstwę czynnościową**, która podczas krwawienia złuszcza się wraz z nabłonkiem i pod nią położoną **warstwę podstawną**. Błona śluzowa macicy po osiągnięciu dojrzałości płciowej podlega okresowym zmianom w cyklu miesięcznym oraz podczas ciąży. **Pierwsza miesiączka** (*menarche*) ma miejsce w wieku **11 – 13 lat**, natomiast ostatnia występuje w okresie **przekwitania** (*climacterium*), tj. między **45 a 55 rokiem życia**.

- **Błona mięśniowa** (*myometrium*) – zwana **mięśniami macicznym** w którym biegną pęczki mięśni gładkich tworzących rodzaj sieci dobrze wykształconej, szczególnie u kobiet ciężarnych u których długość włókien mięśniowych zwiększa się z 40 – 90 μm do 500 – 1000 μm . Należy do najlepiej wykształconej warstwy macicy, zbudowanej z trzech pokładów dużych miocytów gładkich:
 - a) warstwy podśluzowej** – o podłużnym układzie mięśni,
 - b) warstwy naczyniowej** – najgrubszej, o skośny / okrężnym układzie silnie unaczynionych mięśni,
 - c) warstwy nadnaczyniowej** – podłużnym układzie mięśni; **miocyty** łączy między sobą **tkanka łączna** z włóknami kolagenowymi, sprężystymi i siateczkowymi; podczas ciąży przyrasta myometrium dzięki podziałom miocytów i obecności komórek tkanki łącznej; natomiast po porodzie zachodzi proces **złuszczenia miocytów** i ich rozpad przy udziale **makrofagów**; w czasie porodu na intensywność skurczów mięśniówki wpływa

oksytocyna i **prostoglandyny**, a ich dynamika zależy od stężenia estrogenów; wymienione hormony znoszą działanie progesteronu, hamującego skurcze muometrium.

- **Błona surowicza** (*perimetrium*) – będąca **otrzewną trzewną** (omacicze) osłania od zewnątrz macicę, na powierzchni której położony jest **nabłonek jednowarstwowy płaski**.

[Ryc. 64 patrz: Budowa ścianki macicy, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

8.3.5. Tworzenie się i budowa łożyska

Łożysko jako narząd powstaje z połączenia **błony śluzowej** (endometrium) **macicy** i błony płodowej – **kosmówki** otaczającej zarodek. W **fazie sekrecyjnej** cyklu miesięcznego **błona śluzowa macicy** (doczesna) ulega **rozpulchnieniu**, przygotowując się do **przyjęcia/implantacji** zarodka będącego na etapie **blastocysty**. Ścianę blastocysty tworzy **trofoblast**, a do jej jamy wpukła się grupa komórek stanowiących **embrioblast** (węzeł zarodkowy). **Trofoblast** przejawiający dużą inwazyjność składa się z części zewnętrznej, zwanej **syncytiotrofoblastem**, która zatracą charakter komórkowy i głębszej warstwy, o budowie komórkowej nazywanej **cytotrofoblastem**. **Syncytiotrofoblast** penetruje endometrium macicy. Doczesna w której zagnieżdża się zarodek nazywa się **doczesną podstawową** nad którą znajduje się błona płodowa – **kosmówka**. Palczaste wypustki kosmówki, zwane **kosmkami** w swym zrębie zawierają **naczynia krwionośne** (odgałęzienia żyły i tętnic pępowi-

nowych). W łożysku pomiędzy kosmówką a doczesną podstawową występuje **przestrzeń międzykosmkowa** wypełniona krwią pochodzącą z tętnic spiralnych macicy. Kosmki zanurzone w krwi to najaktywniejsze miejsce wymiany różnych substancji w łożysku. Miejsce ścisłego połączenia się części płodowej z maczyną nosi nazwę **łożyska prawdziwego**. Wykazuje ono kształt **tarczy** o średnicy 15-20 cm i grubości 1,5-3 cm.

Łožysko jednocześnie spełnia funkcję **gruczołu dokrewnego**, bowiem produkuje **gonadotropinę łożyskową** (HCG), wpływającą na produkcję hormonów ciała żółtego, które przekształca się w ciało ciążowe, a także **kortykoidy**, **hormon wzrostowy** (HPL), **reninę** i tuż przed porodem **relaksynę**. Nadto stanowi **barierę morfologiczno-immunologiczną** zabezpieczając płód przed przenikaniem substancji szkodliwych, pośredniczy w **wymianie gazowej** między organizmem matki a rozwijającym się płodem, uczestniczy w **pobieraniu substancji odżywczych** i **gromadzeniu** witamin, węglowodanów, tłuszczów i substancji mineralnych.

8.3.6. Pochwa (*vagina*).

Pochwa to nieparzysty przewód mięśniowo-błoniasty, łączący **macicę** z **przedSIONKIEM pochwy**, pośredniczący we wprowadzaniu nasienia do narządów płciowych żeńskich. Długość pochwy waha się od 6 – 12 cm. W **pochwie** wyróżnia się **ścianę przednią** i **tylną**, które stykając się z sobą tworzą szczelinowate światło. Górna część pochwy jest rozszerzona i tworzy zachyłki – **sklepienia pochwy: tylne, boczne**

i **przednie**. Jej średnica wynosi **2 – 3 cm**, przy czym najmniejsza jest w części przeponowej, największa – w części obejmującej szyjkę macicy, natomiast długość – od **5 do 14 cm**.

[Ryc. 65 patrz: Budowa pochwy, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Pochwa łącząca się z **przedsionkiem pochwy** położona jest w miednicy mniejszej. W pozycji stojącej przebiega skośnie od tyłu i góry do przodu i ku dołowi.

Ściana pochwy o grubości około 3 mm składa się z trzech warstw, tj. błony śluzowej, mięśniowej i zewnętrznej.

- **Błona śluzowa** – ściśle zrośnięta z warstwą mięśniową, pokryta **nabłonkiem wielowarstwowym płaskim** nie mającym gruczołów, charakteryzującym się intensywnym złączaniem komórek. Pod nabłonkiem znajduje się blaszka właściwa, którą buduje tkanka łączna luźna z gęstą siecią włókien sprężystych. Błona śluzowa zwilżana jest poprzez śluz pochodzący z gruczołów szyjki i obfitą wydzielinę bezśluzową o odczynie kwaśnym, wytwarzaną przez komórki śródbłonka. Wytwarza ona w ścianach pochwy **ślup przedni i tylny zmarszczek**.
- **Błona mięśniowa** – złożona z dwóch warstw włókien mięśniowych gładkich, tj. **wewnętrznej** – o przebiegu **okrężnym** i **zewnętrznej** – **podłużnym**. Warstwy te otacza tkanka łączna właściwa wraz z włóknami sprężystymi i naczyniami krwionośnymi. W części dolnej pochwę otacza pierścień włókien mięśni poprzecznie prążkowanych, określane jako **m. opuszkowo-gąbczasty**.
- **Błona zewnętrzna/przydanka** – stanowi cienką warstwę tkanki łącznej zbitej i luźnej z licznymi włóknami sprę-

żyistymi, naczyniami krwionośnymi i pojedynczymi mio-
cytami, łączącej pochwę z narządami sąsiednimi.

W **przedsionku pochwy** znajdują się ujścia **gruczołów przedsionkowych mniejszych i większych**.

8.3.7. Srom niewieści (*pudendum femininum*).

W skład sromu niewieściego wchodzi:

- **wzgórek łonowy** (*mons pubis*),
- **wargi sromowe większe** (*labia maiora pudendi*) – połączone **spoidłem przednim i tylnym warg** (*commissura laborium anterior et posterior*), ograniczających **szparę sromu** (*rima pudendi*),
- **wargi sromowe mniejsze** (*labia minora pudendi*) – ograniczające **przedsionek pochwy** (*vestibulum vaginae*),
- **lechtaczka** (*clitoris*) – występuje powyżej **warg sromowych mniejszych**; jest narządem o zbliżonej budowie do prącia; zbudowana jest z dwóch słabo wykształconych **ciał jamistych lechtaczki** – prawego i lewego, oddzielonych **przegrodą ciał jamistych**, otoczonych **bloną białawą** i zakończonych szczątkową **żołądźką lechtaczki**.

Poniżej lechtaczki, w przedsionku pochwy, znajduje się **ujście zewnętrzne cewki moczowej**. Wejście do pochwy w okresie dorastania zamknięte jest **bloną dziewiczą** (*hymen*). Ulega ona rozerwaniu (defloracja) podczas pierwszego aktu płciowego. W efekcie pozostaje wąski rąbek błony śluzowej, tzw. **strzępki błony dziewiczej**.

[Ryc. 66 patrz: Srom niewieści, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

9. UKŁAD NERWOWY

Układ nerwowy najwyższy poziom w rozwoju ewolucyjnym osiągnął u **człowieka** (*Homo sapiens*), należącego do rzędu **naczelnych** (*Primates*). Charakterystycznym jego atrybutem jest pobudliwość, czyli zdolność reagowania – dzięki specjalnym receptorom – na bodźce zarówno zewnętrzne (exteroreceptory) i wewnętrzne (interoreceptory).

Układ nerwowy przystosowany jest do pełnienia następujących funkcji:

- zapewnia **łącność** organizmu ze światem zewnętrznym, która jest niezbędna dla jego egzystencji, bowiem z niego pobiera substancje do budowy własnego ustroju, a tym samym służy do podtrzymania podstawowych procesów życiowych oraz ochrony ustroju przed czynnikami środowiskowymi zagrażającymi życiu,
- **integruje czynności** poszczególnych narządów i układów organizmu, sprawując jednocześnie nad nimi **kontrolę**.

9.1. Klasyfikacja układu nerwowego

Podstawowym kryterium podziału układu nerwowego jest jego **topografia** i **fizjologia**. Uwzględniając **topografię** układ nerwowy dzielimy na dwie części, tj.:

- **układ nerwowy ośrodkowy** (*systema nervosum centrale*) – zróżnicowany jest na **mózgowie** (*encephalon*), które dzieli się na pięć części: **kresomózgowie** (*telencephalon*),

międzymózgowie (*diencephalon*), czyli **pień mózgu** (*truncus cerebri*), **śródmózgowie** (*mesencephalon*), **tyłomózgowie wtórne** (*metencephalon*), **rdzeniemózgowie** (*myelencephalon*), czyli **rdzeń przedłużony** (*medulla oblongata*) oraz **rdzeń kręgowy** (*medulla spinalis*),

- **układ nerwowy obwodowy** (*systema nervosum periphericum*) – tworzą **nerwy czaszkowe** (*nervi craniales*) w ilości 12 par, które oznaczone są cyframi rzymskimi i **nerwy rdzeniowe** (*nervi spinales*) z reguły w liczbie 31 par,

Ze względu na **fizjologię** układ nerwowy również dzielimy na dwie części:

- **układ nerwowy somatyczny** (*systema nervosum somaticum*), inaczej animalny – zróżnicowany na dwa układy, których efektorami są mięśnie poprzecznie prążkowane szkieletowe, tj.:
 - a) **układ piramidowy** (*systema pyramidale*) – steruje ruchami **świadomymi**,
 - b) **układ pozapiramidowy** (*systema extrapyramidale*) – kieruje ruchami **zautomatyzowanymi** i **napięciem mięśniowym**, uczestniczy także w utrzymaniu **prawidłowej postawy ciała**.
- **układ nerwowy autonomiczny** (*systema nervosum autonomicum*), inaczej wegetatywny – zróżnicowany na dwie części, których efektorami są mięśnie gładkie, gruczoły i poprzecznie prążkowany mięsień sercowy, tj.:
 - a) **część współczulną** (*pars sympathica*),
 - b) **część przywspółczulną** (*pars parasympathica*) – charakteryzująca się odmienną budową i czynnościami.

Układ nerwowy **somatyczny** w stosunku do **autonomicznego** charakteryzuje się:

- znacznie **równomierniejszym** rozmieszczeniem ośrodków nerwowych w mózgowiu i rdzeniu,
- brakiem **zwojów nerwowych** w przebiegu odśrodkowych włókien nerwowych,
- obecnością **osłonki mielinowej i neurolemy** w większości nerwów,
- **szybszym** przewodzeniem impulsów nerwowych, bowiem od około **12 – 120 m/s**, w stosunku do około **0,4 – 1,5 m/s** w układzie autonomicznym,
- występowaniem tylko i wyłącznie **cholinergicznym** zakończeń nerwowych, gdy w układzie autonomicznym spotykamy dwa ich rodzaje, tj. zakończenia **cholinergiczne** oraz **adrenergiczne**.

9.2. Główne etapy rozwoju układu nerwowego

Układ nerwowy ośrodkowy ma pochodzenie **ektodermalne**. W płaszczyźnie pośrodkowej, wzdłuż grzbietowej części zarodka (stadium gastruli) powstaje zgrubienie w postaci **plytki nerwowej** (*lamina neuralis*), która w dalszym etapie rozwoju przekształca się w **rynienkę/bruzdę nerwową** (*sulcus neuralis*). Po zrośnięciu się jej brzegów tworzy się **cewka nerwowa** (*tubus neuralis*) o ścianie jednowarstwowej. Opisany etap rozwoju ma miejsce w 3 – 4 tygodniu życia płodowego, kiedy długość zarodka waha się od 1,2 – 1,8 mm.

W wyniku intensywnego rozmnażania się komórek powstaje wielowarstwowa ściana cewki, w której wyróżnia się dwójki rodzaju komórki:

- **neuroblasty** – rozwijają się z nich **neurocyty**,

- **glioblasty** – rozwijają się z nich **komórki neurogleju**, pełniące funkcję podporową, wzmacniającą, ochronną i odżywczą względem neurocytów.

Większość tych komórek ulega różnicowaniu się (dyferencjacji) około 5 tygodnia życia.

W dalszym etapie rozwoju **cewka** zagłębia się w ciele zarodka i zostaje otoczona przez komórki mezenchymy, z której wykształcają się wokół niej błony łącznotkankowe, zwane **oponami** i elementy **szkieletowe**.

We wczesnych okresach embriogenezy przedni odcinek cewy ulega pęcherzykowatemu rozszerzeniu, które stanowi **zawiązek mózgowia**.

Z **dorsalnych odcinków rynienki** zrastającej się w cewkę nerwową wyodrębniają się **blaszki zwojowe** – lewe i prawe, z których powstają **zwoje rdzeniowe** układu somatycznego i **zwoje przykręgowe** części współczulnej układu autonomicznego.

Wykształcony pęcherzykowaty zawiązek mózgowia dzieli się na trzy połączone ze sobą **pęcherzyki mózgowie pierwotne**:

1. **przodomózgowie** (*prosencephalon*),
2. **śródmózgowie** (*mesencephalon*),
3. **tyłomózgowie** (*rhombencephalon*), łączące się z zawiązkiem rdzenia kręgowego.

W następnym etapie z przodomózgowia, jak i tyłomózgowia powstają po dwa pęcherzyki mózgowie wtórne:

1. przodomózgowie:
 - a) **kresomózgowie** (*telencephalon*),
 - b) **międzymózgowie** (*diencephalon*).
2. śródmózgowie (*mesencephalon*)
3. tyłomózgowie:

- a) **tyłomózgowie wtórne** (*metencephalon*),
- b) **rdzeniemózgowie** (*myelencephalon*) = **rdzeń przedłużony** (*medulla oblongata*) – przechodzi w rdzeń kręgowy.

Związek mózgowia przyjmuje więc postać połączonych ze sobą pęcherzyków, które dalej rozwijają się w ciasnej jamie czaszki, gdzie tworzą się charakterystyczne **zgięcia**:

- a) **głowe** – w obrębie śródmózgowia, wypukłość grzbietowa,
- b) **szyjne** – na granicy tyłomózgowia i rdzenia kręgowego, wypukłość grzbietowa,
- c) **mostowe** – z wypukłością brzuszna.

W późniejszym okresie rozwoju pozostaje zgięcie głowe, natomiast szyjne prostuje się a mostowe zanika, w związku z rozwojem mostu i mózdzku.

Rozwój pęcherzyków mózgowych wtórnych jest **nierównomierny**, przy czym najszybciej rozwija się **kresomózgowie**, w płaszczyźnie pośrodkowej którego wykształca się **szczelina** dzieląca je na dwie półkule – **prawą i lewą**. Półkule rozrastają się i przykrywają pozostałe części mózgowia. Na powierzchni półkul lokalizują się **komórki neurocytów**, tworząc **plaszcz** (istotę szarą), natomiast część z nich przemieszcza się w głąb półkul, gdzie powstają zawiązki **jąder kresomózgowia**. Z uwagi na intensywny rozwój **kresomózgowia**, jak i nader istotne jego znaczenie nazywamy je **mózgiem** (*cerebrum*). Pozostałe pęcherzyki przekształcają się w **pień mózgu** (*truncus cerebri*).

Wszystkie pęcherzyki zachowują światło, przekształcające się w nierównomierne przestrzenie, zwane **komorami mózgu**, wypełnionymi **plynem mózgowo-rdzeniowym**. Ze światła i pęcherzyka mózgowego wtórnego, czyli **kresomózgowia** podzielonego na dwie półkule powstaje **komora prawa i lewa**,

łączące się otworami międzykomorowymi z **komorą trzecią** znajdującą się w II pęcherzyku wtórnym – **miedzymózgowiu**. W III pęcherzyku – **śródmózgowiu** światło zachowało się jako wąski przewód – **wodociąg mózgu**, łączący komorę trzecią z czwartą. Komorę czwartą stanowi połączone światło IV i V pęcherzyka mózgowego wtórnego, czyli **tyłomózgowia wtórnego** i **rdzeniomózgowia/rdzenia przedłużonego**. Łączy się ona ze światłem **rdzenia kręgowego**. Grzbietowa i boczne ściany IV pęcherzyka mózgowego wtórnego inicjują rozwój **mózdzku**, natomiast część brzuszna – **mostu**. Z V pęcherzyka mózgowego wtórnego powstaje **rdzeń przedłużony**.

[Ryc. 67 patrz: Rozwój mózgowia, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

9.3. Podstawowe elementy strukturalne układu nerwowego

Z neurocytów zbudowane są podstawowe elementy morfologiczne układu nerwowego.

- 1) Neurocyty tworzą jądra nerwowe i korę mózgową.
 - a) **Jądra nerwowe** – skupienia **ciał komórkowych** neurocytów w układzie ośrodkowym, połączone ze sobą włóknami nerwowymi oraz innymi częściami układu nerwowego, a także organami. **Jądra nerwowe** ośrodkowego układu nerwowego biorące udział w określonych **funkcjach fizjologicznych** nazywamy **ośrodkami nerwowymi**, np. regulujące funkcje oddechowe, połykania, termoregulacji i inne.
 - b) **Kora mózgowia** – warstwa **ciał komórkowych** neurocytów pokrywających powierzchnię półkul mózgowych.

- Znajdują się w niej wyspecjalizowane pola i ośrodki. Kora mózgowa i jądra nerwowe tworzą **istotę szarą**,
- c) **Zwoje nerwowe** – zespoły neurocytów występujące **poza układem ośrodkowym**, np. zwoje rdzeniowe układu somatycznego, zwoje trzewne układu autonomicznego....
- 2) Skupienia włókien nerwowych tworzą drogi nerwowe i nerwy oraz sploty nerwowe.
- a) **Drogi nerwowe i nerwy** – włókna nerwowe (neuryty) przewodzące impulsy nerwowe z układu ośrodkowego na obwód tworzą **drogi odśrodkowe**, kierujące funkcjami **ruchowymi** i **wydzielniczymi**. Włókna nerwowe przewodzące impulsy w kierunku przeciwnym, tj. z obwodu ku ośrodkom nerwowym tworzą **drogi dośrodkowe** – **czuciowe**. Włókna łączące ośrodki nerwowe i części mózgowia nazywamy **włóknami kojarzeniowymi** (asocjacyjnymi). Budują one w całości **istotę białą** mózgowia i rdzenia kręgowego. Włókna te biegną częściowo w istocie szarej. Pęczki włókien wychodzące poza mózgowie i rdzeń tworzą **nerwy**, które pod względem fizjologicznym zróżnicowane są na: **czuciowe** (sensoryczne), **ruchowe** (motoryczne i **wedertatywne** – złożone z włókien układu autonomicznego). Większość nerwów ma charakter **mieszany**, bowiem zawierają wiązki nerwów ww. rodzajów.
- b) **Sploty nerwowe** – sąsiadujące z sobą nerwy łączą się w **pęczki**, po czym znów **rozdzielają się** tworząc np. splot szyjny, ramienny, lędźwiowy, krzyżowy ... Sploty nerwowe **układu autonomicznego** położone są na narządach, np. splot nerkowy, sercowy, trzewny, krezkowy ...

9.4. Ośrodkowy układ nerwowy

W skład ośrodkowego układu nerwowego wchodzi **mózgowie** (*encephalon*), położone w jamie czaszki i **rdzeń kręgowy** (*medulla spinalis*), biegnący w kanale kręgowym. Mózgowie, jak i rdzeń kręgowy zbudowane są z dwóch substancji, tj.: **istoty szarej i białej**.

9.4.1. Topografia i budowa histologiczna istoty szarej i białej

Istota szara położona jest na zewnątrz, w części obwodowej mózgowia, tworząc **korę mózgu** i **korę mózdzku**, natomiast jej skupiska znajdujące się w istocie białej tworzą **jądra**. W rdzeniu kręgowym **istota szara** wypełnia **centralną część rdzenia**. Zbudowana jest ona z **neurocytów** położonych na podściółce glejowej, w skład której wchodzi **astrocyty, oligodendrocyty i komórki mikrogleju**.

Istota szara w obrębie **kory mózgu** zróżnicowana jest na sześć warstw komórek, tj.:

- **drobinową** (splotową) – główną masę tworzy tkanka glejowa, w której rozmieszczone są neurocyty gruszkowate/wrzecionowate o równoległym przebiegu wypustek biegnących do powierzchni kory,
- **ziarnistą zewnętrzną** – zawierającą dużą liczbę niewielkich zaokrąglonych, wielokątnych lub trójkątnych neurocytów z aksonami skierowanymi do istoty białej,

- **piramidalną zewnętrzną** – w części peryferyjnej wyposażoną w neurocyty piramidowe średniej wielkości, a w części głębiej położonej w komórki większe i rzadziej rozmieszczone,
- **ziarnistą wewnętrzną** – zbudowaną z małych i dużych gwiazdzistych neurocytów,
- **piramidalną wewnętrzną** – z dużymi neurocytami piramidowymi, zwanymi komórkami ruchowymi (Betza),
- **komórek różnokształtnych** – sąsiadujących z istotą białą

[Ryc. 68 patrz: Schemat warstw istoty szarej kory mózgu, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Budowę warstwową wykazuje także **kora mózdzku**, w której wyróżniamy trzy warstwy komórek:

- **warstwę drobinową** (splotową) – z dwoma pokładami komórek, przy czym powierzchowne są małe, gwiazdziste z rozgałęzionymi dendrytami i aksonami biegnącymi równoległe do komórek warstwy zwojowej,
- **warstwę zwojową** (komórek Purkinjego) – w której duże gruszkowate komórki leżą pomiędzy warstwą drobinową i ziarnistą,
- **warstwę ziarnistą** – położoną najbliżej istoty białej, z małymi i dużymi komórkami ziarnistymi.

W **rdzeniu kręgowym istota szara** leży w części **środkowej** i składa się z parzystych zgrubień w postaci **rogów przednich** i **rogów tylnych**, przypominając literę H lub motyla oraz zgrubień bocznych w segmentach piersiowych. Zbudowana jest z wielkich, wielobiegunowych **neurocytów ruchowych**, układających się równoległe do osi rdzenia i małych wielokątnych, wrzecionowatych **komórek powrózkowatych**.

Istota biała zbudowana jest z **włókien nerwowych** leżących na **podścielisku glejowym** złożonym z astrocytów, oligodendrocytów i komórek mikrogleju.

Wyróżnia się trzy rodzaje **włókien nerwowych istoty białej** mózgu:

- **projekcyjne** – zbudowane z włókien długich łączących odległe obszary ośrodkowego układu nerwowego,
- **spoidłowe** – łączą symetryczne części ośrodkowego układu nerwowego,
- **kojarzeniowe** – łączą takie same elementy ośrodkowego układu nerwowego, jak np. płaty półkul mózgu.

W **mózgu** i **móźdżku istota biała** zlokalizowana jest **centralnie**, a **istota szara** występuje **obwodowo**, natomiast w **rdzeniu kręgowym** relacje są odwrócone, tj. **istota biała** w postaci trzech symetrycznych sznurów **otacza** centralnie położoną **istotę szarą**. Istota biała pnia mózgu zawiera skupienia istoty szarej, zwane **jądrami**.

9.4.2. Ogólna charakterystyka mózgowia człowieka

Mózgowie człowieka należy do najbardziej **zróżnicowanej** i najlepiej **rozwinętej** części układu nerwowego wśród kręgowców. Do cech zasługujących na szczególnie wyróżnienie należą:

- **dominacja mózgowia** nad rdzeniem kręgowym, bowiem jego masa jest około 43 razy większa,
- **najwyższy** wskaźnik stosunku masy **mózgowia** do masy **ciała**, który u człowieka wynosi 32,0, u antropoidów 7,35, natomiast u słoni 9,82,

- największy rozwój **plata czołowego** i znacznie intensywniejszy rozwój mózgu względem pnia mózgu,
- najliczniejsze **faldy**, zwane zakrętami mózgu (*gyri cerebri*), które są poroździelane **bruzdami** lub **szczelinami mózgu** (najwyższy poziom **gyryfikacji**).

[Ryc. 69 patrz: Mózgowie – widok od strony prawej, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Masa mózgowia dorosłego człowieka wykazuje zróżnicowanie **plciowe**, bowiem u mężczyzn waha się od **1375 – 1405 g**, natomiast u kobiet od **1245 – 1275 g** zależnie od wielkości ciała. (Tab. 10).

Tab. 10. Średnia masa mózgowia zależnie od wieku i płci

Wiek	Płeć męska	Płeć żeńska
Noworodek	400 g	300 g
2 lata	800 g	760 g
21 lat	1375 g	1245 g
70 lat	1285 g	1130 g

Powszechnie za **prawidłowo** rozwiniętą masę mózgowia człowieka przyjęto masę wynosząca od **1100 – 2000 g**. Przęciętna długość mózgowia wynosi 15 – 17 cm, szerokość około 12 cm, wysokość około 12 cm, natomiast objętość około 1320 cm³.

Inteligencja człowieka, poziom **sprawności** jego procesów psychicznych determinowany jest najprawdopodobniej wewnętrzną strukturą mózgowia, głównie **architektoniką kory mózgowej** a nie przez masę mózgowia, czego dowodzą różnice

między masą mózgowia ludzi wybitnych. I tak, masa mózgowia Gambetty osiągnęła wartość 1160 g, Byrona 1807 g, Turgieniewa 2012 g.

Dolne powierzchnie półkul mózgowych wraz z dolną powierzchnią pnia mózgu tworzą **podstawę mózgu**, na której – idąc od tyłu ku przodowi – wyróżniamy:

1. **rdzeń przedłużony** (*medulla oblongata*) – rozdzielony szczeliną pośrodkową przednią na wałkowate wyniosłości, zwane **piramidami** (*pyramides*), obok których bocznie leży owalny twór – **oliwka** (*oliva*),
2. **most** (*pons*) – przylega od przodu do rdzenia przedłużonego, tworzy wał poprzeczny zbudowany głównie z włókien nerwowych,
3. **konary mózgu** (*pedunculi cerebri*) [śródmózgowie] – odchodzą od przedniej, spodniej krawędzi mostu, biegną ku przodowi, bokowi i ku górze zagłębiając się w półkulach mózgowych; ograniczają one trójkątny dół międzykonarowy na dnie którego leży **istota dziurkowana tylna** z przebijającymi ją licznymi, wnikającymi do mózgu naczyniami krwionośnymi,
4. **ciała suteczkwate** (*corpora mamillaria*) [międzymózgowie] – białawe wzgórki położone ku przodowi w stosunku do istoty dziurkowanej tylnej,
5. **guz popielaty** (*tuber cinereum*) [międzymózgowie] – stanowi wypuklenie przylegające do tylnej powierzchni ciał suteczkwatych, przechodzi ku dołowi w zwięzający się **lejek** (*infundibulum*) na którym jakby zawieszona jest **przysadka mózgowa** (*hypophysis cerebri*),
6. **skrzyżowanie wzrokowe** (*chiasma opticum*) [międzymózgowie] – przylega do guza popielatego od strony przed-

niej, z każdej strony w bok i ku tyłowi odchodzi **pasmo wzrokowe** (*tractus opticus*), natomiast ku przodowi – **nerw wzrokowy** (*nervus opticus*),

7. **blaszka krańcowa mózgu** (*lamina terminalis*) [między-mózgowie] – cienka blaszka istoty szarej, położona nad skrzyżowaniem wzrokowym,
8. **istota dziurkowana przednia** (*substantia perforata anterior*) – położona bocznie i ku przodowi od skrzyżowania wzrokowego,
9. **pasmo węchowe** (*tractus olfactorius*) – położone jest na powierzchni dolnej płatów czołowych po każdej stronie, biegnie niemal równoległe względem szczeliny podłużnej mózgu, rozpoczyna się zgrubieniem – **opuszką węchową** (*bulbus olfactorius*) a kończy się w tyle **trójkątem węchowym**.

[Ryc. 69 patrz: Powierzchnia podstawna mózgu; ryc. 70. Powierzchnia przyśrodkowa mózgu, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

9.4.3. Budowa poszczególnych części mózgowia

A. Kresomózgowie (*telencephalon*)

W skład kresomózgowia wchodzi: **kresomózgowie parzyste i nieparzyste**.

Kresomózgowie parzyste w postaci **półkul mózgowych** zróżnicowane jest na **płaszcz, jądra kresomózgowia, istotę białą i komory boczne**.

Półkule mózgowie (*hemispheria cerebri*) u człowieka osiągnęły najwyższy poziom rozwoju. Oddzielone są one od siebie **szczeliną podłużną mózgu** (*fissura longitudinalis cerebri*) pod

którą widoczne jest **ciało modzelowate** (*corpus callosum*), utworzone z szerokiego i dość grubego pęczka istoty białej, łączącego dwie półkule.

Na każdej półkuli wyróżnia się trzy powierzchnie: wypukłą **górnoboczną** (*facies superolateralis*), **przyśrodkową** (*facies medialis*) i **dolną** (*facies inferior*). Łączące się z sobą powierzchnie tworzą brzegi: **górnny** (*margo superior*), **dolny** (*margo inferior*) i **przyśrodkowy** (*margo medialis*). Nadto wyróżnia się najdalej wysunięte części półkul, zwane **biegunami**, tj. **czołowy** (*polus frontalis*), **potyliczny** (*polus occipitalis*) i **skroniowy** (*polus temporalis*). W tylnej części półkul znajduje się **szczelina poprzeczna mózgu** (*fissura transversa cerebri*) oddzielająca **móżdżek** (część pnia mózgu), położony w dole tylnym czaszki.

[Ryc. 71 patrz: Półkula mózgowa – powierzchnie, brzegi i bieguny, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Płaszcz (*pallium*) utworzony jest z zewnętrznej warstwy mózgowia, zwanej **istotą szarą**, która zbudowana jest z ciał neurocytów (ich ilość szacowana jest na 9 – 14 mld). Jego **pofałdowana powierzchnia** wynosi około **2000 cm²**, natomiast **grubość** waha się od **1,5 – 5 mm**. Płaszcz zróżnicowany jest na: **korę mózgu**, **wyspę**, **węchomózgowie** i **hipokamp**.

- **Kora mózgu** – będąca największą częścią mózgu, pokrywa półkule mózgowe, w której wyróżnia się sześć warstw, które zostały wcześniej opisane.

Poszczególne fałdy płaszczu ograniczone **bruzdami** (*sulci*), nazywamy **zakrętami** (*gyri*). Najgłębsze bruzdy położone na powierzchni górnobocznej mózgowia, tj. **bruzda boczna** (*sulcus lateralis*) i biegnąca pośrodkowo – **bruzda środkowa**

(*sulcus centralis*) umożliwiły dokonanie podziału kory mózgu na poszczególne płaty: **czołowy** (*lobus frontalis*), **skroniowy** (*lobus temporalis*), **ciemieniowy** (*lobus parietalis*) i **potyliczny** (*lobus occipitalis*), oddzielony bruzdą ciemieniowo-potyliczną.

[Ryc. 71 patrz: Półkula mózgowa – Bruzdy i zakręty, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Do głównych **zakrętów** należą:

- zakręt **czołowy**: górny, środkowy i dolny, zakręt **przedśrodkowy** i **zaśrodkowy**, zakręty **skroniowe**: górny i środkowy, **płacik ciemieniowy**: górny i dolny; zlokalizowane są one *na powierzchni górno-bocznej*,
- **płacik okołosrodkowy**, **przedklinek** i **klinek**; położone są *na powierzchni przyśrodkowej*,
- **zakręty oczodołowe**, **zakręt potyliczno-skroniowy boczny**; występują one *na powierzchni dolnej*,
- **Wyspa** (*insula*) – stanowi część płaszcza, występuje w zagłębieniu bruzdy bocznej, zwanym **dołem bocznym mózgu**, tuż pod częścią płata czołowego, ciemieniowego i skroniowego, które określamy mianem **wieczek** (*operculum*). Zakręty długie i krótkie wyspy otacza bruzda okrężna.
- **Węchomózgowie** (*rhinencephalon*) – zróżnicowane jest na część:
 - obwodową, tj. **opuszkę** (*bulbus olfactorius*), **pasmo węchowe** (*tractus olfactorius*), **trójkąt węchowy** (*trigonum olfactorium*), **istotę dziurkowaną przednia** (*substantia perforata anterior*) i **prążki węchowe** (*striae olfactoriae*). Obwodową część budują głównie **włókna nerwowe**, przewodzące impulsy węchowe do części ośrodkowej. Łącząc

różne okolice wężomózgowia tworzą one **sklepienie** o kształcie litery X, zrosnięte częścią środkową z ciałem modzelowatym,

- ośrodkową/korową do której należą: **zakręt obręczy** (*gyrus cynguli*), **zakręt hipokampa** (*gyrus hippocampi*), **zakręt zębaty**, **zakręt tasiemczkowaty** i **zawlecza szara**.

[Ryc. 73 patrz: Ilustracje wszechmózgowia, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

- **Hipokamp** (*hippocampus*) – tworzy się w wyniku wpuklenia się do rogu dolnego komory bocznej **bruzdy hipokampa**, gdzie powstaje wyniosłość zwrócona w stronę światła komory, której przednia część nosi nazwę **stopy hipokampa**.

W **plaszczu** zlokalizowane są nadrzędne ośrodki nerwowe sterujące **procesami somatycznymi**. Zachodzą w nich procesy **psychiczne i intelektualne**.

Kresomózgowie nieparzyste – do którego należą: **ciało modzelowate, sklepienie, przegroda przeźroczysta i spoidło przednie**, zbudowane jest głównie z dróg nerwowych łączących ze sobą półkule mózgu.

- **Ciało modzelowate** (*corpus callosum*) – zróżnicowane jest (idąc od strony potylicy) na **płat, pień, kolano i dziób**, przechodzący ku przodowi w **blaszkę dzioba**.
- **Sklepienie** (*fornix*) – utworzone jest przez dwa pasma włókien biegnących ponad komorą trzecią, łączących ciała suteczkowate z hipokampem. Dwa sklepienia w części środkowej połączone są **ciałem sklepienia**. Ku górze ciało sklepienie przylega do pnia ciała modzelowatego, ku

przodowi – przechodzi w **słupy sklepienia**, zaś ku tyłowi – w **odnogi sklepienia**, dochodzące do hipokampów.

- **Przegroda przeźroczyta** – stanowi ograniczenie części przyśrodkowej rogu przedniego komory bocznej. Dwie jej blaszki łączą sklepienie z ciałem modzelowatym.
- **Spoidło przednie** – występuje między blaszką krańcową a słupami sklepienia. Zbudowane jest z włókien nerwowych łączących wężomózgowie i ciała migdałowe półkul mózgu.

Jądra kresomózgowia

Jądra kresomózgowia, zwane **jądrami podstawnymi**, to skupiska ciał komórek nerwowych znajdujących się wewnątrz półkul mózgowych. Należą do nich:

- **jądro ogoniaste** (*nucleus caudatus*) – największe, położone jest bocznie i powyżej wzgórza, kształtem przypomina przecinek, zróżnicowane jest na głowę trzon i ogon, które to ograniczają komorę boczną i torebkę wewnętrzną,
- **jądro soczewkowane** (*nucleus lentiformis*) – leży bocznie od wzgórza, oddzielone od niego **torebką wewnętrzną**, stanowiącą skupienie włókien nerwowych biegnących od kory do konarów mózgowych a następnie przez piramidy do rdzenia kręgowego (droga ruchowa – korowordzeniowa/piramidowa), zróżnicowane jest na: **galękę bladą** (*globus pallidus*) i **skorupę** (*putamen*), oddzielone od siebie pasmem istoty białej,
- **przedmurze** (*claustrum*) – w postaci wąskiej blaszki istoty szarej, położone jest między jądrem soczewkowatym a wyspą,

- **ciało migdałowe** (*corpus amygdaloideus*) – położone jest między rogiem dolnym komory bocznej a biegunem skroniowym.

Jądro ogoniaste i soczewkowate określamy mianem **ciała prążkowego** (*corpus striatum*), natomiast jądro ogoniaste i skorupę łącznie – **prążkowiec** (*striatum*). Wychodzą z nich **impulsy ruchowe** do jąder ruchowych pnia mózgowego. Cały układ jąder podkorowych kresomózgowia wraz z drogami, które z nich wychodzą nazywamy **układem ruchowym pozapiramidowym**. Jądra te mają również łączność ze wzgórzem i korą mózgową.

[Ryc. 71 patrz: Półkula mózgową – powierzchnie, brzegi i bieguny, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Istota biała półkul (*substantia alba hemispheriorum*)

Istotę białą budują **wypustki** neurocytów. Zajmują one wnętrza półkul mózgowych między płaszczem a komorą boczną, otaczając i odgraniczając jednocześnie ww. jądra podstawne. Tworzą one torebki, czyli skupienia istoty białej, gdzie grupują się drogi nerwowe.

Ośrodki korowe (pola korowe)

Różne okolice kory mózgowej bezpośrednio związane są z określonymi czynnościami. Okolice te nazywamy **ośrodkami korowymi**.

Ośrodkami ruchowymi kory są te jej części, które po podrażnieniu wywołują reakcję określonych grup mięśniowych. Położone są one w części kory tworzącej **zakręt przedśrodkowy**, gdzie znajdują się **komórki olbrzymie** (Betza), w kształcie piramid, nazywane **komórkami piramidalnymi**. Ich aksony biegną przez torebkę wewnętrzną, śródmózgowie

i most do rdzenia, tworząc szlak mózgowo-rdzeniowy, zwany **piramidowym**. Zawiera on około 34 tysięcy długich włókien mielinowych po każdej stronie, przy czym włókna te krzyżują się: włókna idące od lewej półkuli przechodzą na stronę prawą rdzenia kręgowego i odwrotnie.

Ośrodki czuciowe znajdują się na obszarze kory **zakrętu zaśrodkowego** i odbierają wrażenia **dotyku, ciepła, chłodu** oraz informacje dotyczące **ruchów mięśniowych**.

Ośrodki słuchowe znajdują się w **zakręcie skroniowym górnym**. Wrażenia słuchowe docierają więc do płatów skroniowych. Okolice przylegające do pola słuchowego pełnią funkcję **kojarzeniową**, związaną z interpretacją i rozumieniem dźwięków. Uszkodzenie okolicy tylnej zakrętu skroniowego górnego prowadzi do utraty zdolności rozumienia słów, czyli **afazji słuchowej**.

Siedzibą **pamięci** najprawdopodobniej są także płaty skroniowe, bowiem ich drażnienie wywołuje **obrazy, wspomnienia i sceny z przeszłości**.

Pole wzrokowe położone jest w **placie potylicznym** (bruzda ostrogowa). Odebrane bodźce wzrokowe z prawych połówek obu siatkówek w postaci impulsów docierają do pola wzrokowego prawej półkuli i odwrotnie.

[Ryc. 75 patrz: Pola korowe , w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Siedlisko **wyższych czynności mózgu** związane z **intelektem, inteligencją, sferą moralną** człowieka położone jest w **okolicy przedczołowej**, ku przodowi od pola ruchowego. Przypuszcza się, że w tej okolicy ma miejsce **zapamiętywanie wielkiej ilości informacji**, powstawanie na ich podstawie

konstrukcji myślowych, jak **planowanie zachowań, świadome opóźnianie reakcji, przewidywanie skutków, rozwiązywanie problemów, kontrola zachowania** w aspekcie powszechnie przyjętych norm społeczno-moralnych i in.

Osoby pozbawione okolic przedczołowych działają impulsywnie w sposób nie kontrolowany, tracą wszelkie normy moralne, tracą poczucie wstydu, są emocjonalnie zmienne. Bardziej złożonymi czynnościami kory mózgowej są czynności poznawcze wyższego rzędu, tj. praksyjne i gnostyczne.

Praksja, to zdolność wykonywania czynności celowych, zamierzonych, które nabywamy poprzez naśladownictwo, powtarzanie i ćwiczenie. Jest ona wynikiem współdziałania dużych obszarów kory mózgowej wraz z ośrodkami ruchowymi. Utrata zdolności wykonywania złożonych czynności praksyjnych nazywamy **apraksją**.

Gnozją nazywamy zdolność poznawania przedmiotów i zjawisk oraz oceny wrażeń dostarczanych przez zmysły. Zdolność rozpoznawania przedmiotów dotykiem nazywamy **stereognozją**. **Ośrodki stereognozji** mieszczą się w **placie ciemieniowym** ku tyłowi od zakrętu zaśrodkowego. Porażenie tych okolic prowadzi do **astereognozji**, czyli niezdolności rozpoznawania przedmiotów dotykiem. **Gnozja wzrokowa**, to zdolność poznawania przedmiotów z ich wyglądu. **Ośrodki gnozji wzrokowej** leżą w płacie potylicznym. **Gnozja słuchowa**, to zdolność rozpoznawania przedmiotów wg charakteryzujących je dźwięków.

Ośrodki mowy rozmieszczone są w **korze mózgowej** niesymetrycznie, tj. u praworęcznych w **lewej półkuli**, natomiast leworęcznych – **prawej**. Istnieje ośrodek mowy **ruchowy** i **czuciowy**. Cechą wyłącznie ludzką jest mowa, służąca

do wyrażania myśli. Wydajemy szereg artykułowanych dźwięków z których składają się słowa i zdania, co określamy mianem **ruchowej części mowy**. Słyszac cudzą mowę rozumiemy ją, kojarzymy pewne słowa z przedmiotami, zjawiskami, co nazywamy **sluchową częścią mowy**. Porażenie korowych ośrodków mowy prowadzi do zaburzenia, zwanego **afazją**.

Ośrodek ruchowy mowy (Broca) zlokalizowany jest w płacie czołowym. Po porażeniu tego ośrodku pojawia się **afazja ruchowa**, polegająca na tym, iż chory nie potrafi mówić, pomimo zdolności wydawania dźwięków i modulacji głosu, ponieważ ztraca ruchowe wzory słów i umiejętność zestawiania dźwięków i sylab.

Ośrodek czuciowy (sluchowy) **mowy** położony jest w tylnej części **zakrętu skroniowego górnego** (ośrodek Wernickiego). Porażenie tej okolicy prowadzi do **afazji sluchowej**, czyli braku zdolności rozumienia słów.

Ośrodki pisania i czytania położone są: pierwszy – w tylnej części **środkowego zakrętu czołowego** i drugi – **zakręcie kątowym płata ciemieniowego**.

B. Międzymózgowie (*diencephalon*).

Międzymózgowie zróżnicowane jest na: **wzgórzomózgowie** (*thalamencephalon*), **podwzgórze** (*hypothalamus*), **niskowzgórze** (*subthalamus*) i **komorę trzecią** (*ventriculus tertius*).

Wzgórzomózgowie zbudowane jest ze **wzgórza** (*thalamus*), **zawzgórza** (*metathalamus*) i **nadwzgórza** (*epithalamus*).

- **Wzgórze** stanowi skupienie głównie istoty szarej, tworzącej **jądra wzgórza**, oddzielone od siebie istotą białą w postaci **blaszek rdzennych wzgórza**. Wśród jąder wyróżnia się:

- **jądro przednie** – łączące się z węchomózgowiem i podwzgórzem,
- **jądro przyśrodkowe** – mające połączenie z częścią ruchową kory,
- **jadra boczne** – miejsce zakończenia wstęgi przyśrodkowej (czuciowej) i przebiegu drogi smakowej.

[Ryc. 76 patrz: Jądra wzgórza, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Nadto wyróżnia się powierzchnie wzgórza: górną, przyśrodkową, dolną i boczną.

- **Zawzgórze** występuje ku tyłowi, nieco poniżej wzgórza. Budują je parzyste **ciała kolankowate** przyśrodkowe i boczne, związane z drogami: wzrokową i słuchową.
- **Nadwzgórze** leży ku tyłowi i nieznacznie powyżej wzgórza, na które składa się: **szyszynka** (*corpus pineale*), parzyste **uzdeczki**, **trójkąty uzdeczek**, **spoidło uzdeczek** i **spoidło nadwzgórzowe**.

Wzgórzomózgowie stanowi **ośrodek przekaźnikowy** dla wszystkich dróg czuciowych, poza narządem powonienia.

Podwzgórze znajduje się na powierzchni dolnej i przyśrodkowej półkul. Do podwzgórza należą:

- **blaszka krańcowa** – pasmo istoty białej rozciągające się między skrzyżowaniem wzrokowym i blaszką dziobową,
- **skrzyżowanie wzrokowe**,
- **pasma wzrokowe** – wiązki włókien nerwowych biegnących między skrzyżowaniem wzrokowym a ciałami kolankowatymi bocznymi,
- **guz popielaty** – w postaci blaszki istoty szarej w dnie komory trzeciej,

- **przysadka** – położona poniżej guza popielatego w siodełku tureckim kości klinowej; składa się z dwóch płatów: **przedniego** (część gruczołowa) zróżnicowanego na część obwodową, pośrednią i lejkową oraz **tylnego** (część nerwowa/mózgowa),
- **ciała suteczkwate** – wielkości nasion grochu, zbudowane z dwóch istot, położone są ku tyłowi od przysadki.

W podwzgórzu występują liczne skupienia istoty szarej – **jądra podwzgorza**, w ilości około 24, w których znajdują się **podkorowe ośrodki autonomiczne**. Spośród jąder szczególną rolę odgrywają **jądra przednie** (nadwzrokowe i przykomorowe), poza środkowymi i tylnymi, wykazującymi zdolność neurosekrecji. Wytwarzana przez nie oksytocyna i wazopresyna wędrując aksonami a następnie przenikają do płata tylnego przysadki.

Części podwzgorza połączone są drogami nerwowymi **podwzgorzowo-przysadkowymi**, łączącymi jądra przednie z płatem tylnym przysadki oraz **guzowo-lejkowymi**, łączącymi jądra środkowe podwzgorza z płatem przednim przysadki.

Nadto wskazane jest wyróżnienie tzw. **układu sprzężenia zwrotnego przysadkowo-podwzgorzowego**.

Niskowzgorze położone jest pomiędzy wzgórzem, podwzgórzem i torebką wewnętrzną a konarami mózgu. Zawiera skupienia istoty szarej w postaci m. in. **jądra niskowzgorzowego**, **warstwy niepewnej**, **poła podczerwienego**. Jego czynność związana jest z układem pozapiramidowym i autonomicznym.

Komora trzecia, to szczelinowata przestrzeń położona w pośrodkowej części międzymózgowia, pomiędzy wzgórzami, sięgając do podstawy kresomózgowia. **Ścianę przednią**

tworzą słupy sklepienia, część przegrody przezroczystej, spoidło przednie i blaszka krańcowa, **tylną** – szyszynka, uzdeczki i spoidło tylne, **boczną** – powierzchnie przyśrodkowe wzgórz, **górną** – część sklepienia, ciało modzelowate i naczyniówkę, **dolną** – podwzgórze.

[Ryc. 77 patrz: Międzymózgowie, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Niniejszą komorę charakteryzuje obecność licznych zachyłków. Połączona jest ona z komorami bocznymi **otworami międzykomorowymi**, natomiast z komorą czwartą – **wodociągiem mózgu** (*aqueductus cerebri*).

Z komorą trzecią bezpośrednio związane są tzw. **narządy okołokomorowe**, uczestniczące prawdopodobnie w **regulacji ciśnienia i składu płynu mózgowo-rdzeniowego**.

C. Śródmózgowie (*mesencephalon*)

Śródmózgowie stanowi krótką część pnia mózgowego, łączącą międzymózgowie z mostem i mózdzkiem. W jego skład wchodzi dwa **konary mózgowy** (*pedunculi cerebri*) i **pokrywa śródmózgowia** (*tectum mesencephali*). Między konarami mózgowymi leżącymi po stronie podstawnej występuje **dół międzykonarowy**, a na jego dnie – istota dziurkowana tylna, silnie unaczyniona.

W śródmózgowiu biegnie wąski kanał – **wodociąg mózgu**, łączący komorę trzecią (położoną w międzymózgowiu) z komorą czwartą, otoczony istotą szarą. W ścianie dolnej wodociągu znajdują się **jądra ruchowe** nerwu III, tj. okoruchowego i IV – bloczkowego.

Pokrywa śródmózgowia położona jest po stronie grzbietowej, nad wodociągiem mózgu, przykrywają ją półkule mózgowe. Zróznicowana jest na **blaszkę pokrywy** (*lamina tecti*) oraz dwie pary **wzgórków górnych i dolnych**, zawierających jądra. Blaszka pokrywy, położona przed wzgórkami górnymi nazywa się **połem przedpokrywowym**, w który znajdują się odgraniczone jądra: **jądro pasma wzrokowego, jądro podsoczewkowe, jądro pola przedpokrywowego** i inne. Prawdopodobnie uczestniczą one w odruchach wzrokowych.

[Ryc. 78 patrz: Śródmózgowie, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

D. Tyłomózgowie wtórne (*metencephalon*)

W skład tyłomózgowia wtórnego wchodzi **móżdżek** (*cerebellum*) i **most** (*pons*).

- **Móżdżek** położony jest nad komorą czwartą, przykrywając dół równoległoboczny. Od góry od płatów potylicznych oddziela go szczelina poprzeczna mózgu, w której biegnie część opony twardej nazywanej **namiotem mózdzku** (*tentorium cerebelli*).

Móżdżek składa się z części środkowej zwanej **robakiem** (*vermes*) i części bocznych zwanych **półkulami mózdzku** (*hemisphaeriae cerebelli*). Zbudowany jest on z istoty szarej tworzącej **korę mózdzku** (*cortex cerebelli*) i **jąder mózdzku** oraz istoty białej, położonej wewnątrz mózdzku – **ciała rdzennego** otaczającego jądra mózdzku. Od ciała rdzennego w kierunku kory mózdzku biegną **blaszki białe** tworzące **drzewo życia mózdzku**.

Wyróżnia się następujące parzyste jądra mózdzku:

- **jądro wierzchu** – położone przyśrodkowo,

- **jądro kulkowate** – leży bocznie w stosunku do poprzedniego,
- **jądro czopowate** – zlokalizowane również bocznie,
- **jądro zębate** – największe i położone najbardziej zewnątrz.

Istota biała mózdzku przenika sąsiednie struktury mózgowia tworząc trzy pary **konarów mózdzku: górne, środkowe i dolne**, łączące mózdzek z pokrywą śródmózgowia, mostem i rdzeniem przedłużonym. Stanowią one drogi domózdzkowe i odmózdzkowe .

[Ryc. 79 patrz: Mózdzek, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Funkcje mózdzku pozostają w bezpośrednim związku z wykonywaniem ruchów dowolnych. Mózdzek odpowiedzialny jest za **koordynację**, czyli uzgadnianie złożonych ruchów dowolnych, **napięcie mięśni i równowagę**.

Usunięcie mózdzku prowadzi do:

- zakłóceń w rozmieszczeniu napięcia mięśniowego,
- dysharmonii, braku zdolności koordynacji ruchów,
- występowania trudności w utrzymaniu pozycji stojącej,
- nadzwyczaj szybkiego męczenia się.

Typowe zaburzenia występujące po usunięciu mózdzku:

- **atonia** – utrata napięcia mięśniowego, zróżnicowanie napięcia różnych grup mięśniowych,
- **ataksja** – zaburzenie koordynacji ruchów,
- **astazja** – chroniczne wykonywanie drobnych ruchów, nazywane drżeniem,
- **astenia** – szybkie męczenie się.

Mózdzek współdziała z korą mózgową w wykonywaniu ruchów dowolnych.

- **Most** położony jest na powierzchni dolnej mózgowia i łączy konary mózgu z rdzeniem przedłużonym. Ma on kształt grubego walca ułożonego poprzecznie. Jest on zróżnicowany na część **grzbietową** i **brzuszną**.

Część grzbietowa mostu, zawierająca istotę szarą pokrywa część grzbietową od strony komory IV, wchodząc w skład górnej połowy dołu równoległobocznego. W pobliżu tej części biegną **pęczki**: podłużny przyśrodkowy i podłużny grzbietowy. Nadto znajduje się tu **twór siatkowaty**, **ciało czworoboczne** i **jądra nerwów czaszkowych: od V – VIII**, jak i drogi nerwowe w postaci **wstęgi przyśrodkowej** (czuciowej) i **wstęgi bocznej** (słuchowej).

Część brzuszna zbudowana jest z włókien nerwowych o poprzecznym i podłużnym przebiegu, w obrębie których rozmieszczone są **jądra mostu**.

Przez most przebiegają więc **włókna nerwowe**, łączące **korę mózgową** z **rdzeniem przedłużonym** i **kręgowym** oraz z **mózdzkiem**. Są to drogi korowo-rdzeniowe, korowo-jądrowe i korowo-mostowo-mózczkowe.

E. Rdzeń przedłużony (*medulla oblongata*) / rdzeniemózgowie (*myelencephalon*)

Rdzeń przedłużony ku górze łączy się z **mostem** wyraźną granicą, którą tworzy jego tylny brzeg, natomiast ku dołowi z **rdzeniem kręgowym**, bez wyraźnej granicy. Umownie za granicę anatomiczną przyjęto płaszczyznę przechodzącą przez brzegi otworu wielkiego kości potylicznej.

Rdzeń przedłużony pośredniczy w **transmisji impulsów** biegnących z mózgu do rdzenia kręgowego i odwrotnie – z rdzenia do mózgu. Na powierzchni dolnej (przedniej) rdzenia

przedłużonego biegnie **szczelina pośrodkowa przednia** (*fissura mediana anterior*), oddzielająca występujące po obu stronach wyniosłości, zwane **piramidami** (*pyramides*), utworzone przez włókna **drogi piramidowej**, łączące korę mózgową z rogami przednimi rdzenia kręgowego. Większa część włókien drogi piramidowej przechodzi na drugą stronę, tworząc **skrzyżowanie piramid**, widoczne na dnie szczeliny pośrodkowej przedniej. Boczenie od piramid bieżą wyniosłości, zwane **oliwkami**, zawierające skupienia istoty szarej – **jądra oliwki**. Biegną tędy włókna drogi **mózdkowo-rdzeniowej grzbietowej**.

Na powierzchni grzbietowej (tylnej) znajduje się **bruzda pośrodkowa tylna** (*sulcus medianus posterior*). Po jej obydwu stronach występują wyniosłości: **pęczek smukły** (*fasciculus gracilis*) i **pęczek klinowaty** (*fasciculus cuneatus*), przechodzące w najwyższej części w zgrubienia – guzek **smukły** i **klinowaty**, wewnątrz których znajduje się **jądro smukłe** i **klinowate**.

Kanał środkowy rdzenia kręgowego po dostaniu się do rdzenia przedłużonego rozszerza się, przybierając kształt rombu i tworzy **dół równoległoboczny** (dno komory IV), gdzie znajdują się **jądra nerwów czaszkowych** od V – XII. W dnie komory IV znajduje się także **twór siatkowaty** (*formario reticularis*), w którym skupienia ciał komórek nerwowych tworzą jądra: **siatkowate olbrzymiokomórkowe**, **szwu**, **miej-sca sinawego** i inne.

[Ryc. 80 patrz: Budowa wewnętrzna rdzenia przedłużonego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Rdzeń przedłużony jest siedliskiem **ośrodków nerwowych** wielu ważnych czynności odruchowych na poziomie podstawowym, które wiążą się z odchodzącymi od niego nerwami czaszkowymi. Do odruchów z udziałem rdzenia przedłużonego należą: **ssanie, żucie, polykanie, torsje, kichanie, kaszel, mruganie powiek, ruchy oddechowe, czynności serca, rozkurcz naczyń krwionośnych, wydalanie potu oraz regulowanie metabolizmu**. Są to **odruchy wrodzone**, przekazywane dziedzicznie i obserwowane są u noworodków.

Ośrodek oddechowy położony jest w dolnej części dołu równoległobocznego. Jest on pobudzany automatycznie przez rozpuszczony we krwi **dwutlenek węgla** i odruchowo przez nadchodzące z płuc impulsy za pośrednictwem włókien dośrodkowych **nerwu błędnego**.

Ośrodek regulacji czynności serca działa automatycznie, jak i drogą odruchową. Czynność tego ośrodka przejawia się hamowaniem akcji serca. Pobudzenie automatyczne powodowane jest zmianą składu krwi, natomiast odruchowe, kiedy zostaje pobudzony ośrodek nerwu błędnego.

Ośrodek naczynioruchowy pobudzany jest odruchowo i powoduje rozszerzenie się naczyń krwionośnych.

W rdzeniu przedłużonym występują **ośrodki regulacji metabolizmu**.

Najwyższe **ośrodki układu autonomicznego** znajdują się w **podwzgórze**.

9.4.4. Rdzeń kręgowy (*medulla spinalis*)

Rdzeń kręgowy jako przedłużenie rdzenia przedłużonego jest filogenetycznie i ontogenetycznie **najstarszą** częścią

ośrodkowego układu nerwowego. Ma kształt długiego, grubego **walcowatego słupa** barwy białej, nieznacznie spłaszczonego w kierunku i strzałkowym o **długości od 41 – 45 cm, średnicy 1 cm i masie około 30 g**. Położony jest w **kanale kręgowym**, gdzie biegnie od **I kręgu szyjnego** aż do górnej krawędzi **II kręgu lędźwiowego**, kończąc się **stożkiem rdzeniowym** (*conus medullaris*), przechodzącym w **nić końcową** (*filum terminale*), sięgającą do trzonu **II kręgu guziczego**.

Rdzeń kręgowy charakteryzują dwa **wygięcia**, tj. **szyjne** i **piersiowe**, zgodnie z krzywiznami fizjologicznymi kręgosłupa oraz dwa wrzecionowate **zgrubienia**:

- **szyjne** (*intumescencia cervicales*) – ciągnące się od II kręgu szyjnego do II kręgu piersiowego, gdzie nerwy biegnące do kończyn górnych opuszczają rdzeń kręgowy,
- **lędźwiowe** (*intumescencia lumbalis*) – rozpoczynające się na poziomie X kręgu piersiowego a kończące się na wysokości XII kręgu piersiowego, gdzie nerwy biegnące do kończyn dolnych opuszczają rdzeń kręgowy.

W linii pośrodkowej rdzenia na powierzchni przedniej biegnie głęboka **szczelina pośrodkowa przednia** (*fissura medianus*), natomiast tylnej – płytsza **bruzda pośrodkowa tylna** (*sulcus medianus*). Bruzda ta łączy się z **przegrodą pośrodkową tylną**, dzieląc rdzeń na dwie symetryczne połowy: prawą i lewą.

W rdzeniu kręgowy wyróżnia się także dwie parzyste **bruzdy boczne**:

- **tylną** (*sulcus posterolateralis*) – w miejscach, w których wnikają **korzenie czuciowe nerwów rdzeniowych** (korzenie grzbietowe); w części szyjnej i piersiowej, w połowie odległości między bruzdą pośrodkową tylną a bruzdą

boczną tylną przebiega **pośrednia bruzda tylna**, oddzielająca **pęczek smukły** (*fusciculus gracilis*) i **pęczek klinowaty** (*fusciculus cuneatus*),

- **przednio-boczną** (*sulcus anterolateralis*) – w miejscach, z których wychodzą **korzenie ruchowe nerwów rdzeniowych** (korzenie brzuszne).

[Ryc. 81 patrz: Rdzeń kręgowy – widok ogólny, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

W skład **korzeni grzbietowych** (*radices dorsales*) wchodzi włókna czuciowe, biegnące od neurocytów położonych w odpowiednich **zwojach rdzeniowych** (*ganglia spinalia*). Korzenie brzuszne budują włókna ruchowe, zdążające do mięśni szkieletowych. Niniejsze korzenie, tj. grzbietowe i brzuszne łączą się z sobą bocznie względem zwoju rdzeniowego, tworząc **nerw rdzeniowy** (*nervus spinalis*).

Na całej długości rdzenia kręgowego człowieka rozmieszczonych jest po **31 par korzeni grzbietowych, korzeni brzusznych i zwojów rdzeniowych**. Z rdzenia kręgowego wychodzi więc **31 par nerwów rdzeniowych: 8 szyjnych** (*C 1 – 8*), **12 piersiowych** (*Th 1 – 12*), **5 lędźwiowych** (*L 1 – 5*), **5 krzyżowych** (*S 1 – 5*) i **1 para nerwów guzicznych** (*Co*).

Rdzeń kręgowy wykazuje budowę **metameryczną**, bowiem składa się z symetrycznych 31 odcinków, zwanych **neuomerami**.

Budowę wewnętrzną rdzenia charakteryzuje **niski poziom rozwoju**, co ma swoje uzasadnienie w **metamerycznej budowie, głębokim położeniu** skupisk ciał neurocytów (istoty szarej) i **ograniczonej** autonomii fizjologicznej, najczęściej podporządkowanej ośrodkom mózgowia.

W budowie rdzenia zwraca uwagę fakt, że **istota biała** znajdująca się na jego **obwodzie**, otacza **wewnątrznie** położoną **istota szara**, w przeciwieństwie do mózgowia.

Istota biała utworzona jest przez parzyste tzw. **sznury: przedni** (*funiculus anterior*), **boczny** (*funiculus lateralis*) i **tylny** (*funiculus posterior*).

Istota szara występuje w postaci parzystych **slupów: przedniego** (*columna anterior*) i **tylnego** (*columna posterior*) oraz **bocznego** (*columna lateralis*), w odcinku piersiowym między słupem przednim i tylnym. Na przekroju poprzecznym określane są one jako **rogi: przedniego, tylnego i bocznego** słupa (*cornu anterius, posterius et laterale*), układając się na kształt litery H. Miejsce łączenia się rogów nazywane jest **istotą pośrednią boczną i środkową** (*substantia intermedia lateralis et centralis*). Wewnątrz niej wzdłuż rdzenia biegnie **kanał środkowy** (*canalis centralis*), ku górze przechodzący w kanał środkowy rdzenia przedłużonego, ku dołowi kończy się w stożku rdzeniowym. U człowieka w około 20% jest on drożny na całej swej długości.

W obrębie słupów przednich rdzenia znajdują się skupienia ciał neurocytów (około 100 000), tworzące **jądra ruchowe** (*nuclei motorii*), dające początek **korzeniom brzuszonym ruchowym nerwom rdzeniowym**. U podstawy słupów tylnych występują skupienia neurocytów tworzące **jądra grzbietowe**, grające istotną rolę w przekazie impulsów czuciowych. W łączności z nimi pozostają korzenie grzbietowe nerwów rdzeniowych. W zrębie słupów bocznych leżą skupienia komórek tworzące: **jądro pośrednio-boczne** dające początek przedzwojowym **włóknom współczulnym** i **jądro pośrednio-**

przysródkowe – dające początek przedwojowym **włóknom przywspólczulnym**.

[Ryc. 82 patrz: Fragment rdzenia kręgowego z nerwami rdzeniowymi, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Sznury rdzenia kręgowego zbudowane są z włókien nerwowych, tworzących drogi nerwowe. I tak, sznur przedni i boczny składają się z dróg **ruchowych** i **czuciowych**, natomiast tylny – z **czuciowych**.

Sznur przedni zawiera: **drogę korowo-rdzeniową przednią** i **rdzeniowo-wzgórzową przednią**, sznur boczny: **drogę korowo-rdzeniową boczną**, **rdzeniowo-wzgórzową boczną** i **drogę mózdkowo-rdzeniową przednią i tylną**. W sznurze tylnym biegnie **droga rdzeniowo-opuszkowa**, w której wyróżnia się **pęczek smukły** i **klinowaty**. Odróżniamy wśród nich **drogi zstępujące** – odmózgowe (w sznurach przednich) i **wstępujące**, czyli domózgowe (sznury tylne). Drogi dwóch rodzajów zawierają sznury boczne.

[Ryc. 83 patrz: Przekroje poprzeczne rdzenia kręgowego., w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Do najważniejszych ośrodków rdzenia kręgowego należą:

- **ośrodek ruchów przepony** – leży na wysokości III – IV metameru szyjnego,
- **ośrodki ruchowe kończyn górnych** – występują na wysokości V – VIII metameru szyjnego i I piersiowego,
- **ośrodki mięśni klatki piersiowej, grzbietu i brzucha** – rozmieszczone są w odcinku piersiowym,
- **ośrodki ruchowe kończyn dolnych** – leżą w zgrubieniu lędźwiowym i krzyżowym,

- **ośrodek odruchów źrenicy** (autonomiczny) – VIII metamer szyjny i I – II metameru piersiowego,
- **ośrodki oddawania moczu, defekacji i ejakulacji** – odcinek krzyżowy rdzenia,
- **ośrodki naczynioruchowe i wydzielnicze** (gruczoły potowe skóry) – metamery piersiowe i górne lędźwiowe.

9.4.5. Ośrodki i drogi nerwowe

Ośrodkami nerwowymi nazywamy **skupienia neurocytów**, występujące w ośrodkowym układzie nerwowym, pełniące określone funkcje, natomiast **drogami nerwowymi** – **wiązki wypustek neurocytów** biegnące w tym samym kierunku w obrębie tego układu. Część drogi biegnąca poza układem ośrodkowym nazywa się **nerwem**.

Wyróżniamy trzy główne rodzaje **dróg nerwowych**:

- a) **Drogi nerwowe spoidłowe** – łączące ośrodki w półkulach mózgowia lub w połowach rdzenia kręgowego, np. **ciało modzelowate** – zespalające obie półkule, **spoidło przednie** – włókna łączące węchomózgowie z dolnymi częściami płatów skroniowych, **spoidło tylne** – włókna zespalające, wzgórzomózgowie, **spoidło sklepienia**, **spoidło nadwzrokowe** – łączące ciało prążkowane, jądra podwzgórza i gałki blade, **spoidło uzdeczek**.
- b) **Drogi nerwowe rzutowe** – łączące korę mózgową z efektorami, noszące nazwę **dróg ruchowych/zstępujących** (dwuneuronowe) oraz łączące receptory z korą mózgową, zwane **drogami czuciowymi** (trójneuronowe).

Drogi ruchowe. W czynności ruchowej uczestniczą dwa zespoły ośrodków i dróg nerwowych, ściśle współpracujących, tj. **układ piramidowy i pozapiramidowy.**

Ośrodki i drogi układu piramidowego. Ośrodki znajdują się w obrębie kory mózgowej, w **zakręcie przedśrodkowym** i przedniej części **placika okołosrodkowego** (tzw. kora ruchowa). Określone części kory mózgowej przyporządkowane są określonym grupom mięśniowym.

Drogi tego układu są drogami dwuneuronowymi. Ciała komórek I neurocytu występują w jego **ośrodkach korowych**, natomiast II neurocytu w **jądrach ruchowych rogów przednich rdzenia kręgowego**. Z uwagi na to, że są to drogi łączące korę mózgową z mięśniami szkieletowymi, nazywamy je **drogami korowo-rdzeniowymi**.

W skład **drogi korowo-rdzeniowej** wchodzi:

- **droga korowo-jądrowa** – ciała I neurocytów występują w korze dolnej części **zakrętu przedśrodkowego**, natomiast ich aksony przez torebkę wewnętrzną wnikają do **konarów mózgu**, skąd trafiają do **mostu i rdzenia przedłużonego**; jądra II neurocytów tworzą jądra nerwów czaszkowych III, IV, V, VI, VII, IX, X, XI i XII; każde jądro nerwu czaszkowego ma podwójne zaopatrzenie aksonalne, poza nerwem VII i XII (do ich jąder dochodzą pojedyncze aksony z ośrodków korowych przeciwległej kuli mózgowej),
- **droga korowo-rdzeniowa/piramidowa** – ciała I neurocytu występują w przedniej części **placika okołosrodkowego** oraz górnio-środkowej części **zakrętu przedśrodkowego**. Aksony biegną przez torebkę wewnętrzną, konary mózgu, most, rdzeń przedłużony do **jąder**

nerwów rdzeniowych rogów przednich. Droga ta na brzusznej powierzchni rdzenia przedłużonego tworzy wyniosłość zwaną **piramidą**. 70 – 80% włókien nerwowych tej drogi krzyżuje się w dolnej części rdzenia przedłużonego (skrzyżowanie piramid), biegnąc dalej w **sznurach bocznych** rdzenia kręgowego. Niniejsza część drogi nazywa się **drogą korowo-rdzeniowo-boczną**.

Ośrodki i drogi układu pozapiramidowego. Stanowią one zespół ośrodków i dróg nerwowych, zapewniających tworzenie automatyzmów ruchowych (praksji), regulację postawy ciała i napięcie mięśniowe, np. tańiec, jazda, balansowanie kończynami górnymi przy chodzeniu. Czynności tego typu wykonywane są bez udziału świadomości.

Ośrodki układu pozapiramidowego:

- **korowe** – tylne części zakrętów czołowych górnego, środkowego i dolnego,
- **podkorowe** – ciało prążkowane, jądro niskowzgórzowe, istota czarna, jądro czerwienne.

Drogi nerwowe tworzą połączenia **wewnątrzukładowe**, łączą go z **układem piramidowym**, z **korowymi ośrodkami czucia** i **układem autonomicznym**. Najważniejsza droga, to **droga środkowa nakrywki** (Tab. 11).

Mózdzek (kora, jądra mózdzku) pełni rolę ośrodka **koordynacji ruchów**, **napięcia mięśniowego** i **równowagi**. Jądra oliwki występujące w rdzeniu przedłużonym odpowiedzialne są za **koordynację** mózdzku z czynnością układu pozapiramidowego.

Tab. 11. Ośrodki układu pozapiramidowego.

S t r u k t u r y	O ś r o d k i	F u n k c j e
Część tylna zakrętu czołowego górnego	Ośrodek korowy	Złożone ruchy tułowia
Część tylna zakrętu czołowego środkowego	Ośrodek korowy (gałkowo-głowy)	Koordinacja ruchów głowy i gałek ocznych
Część tylna zakrętu czołowego dolnego	Ośrodek korowy (o. ruchowy mowy)	Dźwięki artykułowane
Ciało prążkowane	Ośrodek podkorowy	Ruchy zautomatyzowane, napięcie mięśniowe
Jądro niskowzgórzowe	Ośrodek podkorowy	Różnicowanie jakości impulsów, ich miejsca, balansowanie kończyn
Istota czarna	Ośrodek podkorowy	Koordinacja ruchów mimowolnych
Jądro czerwienne	Ośrodek podkorowy	Koordinacja ośrodków układu z korą mózgu, mózdzkiem, jądrem przedśionka

Drogi czuciowe. Bodźce zewnętrzne i wewnętrzne (czucie) odbierane są przez specyficzne struktury zwane **receptorami**, tj. ekstero-, proprio-, intero- i telereceptory. Czucie dzielimy analogicznie na:

- **czucie eksteroceptywne** – dotyk, ucisk, temperatury i smak,

- **czucie proprioceptywne** – położenie części ciała względem siebie, kształt i masa przedmiotów oceniane bez udziału wzroku,
- **czucie interoceptywne** – ból trzewny, zmiany chemiczne,
- **czucie teleceptywne** – odbiór wrażeń na odległość: wzrok, powonienie

Rodzaje dróg czuciowych:

- **Droga nerwowa czucia ekstroceptywnego nerwów rdzeniowych**, inaczej droga zwojowo-rdzeniowo-wzgórzowo-korowa. Ciała neurocytów położone są w **zwojach rdzeniowych, rogach tylnych** rdzenia kręgowego, **jadrze brzuszne** tylnobocznego wzgórza, natomiast **ośrodki korowe** w tylnej części płacika okołosrodkowego i zakręcie zaśrodkowym.
- **Droga nerwowa czucia proprioceptywnego nerwów rdzeniowych**, inaczej droga zwojowo-opuszkowo-wzgórzowo-korowa. Ciała neurocytów znajdują się w **zwojach rdzeniowych, jadrze smukłym i klinowatym** (w rdzeniu przedłużonym – opuszce), **jadrze brzuszne tylnobocznego wzgórza**, a **ośrodki korowe** w tylnej części płacika okołosrodkowego i zakręcie zaśrodkowym.
- **Droga nerwowa czucia ekstroceptywnego i proprioceptywnego nerwów czaszkowych**, inaczej droga zwojowo-jądrowo-wzgórzowo-korowa. Ciała neurocytów leżą w **zwojach czuciowych nerwów czaszkowych V, VII, IX i X, jądrach krańcowych** tych nerwów, **jadrze brzuszne tylnobocznego i tylnobocznego wzgórza**.

przyśrodkowym wzgórza, a **ośrodki korowe** w dolnej części zakrętu zaśrodkowego.

Drogi czuciowe przebiegające między II a III neurocytem tworzą **wstęgę przyśrodkową**. Droga czuciowa nerwu trójdzielnego tworzy **wstęgę trójdzielną**.

- c) **Pola i drogi nerwowe kojarzeniowe**. Części płaszczka, w których zachodzą złożone **procesy intelektualne**: kojarzenie, przewidywanie, rozważa, interpretowanie, analizowanie, porównywanie, wnioskowanie, generalizowanie, zapamiętywanie i inne nazywane są **polami kojarzeniowymi**.

Wyróżnia się trzy charakterystyczne **polo kojarzeniowe**:

- **Pole kojarzeniowe przednie** – znajduje się w przedniej i środkowej części zakrętów czołowych górnego środkowego i dolnego. Są one odpowiedzialne za: zdolność kojarzenia, rozumienia, percepcję, wyobraźnię, kreowanie pojęć i pamięć tzw. „nowa”.
- **Pole kojarzeniowe środkowe** – położone jest w wyspie i tylnych częściach zakrętów skroniowych, gdzie umiejscowiona jest pamięć tzw. „dawna” (zdolność odtworzenia odległej przeszłości).
- **Pole kojarzeniowe tylne** – występuje na pograniczu płata ciemieniowego i potylicznego, umożliwia orientację w zakresie postawy i położenia ciała lub jego części w przestrzeni.

Drogi nerwowe kojarzeniowe, łączące ośrodki w tej samej półkuli lub połówki rdzenia kręgowego, biegną w istocie białej półkul. Wyróżnia się:

- **drogi kojarzeniowe krótkie** – łączące sąsiednie zakręty kory,

- **drogi kojarzeniowe długie** – łączące bardziej oddalone obszary kory, np. pęczki podłużne, pęczek pionowy i inne; w rdzeniu kręgowym – pęczki własne rdzenia kręgowego.

Układ brzeżny/limbiczny (*systema limbicum*)

Układ brzeżny, zwany limbicznym utworzony jest przez struktury kresomózgowia położone na **powierzchni przyśrodkowej mózgu**. Pełni on znaczącą rolę w **koordynacji** czynności układu somatycznego i autonomicznego oraz **wyzwalaniu** stanów emocjonalnych, którym towarzyszy: wzrost ciśnienia tętniczego krwi, przyspieszenie akcji serca, pocenie się, ślinienie. Dlatego ten układ nazywany jest „mózgiem trzewnym”.

Do tego układu włącza się część **ośrodkową węchomózgowia, przegrodę przezroczystą, ciało migdałowe i sklepienie**.

Wyróżnia się drogi układu brzeżnego:

- **wewnętrzne** – łączące poszczególne części układu,
- **zewnętrzne** – łączące ten układ z międzymózgowiem i jądrami tworzącego siatkowatego.

Twór siatkowaty (*formatio reticularis*)

Twór siatkowaty, inaczej zwany układem siatkowatym znajduje się w obrębie **pnia mózgu** i łączy się z tworem siatkowatym rdzenia kręgowego. Składa się z dużej ilości zróżnicowanych pod względem wielkości skupień ciał neurocytów, tworzących **jądra** (ponad 100), dzięki czemu zawdzięcza swą nazwę.

Twór ten pełni funkcję „**generatora energii**”, regulującego procesy zachodzące w różnych obszarach ośrodkowego układu nerwowego. Odpowiedzialny jest za: **świadome utrzymywa-**

nie czuwania, biorąc udział w mechanizmach powstawania snu, **wzmacnia** lub **hamuje** dochodzące doń pobudzenia.

9.4.6. Opony mózgowo-rdzeniowe (*meninges encephalomedulli*)

Oponami nazywamy **blony łącznotkankowe** otaczające **mózgowie** i **rdzeń kręgowy**. Idąc od ich powierzchni wyróżnia się **trzy opony**, oddzielone od siebie szczelinowatymi przestrzeniami, tj. **jamą podpajęczynówkową**, **podtwardówkową** i **nadtwardówkową**, występującą na wysokości rdzenia kręgowego, pomiędzy oponą twardą a ścianą kanału kręgowego:

- **Opona miękka** (*pia mater*) – zbudowana z **tkanki łącznej włóknistej** (włókna kolagenowe w sieci włókien sprężystych), złożona z **silnie unaczynionej blaszki zewnętrznej** o luźnym utkaniu **włóknistym** i **blaszki wewnętrznej** o utkaniu **zbitym**, pozbawionym naczyń krwionośnych. Ściśle przylega do mózgowia i rdzenia kręgowego. W okolicy szczeliny poprzecznej mózgu wnika wraz z naczyniami krwionośnymi między sklepienie i miedzymózgowie oraz mózdzek i rdzeń przedłużony, tworząc **tkankę naczyniówkową komór**. Pośredniczy w wymianie różnych substancji pomiędzy płynem mózgowo-rdzeniowym (bariera: krew-mózg) a tkanką nerwową oraz poprzez utworzenie elastycznego rusztowania chroni miękkie i podatne struktury mózgowia i rdzenia kręgowego.
- **Pajęczynówka** (*arachnoidea*) – opona **cienka, beznacyniowa**, z odchodzącymi **włóknami łącznotkankowymi** do opony miękkiej. Zbudowana jest z **tkanki łącznej włóknistej** zawierającej włókna kolagenowe, sprężyste

i siateczkowe. Wyróżniamy warstwę **zewnątrzną** – o bardziej zwartym utkaniu ze zgrubieniami, zwanymi **ziarnistościami pajęczynówki** oraz **wewnętrzną** – bezpośrednio wyściełającą jamę podpajęczynówkową. Ogranicza więc przestrzeń zwaną **jamę podpajęczynówkową**, którą wypełnia **płyn mózgowo-rdzeniowy**. Jej zgrubienia, zwane **ziarnistościami pajęczynówki** wnikają do światła zatok opony twardej – głównie zatoki strzałkowej górnej, tworząc istotną **drogę odpływu płynu mózgowo-rdzeniowego**.

- **Opona twarda** (*dura mater*) – pełni funkcję okostnej, zbudowana z dwóch, zrastających się z sobą w obrębie jamy czaszki i kanału kręgowego blaszek – **zewnątrznej** i **wewnętrznej**, natomiast w kanale kręgowym biegnących oddzielnie. Opona twarda mózgowia wytwarza fałdy o przebiegu strzałkowym, tj. **sierp mózgu** (fałd pomiędzy półkulami mózgu) i **sierp mózdzku** (pomiędzy półkulami mózdzku) i poziomym, tj. **namiot mózdzku** (oddziela mózdzek od płatów potylicznych mózgu) i **przeponę siodła**, zamykającą dół przysadki.

[Ryc. 84 patrz: Schemat opon mózgowych, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Naczynia żyłne, bez zastawek, o dużej średnicy, biegnące między blaszkami nazywane są **zatokami opony twardej**. Wpływa doń krew z żył mózgowia, opon, gałki ocznej, oczodołu, ucha wewnętrznego, a odpływa do opuszki żyły szyjnej wewnętrznej, żył śródkości, powłok głowy i splotów żylnych kręgowych. Na uwagę zasługuje zatoka strzałkowa górna i dolna, zatoka poprzeczna oraz jamista.

Przestrzeń między oponą miękką a pajęczynówką wypełnioną płynem mózgowo-rdzeniowym, napływającym z komór nazywamy **jamą podpajęczynówkową**. Szczelinowata przestrzeń miejscami rozszerza się tworząc **zbiorniki podpajęczynówkowe** – zbiornik mózdkowo rdzeniowy, dołu bocznego mózgu, skrzyżowania, międzykonarowy.

Jama podtwardówkowa stanowi szczelinowatą przestrzeń między oponą twardą a pajęczynówką. Jamę nadtwardówkową wypełnia tkanka tłuszczowa i spłoty żyłne.

9.4.7. Płyn mózgowo-rdzeniowy (*liquor cerebrospinalis*)

Płyn mózgowo-rdzeniowy wytwarzają wszystkie **komory mózgowia** przez występujące w nich **sploty naczyńnkowe**. Naczynia tętnicze, żyłne i kapilary tworzą **kłębki naczyńnkowe**. **Kapilary kłębków** stanowią miejsca powstawania płynu mózgowo-rdzeniowego poprzez filtrację części osocza krwi (ok. 0,5 ml płynu/min).

Krażenie płynu. Płyn krąży w komorach mózgowia, przepływając z **komór bocznych** przez otwory międzykomorowe do **komory trzeciej**, natomiast z niej przez wodociąg mózgu do **komory czwartej**. Z komory czwartej może dostawać się do **kanalu środkowego** rdzenia kręgowego, jak i przez nieparzysty otwór pośrodkowy i parzyste otwory w stropie komory czwartej do **jamy podpajęczynówkowej**, jako główny kierunek odpływu.

Z **jamy podpajęczynówkowej** płyn mózgowo-rdzeniowy odpływa trzema drogami:

- przez ziarnistości pajęczynówki do **zatok opony twardej** i **żył środkowych** w kościach płaskich czaszki,

- do **żył powierzchniowych mózgu** wpuklających się do jamy podpajęczynówkowej,
- z komór mózgowia bezpośrednio do **żył naczyńiówkowych**.

Przy zwiększonym odpływie płynu, w jego odprowadzaniu uczestniczą **sieci chłonne włosowate** jamy nosowej, oczodołu i pochewek nerwów czaszkowych.

Znaczenie płynu mózgowo-rdzeniowego. Znaczenie płynu nie zostało dokładnie rozpoznane. Prawdopodobnie służy do **odżywiania** komórek ośrodkowego układu nerwowego, **regulacji ciśnienie śródczaszkowego** i do ochrony **mechanicznej** mózgowia i rdzenia kręgowego przed urazami. Całkowita ilość płynu wynosi około **150 ml**. Jest on przydatny w badaniach dotyczących **rozpoznania** wielu chorób na podstawie analizy jego składu. W tym celu pobiera się płyn z **jamy podpajęczynówkowej** (nakłucie podpotyliczne i lędźwiowe).

9.5. Układ nerwowy obwodowy

Tkankę nerwową w obwodowym układzie nerwowym tworzą **nerwy, zwoje nerwowe i zakończenia nerwów**.

W skład układu nerwowego obwodowego (*systema nervosum periphericum*) wchodzi: **12 par nerwów czaszkowych** i z reguły **31 par nerwów rdzeniowych**.

9.5.1. Nerwy czaszkowe (*nervi craniales*)

Nerwy czaszkowe, pozostające w łączności z mózgiem, bowiem w nim rozpoczynają się lub kończą, nie wykazują

metamerii, unerwiają – poza **mięśniami szkieletowymi** i **wyrazowymi** – także mięśnie poprzecznie prążkowane związane z **układem oddechowym** (mówienie) i **pokarmowym** (połykanie). Przechodząc przez otwory w **podstawie czaszki** lub w **oczodole** unerwiają głowę, szyję, większość narządów klatki piersiowej i brzucha. Nerwy te oznacza się literami rzymskimi i w zależności od pełnionej funkcji dzieli się je na cztery grupy:

- a) grupa **nerwów czuciowych/zmysłowych**: nerw **I, II i VIII**,
- b) grupa **nerwów ruchowych**: nerw **III, IV, VI, XI i XII**,
- c) grupa **nerwów mieszanych** (ruchowo-czuciowych): **V, VII, IX i X**,
- d) grupa **nerwów przywspółczulnych**: nerwy zawierające, oprócz innych włókien również włókna przywspółczulne; są to już wcześniej wymienione nerwy: **III, VII, IX i X**.

[Ryc. 85 patrz: Nerwy czaszkowe, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Włókna czuciowe biorą początek w **skupieniach ciał neurocytów**, położonych poza ośrodkowym układem nerwowym, zwanych **zwojami czuciowymi nerwów czaszkowych**, natomiast kończą się w swoich **jądrach krańcowych** leżących w mózgowiu. **Włókna ruchowe** rozpoczynają się w **jądrach początkowych** położonych w mózgowiu. **Włókna współczulne** rozpoczynają się w **jądrach przywspółczulnych**. **Włókna ruchowe** i **przywspółczulne** kończą się w **efektorach**, którymi dla włókien ruchowych są **mięśnie poprzecznie prążkowane**, a włókien przywspółczulnych – **mięśnie gładkie, mięsień sercowy i gruczoły**.

Ogólna budowa nerwów czaszkowych

Nerwy węchowe (I) (*nn. olfactorii*) są nerwami czuciowymi, po kilkanaście w każdej połowie nosa. Rozpoczynają się w **komórkach węchowych** okolicy węchowej błony śluzowej nosa, skąd biegną przez blaszkę sitową kości sitowej do **jamy czaszki**, a następnie wnikają do **obwodowej części węchomózgowia** (opuszki mózgowej). Włókna obwodowe ciał neurocytów dających początek **nerwom węchowym** tworzą zgrubienia – **bulawki węchowe**. Są to receptory narządu powonienia zakończone kilkoma **włoskami węchowymi**.

Nerw wzrokowy (II) (*n. opticus*) jest nerwem **czuciowym**, utworzonym przez włókna nerwowe biorące początek w **komórkach dwubiegunowych** siatkówki. Ich **dendryty** tworzą synapsy z komórkami światłoczułymi, tj. **komórkami pręcikowymi i czopkonośnymi** odbierającymi wrażenia wzrokowe. Nerw przebiega zewnętrzną **warstwę siatkówki, naczyniówkę i twardówkę**, opuszcza gałkę oczną, kierując się ku **kanalowi wzrokowemu** przez który przechodzi z oczodołu do **dołu czaszkowego środkowego**, gdzie kończy się **skrzyżowaniem wzrokowym** (*chiasma opticum*), położonym w trzonie kości klinowej. W tym skrzyżowaniu tylko część włókien nerwowych przechodzi na stronę przeciwną. Wychodzące ze skrzyżowania **pasmo wzrokowe** doprowadza włókna wzrokowe do **poduszki wzgórza, ciał kolankowatych bocznych i wzgórków górnych blaszki pokrywującej śródmózgowia**.

Nerw okoruchowy (III) (*n. oculomotorius*) jest nerwem **ruchowym** gałki ocznej. Unerwia on m. dźwigacz powieki górnej, m. prosty górny, przyśrodkowy i dolny, m. skośny dolny. W nerwie biegną także włókna **nerwowe przywspółczulne**, unerwiające mięśnie gładkie wewnątrzgałkowe:

m. rzęskowy i m. zwieracz źrenicy. Jądra początkowe i przywspółczulne położone są w **śródmózgowiu**, skąd nerw podąża do oczodołu przez szczelinę oczodołową górną. Niniejszy nerw zawiera około 15 000 włókien nerwowych, zapewniających szybkie i precyzyjne ruchy gałek ocznych.

Nerw bloczkowy (IV) (*n. trochlearis*) jest najcieńszym nerwem ruchowym unerwiającym **m. skośny górny oka**. Jądro początkowe leży w **śródmózgowiu**. Nerw opuszcza mózgowie po stronie grzbietowej, poniżej wzgórków górnych pokrywy, po czym biegnie wokół konara mózgowego, przechodzi na podstawę mózgu. Przez **szczelinę oczodołową górną** wchodzi do oczodołu i kończy się w m. skośnym górnym.

Nerw trójdzielny (V) (*n. trigeminus*), najgrubszy nerw czaszkowy o charakterze mieszanym, z przewagą włókien czuciowych. Zróżnicowany jest na trzy gałęzie: **nerw oczny** (*n. ophthalmicus*), **szczękowy** (*n. maxillaris*) i **żuchwowy** (*n. mandibularis*).

Włókna czuciowe rozpoczynają się w **zwoju trójdzielnym**, leżącym na szczycie piramidy kości skroniowej, pomiędzy blaszkami opony twardej. Wypustki dośrodkowe komórek zwoju kończą się w **jądrach krańcowych**: jądrze śródmózgowiowym, mostowym i rdzeniowym, natomiast wypustki obwodowe wchodzi w skład **trzech gałęzi**.

Włókna ruchowe rozpoczynają się w **jądrze początkowym** położonym w moście i wchodzi w skład trzeciej gałęzi czuciowo-ruchowej.

Pierwsza gałąź (nerw oczny) jest nerwem czuciowym, powstaje z połączenia się **n. czołowego, nosowrzęskowego i łzowego**. Biegnie przez **oczodół** i **szczelinę oczodołową**

górną, unerwiając **skórę czoła**, **nosa** i **zatoki przynosowe**, **gałkę oczną**, **gruczoł łzowy** i **oponę twardą**.

Druga gałąź (n. szczękowy) to również n. czuciowy, tworzący się w **dole skrzydłowo-podniebiennym** z zespolenia się **n. jarzmowego**, **podoczodołowego** i **skrzydłowo-podniebiennego**. Do jamy czaszki dostaje się przez otwór owalny. Unerwia: zęby szczęki oraz błonę śluzową jamy nosowej, zatok przynosowych, podniebienie, policzków i dziąseł.

Trzecia gałąź (n. żuchwowy) należy do największych i jest n. mieszanym. Włókna czuciowe: **n. zębodołowy dolny**, **językowy**, **policzkowy** i **uszno-skroniowy**. Włókna ruchowe występują w **n. żuciowym** unerwiając **mięśnie żuciowe**, **m. z grupy nadgnykowych**, **m. naprężacz błony bębenkowej**.

Nerw trójdzielny uczestniczy w kilku odruchach, np. **odruchu rogówkowym** – zamykanie powiek po dotknięciu rogówki, **spojówkowym** – łzawienie po podrażnieniu spojówki...

Nerw odwodzący (VI) (*n. abducens*) jest nerwem ruchowym, biorącym początek w **jądrze mostu**, skąd przechodzi do oczodołu przez **szczelinę oczodołową górną**, unerwiając **m. prosty boczny** gałki ocznej.

Nerw twarzowy (VII) (*n. facialis*) jest nerwem mieszanym z przewagą włókien ruchowych w stosunku do występujących w nim włókien czuciowych i przywspółczulnych.

Włókna ruchowe biorą początek w **jądrze mostu**, biegną przez przewód słuchowy wewnętrzny, kanał n. twarzowego, gdzie dzielą się na część błędnikową, bębenkową i sutkową. Następnie opuszczając go przez otwór rylcowo-sutkowy, wnioskają do ślinianki przyusznej, od której odchodzą gałęzie. Unerwiają one **m. wyrazowe głowy** i **szyi**, **m. dźwigacz podniebienia miękkiego**.

Włókna czuciowe biorą początek w **zwoju czuciowym nerwu**, położonym w kanale n. twarzowego. Wraz z włóknami przywspółczulnymi jako **nerw pośredni**, kończą się w **jądrze samotnym** w moście. Przewodzą one impulsy z **przewodu słuchowego zewnętrznego**, z **blony bębenkowej** i **mażowiny usznej**, ze **skóry** okolicy potylicznej, **2/3 języka** oraz z **podniebienia miękkiego** i **twardego**.

Włókna przywspółczulne mają początek w jądrze ślinowym górnym, leżącym w moście. Są składową **n. pośredniego**, a następnie wchodzi w skład gałęzi **n. skalistego większego** i **struny bębenkowej**. Są one **włóknami wydzielniczymi** dla gruczołu łzowego, ślinianki podjęzykowej i podżuchwowej, gruczołów podniebienia i jamy nosowej.

Nerw przedsionkowo-ślimakowy (VIII) (*n. vestibulocochlearis*) jest nerwem czuciowym, biegnącym głównie w uchu wewnętrznym i składa się z dwóch części:

- **ślimakowej** – początkiem jej jest **zwój spiralny** położony we wrzecionku ślimaka, a kończy się w **jądrach krańcowych** tej części, położonych w moście – **jądrze ślimakowym brzuszny** i **grzbietowy**; jest **nerwem słuchowym**, przewodzącym impulsy z **komórek słuchowych** narządu spiralnego do **ośrodków korowych sluchu**,
- **przedsionkowej** – rozpoczyna się w **zwoju przedsionka** na dnie przewodu słuchowego wewnętrznego, natomiast kończy się w **jądrach krańcowych**, leżących w moście i rdzeniu przedłużonym – **jądrze przedsionkowe górny**, **dolny**, **przyśrodkowy** i **boczny**; jest **nerwem równowagi**, transmituje impulsy z nabłonka zmysłowego przewodów półkolistych, plamki woreczka i plamki

łagiewki do ośrodków korowych zmysłu równowagi, informując o położeniu i ruchach głowy.

Nerw językowo-gardłowy (IX) (*n. glossopharyngeus*) – należy do nerwów mieszanych ze znaczną ilością włókien czuciowych, niewielkiej ilości ruchowych i przywspółczulnych. Unerwia **gardło, język i ślinianki przyuszne**. Nerw odchodzi od rdzenia przedłużonego 5-6 korzonkami, opuszczając czaszkę przez otwór żyły szyjnej, w którym leżą dwa zwoje: górny i dolny, kieruje się ku nasadzie języka i bocznej ścianie gardła.

Nerw błędny (X) (*n. vagus*) – nerw mieszany z większością włókien przywspółczulnych. Nazwę zawdzięcza unerwieniu obszaru sięgającego znacznie poza głowę. Jest **najdłuższym** z nerwów czaszkowych, biegnącym przez **szyję, klatkę piersiową** – śródpiersie górne i tylne, **jamę brzuszną**. Czaszkę opuszcza przez otwór żyły szyjnej, gdzie znajdują się zwoje: górny i dolny.

Włókna ruchowe biegną od jądra dwuznacznego w **rdzeniu przedłużonym**, unerwiają **mięśnie podniebienia miękkiego, gardła i krtani**.

Włókna czuciowe biorą początek w **zwojach** górnym i dolnym, a kończą się w **jądrze samotnym** w **rdzeniu przedłużonym**. Przewodzą impulsy z **krtani, gardła, ucha zewnętrznego, błony bębenkowej**.

Włókna przywspółczulne rozpoczynają się w **jądrze grzbietowym** nerwu błędnego w **rdzeniu przedłużonym**. Unerwiają: **narządy głowy, szyi, klatki piersiowej i jamy brzusznej**: gruczoły błony śluzowej gardła i krtani, przełyk, serce, płuca, żołądek, jelito cienkie i grube, wątrobę, trzustkę, nerki, śledzionę, część brzuszną moczowodów.

Nerw dodatkowy (XI) (*n.accessorius*) jest nerwem ruchowym, rozpoczynającym się w **jądrze dwuznacznym**, w rdzeniu przedłużonym i w **rdzeniu kręgowym**. Opuszcza czaszkę przez otwór żyły szyjnej. Unerwia: **m. czworoboczny** i **m. mostkowo-oboczny-sutkowy**.

Nerw podjęzykowy (XII) jest nerwem ruchowym, rozpoczynającym się w **jądrze podjęzykowym** w rdzeniu przedłużonym. Opuszcza jamę czaszki przez **kanal nerwu podjęzykowego**. Unerwia mięśnie języka, odgrywając istotną rolę przy żuciu, połykaniu i artykulacji.

9.5.2. Nerwy rdzeniowe (*nervi spinales*)

Nerwy rdzeniowe, unerwiające mięśnie i skórę należą do nerwów o charakterze **mieszanym**, bowiem w ich skład wchodzi włókna czuciowe, ruchowe i autonomiczne. Wyróżniamy zwykle 31 par nerwów rdzeniowych:

- **8 par n. szyjnych** (*nervi cervicales*), C₁ – C₈,
- **12 par n. piersiowych** (*n. thoracici*), Th₁ – C₁₂,
- **5 par n. lędźwiowych** (*n. lumbales*), L₁ – L₅,
- **5 par n. krzyżowych** (*n. sacrales*), S₁ – S₅,
- **1 para**, rzadziej 2 lub 3 n. guzicznych (*n. coccygei*) Co.

Każdy nerw rdzeniowy powstaje w kanale kręgowym przez połączenie się odchodzących od rdzenia kręgowego dwóch **korzeni rdzeniowych** (*radices spinalis*), tj. ruchowego **korzenia brzuszego** (*radix ventralis*) z czuciowym **korzeniem grzbietowym** (*radix dorsalis*).

Korzeń brzuszny biegnie od **jądra ruchowego** (*nucleus motorius*), położonego w rogach przednich rdzenia kręgowego, skąd jego włókna ruchowe podążają w kierunku **otworu**

międzykręgowego lub **otworu krzyżowego** (poza I n. szyjnym, biegnącym między kością potyliczną a kręgiem szczytowym). Korzenie brzuszne w stosunku do grzbietowych są cieńsze, zawierają do 100 tys. włókien nerwowych.

Korzeń grzbietowy bierze początek w **zwoju rdzeniowym** (*ganglion spinale*), mieszczącym się w kanale kręgowym, skąd część włókien biegnie dośrodkowo, wnikając do **rogu tylnego** rdzenia kręgowego, natomiast część podąża ku obwodowi w stronę **otworu międzykręgowego**, łącząc się z **korzeniem brzuszny**m. Korzenie grzbietowe są grubsze, zawierają ponad 2 mln włókien nerwowych.

[Ryc. 86 patrz: Schemat nerwu rdzeniowego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Powstały z zespolenia się korzeni rdzeniowych **pień nerwu rdzeniowego**, o długości około 1 cm dzieli się na cztery gałęzie:

- **gałąź brzuszną** (*ramus ventralis*),
- **gałąź grzbietową** (*ramus dorsalis*),
- **gałąź oponową** (*ramus meningeus*),
- **gałąź łączącą** (*ramus communicans*) – białą i szarą.

Gałęzie brzuszne nerwów szyjnych, piersiowych, lędźwiowych krzyżowych i guzicznych unerwiają mięśnie oraz skórę przedniej i bocznej okolicy szyi i tułowia, jak i kończyn. Nerwy poszczególnych odcinków zespalają się tworząc w pobliżu kręgosłupa **sploty nerwowe** (*plexus nervosi*), dzielące się na wiele nerwów.

Gałęzie grzbietowe nerwów rdzeniowych unerwiają głębokie mięśnie grzbietu oraz skórę, idąc od potylicy aż po okolicę

guziczną, jak i połączenia kręgosłupa. Każda z gałęzi dzieli się na gałąź przyśrodkową i boczną.

Do istotniejszych nerwów odchodzących od gałęzi grzbietowych należą:

- **gałęzie nerwów szyjnych:** nerwu I – nerw podpotyliczny, II – podpotyliczny większy, III – podpotyliczny trzeci,
- **gałęzie nerwów lędźwiowych:** ostatnie nerwy lędźwiowe – nerwy górne pośladków,
- **gałęzie nerwów krzyżowych:** nerwy środkowe pośladków.

Gałąź oponowa jest gałęzią powracającą do kanału kręgowego, unerwia czuciowo opony rdzenia.

Gałąź łącząca zawiera **włókna współczulne**, biegnące od rogów bocznych rdzenia kręgowego, początkowo w korzeniu brzuszonym, po czym odłączają się tworząc samodzielną gałąź, biegnącą do **zwojów pnia współczulnego**. Gałąź łącząca zawiera więc włókna przedzwojowe.

9.5.3. Sploty nerwowe rdzeniowe (*plexus nervosi spinales*)

Wyróżnia się następujące **sploty rdzeniowe**: **splot szyjny** (*plexus cervicalis*), **ramienny** (*p. brachialis*), **lędźwiowy** (*p. lumbalis*), **krzyżowy** (*p. sacralis*), **sromowy** (*p. pudendus*) i **guziczny** (*p. coccygeus*).

Splot szyjny powstaje z zespolenia gałęzi brzusznych czterech pierwszych nerwów szyjnych (C₁ – C₂). Odchodzą od niego:

- a) **nerwy mięśniowe** – unerwiają mm. głębokie szyi, m. czworoboczny i m. mostkowo-obojczykowo-sutkowy. Część włókien tworzy **pętlę szyjną**, od której odchodzą

gałęzie unerwiające mm. podgnykowe, poza m. tarczowognykowym. Najdłuższym nerwem jest **nerw przeponowy**, unerwiający przeponę oraz czuciowo opłucną ścienną, osierdzie i otrzewną.

- b) **nerwy skórne** – unerwiają czuciowo skórę okolicy szyi, małżowiny usznej i górnej części klatki piersiowej. Są to: n. potyliczny mniejszy, n. uszny wielki, n. nadobojczykowe, n. poprzeczny szyi.

Splot ramienny – tworzą cztery dolne gałęzie brzuszne nerwów szyjnych i gałąź brzuszna pierwszego nerwu piersiowego (C₅ – Th₁). Topograficznie splot ten dzieli się na część **nad- i podobojczykową**.

Od części **nadobojczykowej** odchodzą: nerw grzbietowy łopatki, n. piersiowy długi, n. podobojczykowy i n. nadłopatkowy. Natomiast od części podobojczykowej: nn. piersiowe, nn. Podłopatkowe, n. piersiowo-grzbietowy, n. pachowy, n. promieniowy (największy nerw splotu), n. mięśniowo-skórny, n. pośrodkowy, n. łokciowy oraz nn. skórne przyśrodkowe ramienia i przedramienia.

Część nadobojczykowa unerwia: mięśnie obręczy kończyny górnej i niektóre mięśnie grzbietu (m. najszerszy grzbietu, m. dźwigacz łopatki, m. zębaty przedni, mm. równoległoboczne).

Część podobojczykowa unerwia: mięśnie części wolnej kończyny górnej. Obie części unerwiają czuciowo skórę, kości i połączenia kości.

Splot lędźwiowy utworzony jest przez gałęzie brzuszne I – III i częściowo IV n. lędźwiowego. Zlokalizowany jest tuż przed wyrostkami poprzecznymi kręgów lędźwiowych. Od niego odchodzą:

a) **gałęzie krótkie** – unerwiają m. czworoboczny lędźwi, m. lędźwiowy większy i mniejszy, m. międzypoprzeczne boczne lędźwi,

b) **gałęzie długie** (dwie grupy):

grupa pierwsza – unerwia mięśnie brzucha: **n. biodrowo-podbrzuszny**, **n. biodrowo-pachwinowy** i **n. płciowoudowy**,

grupa druga – unerwia część wolną kończyny dolnej: **n. zasłonowy**, **n. udowy**, **n. skórny boczny uda**.

Splot krzyżowy powstaje z gałęzi IV i V n. lędźwiowego. Należy do największych splotów rdzeniowych, biegnie po mięśniu gruszkowatym, orientując się w stronę otworu kulszowego większego. Odchodzi od niego: **n. skórny uda tylny**, **n. pośladowy górny i dolny** unerwiający mięśnie obręczy kończyny dolnej oraz **n. kulszowy** unerwiający tylną grupę mięśni uda, mięśnie goleni i stopy. Jest to mięsień o największej średnicy, długości, ilości włókien nerwowych, jak i obszaru unerwienia w organizmie. Dzieli się on na **n. piszczelowy** i **n. strzałkowy wspólny**, różnicujący się na **n. strzałkowy głęboki** i **powierzchnowy**.

Splot sromowy z największym **n. sromowym** powstaje z gałęzi brzusznych III i IV n. krzyżowego. Unerwia mięśnie dna miednicy mniejszej, skórę krocza, okolice odbytu, moszny, prącia i warg sromowych większych.

Splot guziczny powstaje przez zespolenie się nerwów guzicznych i gałęzi przedniej V n. krzyżowego. Unerwiają one mięsień dźwigacz odbytu i skórę w okolicy odbytu.

Nerwy międzyżebrowe, czyli gałęzie brzuszne nerwów rdzeniowych piersiowych (Th₁ – C₁₂) nie tworzą splotu, biegną w przestrzeniach międzyżebrowych, przy czym nerw XII –

n. podżebrowy położony jest poniżej ostatniego żebra. Unerwiają: warstwę środkową mięśni klatki piersiowej, częściowo przeponę i mięśnie brzucha. **Czuciowo** unerwiają skórę klatki piersiowej, opłucną, otrzewną i połączenia klatki piersiowej.

9.5.4. Budowa nerwów obwodowych

Nerwy obwodowe utworzone są z równolegle biegnących **włókien nerwowych** tworzących **pęczki** otoczone unaczynioną tkanką łączną właściwą włóknistą. Włókna **afferentne** przewodzą impulsy nerwowe z **obwodu** (od receptora) do **ośrodkowego układu nerwowego**, natomiast włókna **eferentne** z **ośrodkowego układu nerwowego** do **narządów wykonawczych**, np. mięśni. Nerw może być zbudowany z obydwu włókien, tj. **afferentnych i eferentnych** lub wyłącznie z włókien **czuciowych**, czy też **ruchowych**. W pęczku mogą biec włókna **mielinowe** (rdzenne) i **bezmielinowe** (bezdzenne).

Tkanka łączna włóknista wokół nerwów i pęczków nerwowych tworzy **trzy osłonki**:

- **nanerwie** – znajduje się na zewnątrz, osłania cały nerw, jest silnie **unaczynione**, zbudowane z włókien **kolagenowych** i **sprężystych** oraz **fibroblastów**, wykazuje utkanie **luźne** umożliwiającym **ruchomość** nerwu,
- **onerwie** – otacza **bezpośrednio pęczek nerwowy**, o budowie podobnej do nanerwia, ale o utkaniu bardziej **zbitym**: niektórzy wyróżniają w nim warstwę **włóknistą** (zewnątrzną) i **komórkową** (wewnętrzną),
- **śródnierwie** – **śródpęczkowa tkanka łączna**, silnie **unaczyniona**, zawiera nieliczne **fibroblasty** i biegnące równolegle do włókien nerwowych **włókna kolagenowe**.

10. UKŁAD NARZĄDÓW ZMYŚLÓW

Ustrój człowieka jest w stałym kontakcie z otaczającym go **środowiskiem**, które w istotny sposób wpływa na przebieg **czynności życiowych**. Czynniki środowiskowe odbierane są przez organizm za pośrednictwem **narządów zmysłowych**, które wyposażone są w specyficzne zakończenia nerwowe, zwane **receptorami**. Wykazują one zróżnicowaną budowę w zależności od miejsca ich występowania (położenia) i **charakteru odbieranych bodźców**, które transformowane są na impulsy nerwowe.

10.1. Klasyfikacja receptorów

Ze względu na **położenie** i charakter odbieranych **bodźców** wyróżnia się: **eksteroreceptory**, **proprioceptory**, **interoreceptory** i **telereceptory**.

Tab. 13. Klasyfikacja receptorów, ich położenie i działające bodźce.

Lp.	Receptor	Położenie	Bodziec
I	Eksteroreceptory.	Powłoka wspólna.	Dotyk, ucisk, ból, temperatura, smak.
1	Łąkotki dotykowe (ciałka Merkla).	Naskórek, torebka włosa – budują komórki owalne	Dotyk.

2	Ciałka dotyku (ciałka Meissnera); 6/1 cm ² w skórze palców do 140/1 cm ² – opuszków palców.	Brodawki skóry właściwej – budują komórki owalne.	Dotyk.
3	Zakończenia nerwów skóry (nagie); punktów ból: 50-200/cm ² .	Skóra wolne zakoń- czenia nerwowe.	Ból.
4	Ciałka zmysłowe (ciałka Rufiniego); ok. 30 tys./cm ² .	Skóra.	Ciepło.
5	Kolby końcowe (kolby Krausego); ok. 250 tys./ cm ² .	Skóra.	Zimno.
6	Kubki smakowe.	Część grzbietowa języka.	Smak: gorzki, słony, kwaśny, słodki.
II	Proprioreceptory.	Mięśnie, ścięgna, powięź, torebki stawowe, okostna.	Czucie głębokie: napięcie mięśni i ścięgien, ucisk i ruch w stawach, określanie masy, kształtu, twardości przedmiotów.
1	Ciałka blaszko- wate (ciała Vater- Pacciniego)	Brzuśce mięśni, ścięgna.	Czucie głębokie. Napięcie mięśni i ścięgien.
2	Wrzcionka ner- wowo-mięśniowe	Brzuśce mięśni.	Napięcie mięśni.
3	Wrzcionka ner- wowo- ścięgnowe	Ścięgna mięśni.	Napięcie ścięgien.
III	Interoreceptory.	Jamy i narządy ciała.	Czucie interoceptyw- ne: ból – nocyrecep- tory, zmiany środo- wiska wewnętrznego (wypełnienia narzą- dów), ciśnienie krwi – pressoreceptory, skład chemiczny krwi – chemoreceptory...

IV	Telereceptory.	Narząd powonienia, wzroku i przedsionkowo-ślimakowy.	Czucie teleceptywne, tj. odbiór wrażeń na odległość.
1	Narząd powonienia.	Okolice węchowa błony śluzowej jamy nosowej (ok. 4 cm ²), komórki nerwowo-zmysłowe węchowe.	Wrażenia węchowe.
2	Narząd wzroku.	Oczodoły, komórki pręcikonośne ok. 125 mln i czopkonośne (ok. 7 mln).	Wrażenia wzrokowe: barwy, kształty, ruch, przestrzenne postrzeganie przedmiotów...
3	Narząd przedsionkowo-ślimakowy.	Ucho wewnętrzne: narząd ślimakowy (Cortiego) z komórkami rzęsatymi/słuchowymi. Woreczek, łagiewka i przewody półkolisty zawierają komórki rzęsate lub włoskowe – receptor zmysłu równowagi.	Wrażenia dźwiękowe. Ruch i przyspieszenie (bańki kanałów półkolistych), pozycje ciała (łagiewka i woreczek)

10.2. Charakterystyka narządów zmysłów

Do narządów zmysłów zaliczamy **narządy czucia powierzchniowego i głębokiego** oraz **smaku** jako narządy czucia eksteroceptywnego, narząd **powonienia**, narząd **wzroku** i narząd **przedsionkowo-ślimakowy** jako narządy odbierające czucie teleceptywne.

10.2.1. Narządy czucia powierzchniowego i głębokiego

Narządy czucia **powierzchniowego** rozmieszczone są w skórze, w postaci tzw. **ciał krańcowych – receptorów**, tj. łąkotek dotykowych, ciał dotyku, zakończeń nerwów skóry, ciałek zmysłowych i kolb zmysłowych. Reagują one na dotyk, ucisk, ból i temperaturę (ciepło, zimno).

Głębiej pod skórą w mięśniach, ścięgnach, powięziach, torebkach stawowych, więzadłach, okostnej położone są narządy czucia **głębokiego**, w postaci ciałek blaszkowatych, wrzecionek nerwowo-mięśniowych i nerwowo-ścięgowych. Mają one niekiedy budowę podobną do ciał krańcowych czucia powierzchniowego. Reagują one na **ból** (urazy, stany zapalne), **rozciąganie, kurczenie, napięcie** oraz **masę, kształt, twardość i elastyczność przedmiotów**.

[Ryc. 87 patrz: Narządy czucia powierzchniowego i głębokiego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

10.2.2. Narząd smaku

Na grzbietowej części języka występują **brodawki** błony śluzowej, zróżnicowane na **stożkowate, nitkowate** oraz **liściaste, grzybkowate** i **okolone**. Pierwsze spełniają funkcje mechaniczne, zaś pozostałe stanowią siedlisko **narządu smaku** (*organon gustus*), w związku z rozmieszczonymi w nich **kubkami smakowymi**, będącymi receptorami smaku. Kubki smakowe występują również w otoczeniu cieśni gardzieli (podniebienie miękkie, nagłośnia, ściana tylna gardła).

Kubek smakowy ma kształt beczułkowaty, osiągający długość około 70 μm i szerokość około 40 μm . Zbudowany jest

z wydłużonych **komórek nabłonkowych**, ściśle do siebie przylegających. Górna część kubka posiada **otwór smakowy**. Niektóre komórki zaopatrzone są w **pręcik smakowy**, jako receptor smaku, który przypomina włoszek wystający przez otwór smakowy. Pręciki smakowe stykając się z pokarmem odbierają podniety smakowe. Od podstawy kubków odchodzą **włókna nerwowe**, które wchodzą w skład nerwu twarzowego, językowo-gardłowego i wedle niektórych autorów także nerwu błędnego, przewodząc impulsy do **ośrodków smakowych płaszcza**, położonych w najniższej części zakrętu zaśrodkowego.

Człowiek rozróżnia cztery rodzaje smaków: **słodki, kwaśny, słony i gorzki**. Określone miejsca i znajdujące się tam kubki smakowe odbierają jednego rodzaju wrażenia smakowe:

- **smak słodki** – odbierany jest przez brodawki grzybowate **przedniej części języka**,
- **smak kwaśny** – odbierany jest przez części **boczne i środek grzbietu języka**,
- **smak słony** – odbierany jest przez **przednio-boczną część języka**,
- **smak gorzki** – odbierają brodawki okolone **nasady języka**.

Recepcja wrażeń smakowych w znaczącym stopniu zależy od narządu powonienia.

[Ryc. 88. patrz: Brodawki i ich rodzaje; ryc. 89. Budowa kubka smakowego; ryc. 90. Powierzchnia grzbietowa języka z zaznaczonymi obszarami reagującymi na cztery smaki, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

10.2.3. Narząd powonienia

W górnym odcinku jamy nosowej znajduje się **okolica węchowa błony śluzowej**, pokrywająca z każdej strony powierzchnię **przyśrodkową małżowiny nosowej górnej** i odpowiadającą jej powierzchnię **przegrody nosowej**. Całkowita powierzchnia okolicy węchowej człowieka jest mała, bowiem wynosi około **4 cm²** i dlatego zaliczany jest do kręgowców o słabo rozwiniętym narządzie powonienia (mikrosomatycznych).

Receptorami podnieć węchowych są **komórki nerwowo-zmysłowe węchowe** rozmieszczone w błonie śluzowej okolicy węchowej od których odchodzą dwie wypustki. Jedna biegnie w kierunku powierzchni błony śluzowej, oddając na końcu kilkaset drobnych **włóków węchowych** o długości 1 μm . Druga wypustka odchodzi w głąb błony śluzowej jako **neuryt**. Neuryty komórek węchowych tworzą splecioną sieć, od której odchodzi około **20 nici węchowych**. Biegną one ku górze przez otworki blaszki sitowej kości do jamy czaszki, gdzie docierają do położonych po obu stronach grzebienia koguciego **opuszek węchowych**, do komórek mitralnych, będących drugim neurocytem. Łączące się neuryty komórek mitralnych na powierzchni dolnej półkul tworzą **pasma węchowe** biegnące do ośrodkowej części **węchomózgowia** (trzeci neurocyt).

W okolicy węchowej oprócz komórek węchowych znajdują się niższe komórki podstawne oraz **gruczoły węchowe** wydzielające śluz, który rozpuszcza substancje wonne, zwilża i oczyszcza wdychane powietrze. Zapachy powodowane są przez cząsteczki związków chemicznych unoszące się w powietrzu.

Wyróżnia się dwie teorie recepcji wrażeń węchowych:

- a) **chemiczną** – substancje wonne wychwytywane są przez włoski węchowe, po czym są zagęszczane w kroplach tłuszczu znajdujących się w cytoplazmie, a następnie oddziałują one na komórki węchowe,
- b) **fizyczną** – drgające cząsteczki substancji wonnych podrażniają włoski węchowe.

[patrz: ryc. 91 Budowa komórki węchowej, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

10.2.4. Narząd wzroku

Narząd wzroku przystosowany jest do odbierania **wrażeń wzrokowych** w różnorodnych warunkach, dzięki automatycznej regulacji dopływu światła do wnętrza oka. Rozróżniamy szereg odcieni **barw**, postrzegamy **wyraźnie** przedmioty z różnej odległości (zdolność akomodacji) z możliwością oceny, dysponujemy zdolnością widzenia **przestrzennego** (stereoskopowego). Dzięki wybitnej **ruchliwości** gałek ocznych postrzegamy **poruszające się** przedmioty, **duże**, nie mieszczące się w polu widzenia obrazy ...

Narząd wzroku zbudowany jest z **gałki ocznej** (*bulbus oculi*) i **narządów dodatkowych oka** (*organa oculi accessoria*).

Gałka oczna położona jest w oczodole na tzw. cieple tłuszczowym chroniącym ją przed urazami i ułatwiającym jej ruchy dzięki mięśniom gałki ocznej. W jej wnętrzu znajduje się **ciało szkliste** i **ciecz wodnista** oraz aparat załamujący promienie świetlne.

Ściana gałki ocznej składa się z trzech błon:

- **włóknistej** (*tunica fibrosa*) – zbudowanej z tkanki łącznej,
- **naczyniowej** (*tunica vasculosa*) – uczestniczącej w odżywianiu gałki,
- **wewnętrznej/siatkówki** (*tunica interna/retina*) – światłoczułej.

Błona włóknista jest błoną zewnętrzną, składającą się z części przedniej, przezroczystej – **rogówki** i części tylnej, nieprzezroczystej – **twardówki**.

Rogówka jest przezroczystą, gładką i lśniącą częścią błony włóknistej, wprawioną w twardówkę. W miejscu połączenia występuje bruzda twardówki. Powierzchnię przednią rogówki pokrywa silnie unerwiony nabłonek przedni, wrażliwy na urazy mechaniczne i czynniki chemiczne. Podrażnienia jej wywołują odruchy zamykania powiek i łzawienie.

Twardówka stanowiąca warstwę ochronną gałki ocznej w otoczeniu nerwu wzrokowego ma 1 – 2 cm grubości, na równiku – 0,4 – 0,5 mm i w części przedniej około 0,3 mm. Zbudowana jest z **włókien** tkanki łącznej, które mogą się nieco kurczyć i rozciągać, zależnie od ciśnienia śródocznego, przyczyniając się do jego wyrównywania. Od zewnątrz pokryta jest warstwą **tkanki łącznej wiotkiej**, od strony naczyniówki licznymi komórkami barwnikowymi, tworzącymi **blaszkę brunatną** twardówki. W tylnej części znajdują się otworki, tworzące **pole sitowe**, przez które przechodzą pęczki **włókien nerwowych** wchodzących w skład nerwu wzrokowego, biegnącego do podstawy mózgu. W innych częściach twardówki także znajdują się otworki, przez które przenikają nerwy i naczynia.

Błona naczyniowa położona pod błoną włóknistą składa się z trzech części: **naczyniówki** (*choriondea*), **ciała rzęskowego** (*corpus ciliare*) i **tęczówki** (*iris*).

Naczyniówka zajmuje tylną część błony naczyniowej, która pokrywa od zewnątrz siatkówkę. Zbudowana jest głównie z **naczyń** krwionośnych i **włókien** sprężystych, powodujących napięcie naczyniówki. Krew z gałki ocznej zbierają cztery duże **żyły wirowe** przebijające twardówkę do tyłu od równika i uchodzą do żyły wrotnej. Do gałki ocznej krew dociera drogą **tętnicy ocznej** i **tętnicy szyjnej wewnętrznej**.

Ciałko rzęskowe położone jest między tęczówką a rąbkami zębatym siatkówki. Ma kształt pierścienia o szerokości około 0,5 cm, otaczającego soczewkę, umocowaną do jego brzegów cienkimi nićmi – **obwódką rzęskową soczewki**. Część wewnętrzna pierścienia jest pofałdowana i tworzy wyrostki rzęskowe. W ciele rzęskowym znajdują się liczne naczynia włosowate oraz mięsień gładki o przebiegu okrężnym – **mięsień rzęskowy** (*musculus ciliaris*), warunkujący akomodację. Część osocza przesącza się z kapilar ciała rzęskowego wytwarzając **ciecz wodnistą**, wypełniającą komory oka. Mięsień rzęskowy wpływa na **stopień wypukłości soczewki**. Skurcz tego mięśnia powoduje zwiotczenie więzadełek, łączących ciało rzęskowe z soczewką i zwiększenie wymiaru przednio-tylnego.

Tęczówka stanowi przednią, najbardziej wysuniętą do przodu część błony naczyniowej. Widoczna jest jako barwny krążek mający w środku otwór o zmiennej średnicy od 3 – 8 mm, zwany **źrenicą** (*pupilla*). Tęczówka oprócz barwnika decydującego o kolorze oczu, zawiera bogate sploty naczyń kapilarnych i mięśnie gładkie: **zwieracz** i **rozwieracz źrenicy**, unerwione przez układ autonomiczny. Bierze ona zatem udział

w wytwarzaniu **cieczy wodnistej** oraz **regulacji** ilości światła wchodzącego do gałki ocznej. Tęczówka zamyka od tyłu **komorę przednią** oka i oddziela ją od **komory tylnej**.

Błona wewnętrzna/siatkówka składa się z światłoczułej części **wzrokowej**, jak i rzęskowej oraz tęczówkowej. Tylna część błony wewnętrznej siatkówki, część wzrokowa kończy się rąbkim zębatym, przechodzącym w część rzęskową i tęczówkową. Część wzrokowa siatkówki zajmująca 2/3 tylnej jej powierzchni jest cienką (0,2 – 04 mm), przezroczystą błoną barwy różowej, dzięki obecności barwnika **rodopsyny**. Siatkówka jest dość luźno związana z podłożem. Przymocowana jest tylko przy nerwie wzrokowym i na rąbku zębatym. Utrzymuje się przy błonie naczyniowej głównie dzięki ciśnieniu śródocznemu, wywieranemu przez ciało szkliste i ciecz wodnista. Wrażliwość jej na światło jest zróżnicowana. W miejscu **krażka nerwu wzrokowego** (plamka ślepa) nie występują elementy światłoczułe, natomiast w miejscu przechodzenia **osi wzrokowej** (plamka żółta) stwierdza się największą wrażliwość na **barwy** i **światło**, bowiem występuje tu największa ilość elementów światłoczułych.

Siatkówka zbudowana jest z 10 warstw, wśród których warstwę najważniejszą stanowią komórki światłoczułe, tj. komórki wzrokowe **pręcikonośne** i **czopkonośne**, reagujące na natężenie światła i barwy. Komórki pręcikonośne w liczbie około **125 mln** są wydłużone, wrażliwe na stopień natężenia światła, natomiast czopkonośne mają kształt buteleczkowaty w liczbie około **7 mln**, wrażliwe na barwy. Rozmieszczenie komórek pręciko- i czopkonośnych jest niejednakowe. W komórkach pręcikonośnych gromadzi się barwniki – **rodopsyna**, podnoszący ich wrażliwość na światło. W ciemności jest ona

syntetyzowana, natomiast w ciemności ulega rozkładowi. Głównie w obwodowych częściach siatkówki występują komórki pręcikonośne, a w jej centralnej części (w dołku) – komórki czopkonośne.

[Ryc. 92 patrz: Budowa oka; ryc. 93 Budowa pręcików i czopków, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Siatkówka może być oglądana przez wzniernik zwany oftalmoskopem.

Wypustki dośrodkowe **komórek światłoczułych** dochodzą do **komórek dwubiegunowych siatkówki** tworzących pierwszy neuron, następnie komórek wzrokowo-zwojowych, będących drugim neuronem. Ich wypustki dośrodkowe tworzą **nerw wzrokowy**, który po opuszczeniu gałki ocznej przechodzi przez kanał wzrokowy do **jamy czaszki**. Nerwy wzrokowe biegną na podstawie mózgu, w płaszczyźnie pośrodkowej, w której tworzą **skrzyżowanie nerwów wzrokowych**. Krzyżując się każdy z nerwów oddaje na stronę przeciwną tylko **połowę włókien** (skrzyżowanie częściowe). Od **skrzyżowania** biegną rozbieżnie ku tyłowi pęczki połówek włókien z nerwów wzrokowych noszących nazwę **pasm wzrokowych**, prawego i lewego, wchodzących w skład **drogi wzrokowej**, prowadzącej do okolicy wzrokowej kory mózgowej, leżącej w płacie potylicznym (przy bruździe ostrogonowej).

Część struktur w gałce ocznej przepuszcza **promienie świetlne**, umożliwiając powstawanie **obrazu** na siatkówce. Należą do nich: **rogówka**, **komora przednia** gałki ocznej, **soczewka**, **komora tylna** i **ciało szkliste**.

Komora przednia jest przestrzenią zawartą między **rogówką** a **tęczówką**, natomiast komora tylna ograniczona jest przez

soczewkę, tęczęwkę i ciało rzęskowe. Komory połączone są między sobą za pośrednictwem źrenicy. Wypełnione są one cieczą wodnistą wytwarzaną w komorze tylnej, skąd odpływa do komory przedniej, a stąd do zatoki żyłnej twardówki i żył oczodołu, tj. żyły ocznej górnej i dolnej.

Soczewka jest przezroczystą, **obustronnie wypukłą** strukturą, położoną za źrenicą, o średnicy około 10 mm i grubości – zależnie od stopnia akomodacji – od 3,7 – 4,5 mm. Otoczona jest bezkomórkową błoną – **torebką soczewki**. Głównym składnikiem soczewki są beźjadrzaste komórki zwane **włóknami soczewki**. W okolicy równika **włókna obwódki rzęskowej** łączą soczewkę z wyrostkami ciała rzęskowego. Napięcie okrężnej części mięśnia rzęskowego powoduje rozluźnienie aparatu wieszadłowego, umożliwiając **soczewce** przyjęcie kształtu bardziej kulistego, w większym stopniu załamującego światło (akomodacja).

Ciało szkliste zajmuje 4/5 wnętrza gałki ocznej. Położone jest między **soczewką a siatkówką**. Jest to galaretowata, przejrzysta substancja międzykomórkowa, składająca się głównie z **kolagenu i kwasu hialuronowego** wiążącego duże ilości wody. Jest ono ważnym ośrodkiem optycznym, zapewnia jednocześnie napięcie gałki ocznej oraz pełni istotną rolę w metabolizmie soczewki i siatkówki.

Narządy dodatkowe oka

Do narządów dodatkowych oka należą tzw. **aparat ruchowy** (mięśnie) i **aparat ochronny oka**, tj. ciało tłuszczowe oczodołu, powieki, spojówka i narząd łzowy.

Aparat ruchowy w postaci mięśni gałki ocznej składa się z czterech **mięśni prostych**: górnego, dolnego, przyśrodkowego i bocznego oraz dwóch **mięśni skośnych**: górnego i dolnego.

go. Są to mięśnie poprzecznie prążkowane unerwione przez III, IV i VI nerw czaszkowy.

Ciało tłuszczowe oczodołu wypełnia wolne przestrzenie między mięśniami, gałką oczną a nerwem wzrokowym.

Powieki górna i dolna są fałdami skórnymi, które chronią od przodu gałkę oczną i ograniczają szparę powiekową. Łączą się one w bocznym i przyśrodkowym **kącie oka**. Powieka składa się z części zewnętrznej – **skórnej** i wewnętrznej – **śluzowej**, które łączą się na wolnym brzegu powieki, z którego wyrastają 2 – 3 rzędów **rzęs**. Pomiedzy nimi występuje płytka łącznotkankowa zwana **tarczką** z dobrze wykształconymi gruczołami łojowymi. Skóra powiek jest elastyczna dzięki **włóknom sprężystym**. Pomiedzy skórą a tarczką występuje część powiekowa mięśnia okrężnego oka (nerw VII) oraz mięśnie gładkie – mięsień tarczkowy.

Spojówka wyściela wewnętrzne powierzchnie **powiek** i pokrywa przednią część **twardówki** (spojówka gałkowa). Zbudowana jest z silnie unaczynionej tkanki **łącznej luźnej**, bogatej we **włókna sprężyste**, w większości pokryta jest nabłonkiem wielowarstwowym walcowatym z licznymi komórkami śluzowymi. Szczelinowata przestrzeń pomiedzy spojówką powiek a spojówką gałki ocznej nosi nazwę **worka spojówkowego**.

Narząd łzowy składa się z **gruczołu łzowego, brodawek i kanalików łzowych, woreczka łzowego i przewodu nosowo-łzowego**. Gruczoł położony jest w górno-bocznej części oczodołu. Jest gruczołem cewkowo-pęcherzykowym o budowie zrazikowej. Gruczoły łzowe produkują łzy, oczyszczające i nawilżające rogówkę oraz worek spojówkowy. Łzy zbierają się w kącie przyśrodkowym oka, skąd podążają do punktów łzowych, położonych na brodawkach łzowych na krawędziach

powiek. Stąd odprowadzane są przez kanaliki łzowe otwierające się w przyśrodkowej części brzegu wolnego powiek do worka łzowego, z którego uchodzi przewód nosowo-łzowy, otwierający się w jamie nosowej.

10.2.5. Narząd przedsionkowo-ślimakowy

Narząd przedsionkowo-komorowy nazywany dawniej narządem słuchu i równowagi położony jest w kości skroniowej. **Ślimak** przystosowany jest do odbioru **dźwięków** (narząd słuchu), natomiast przedsionek – określania **położenia głowy** w przestrzeni i jej zmian (narząd równowagi). Dzieli się na **ucho zewnętrzne, ucho środkowe i ucho wewnętrzne.**

Ucho zewnętrzne (*auris externa*)

Składa się z **małżowiny usznej** (*auricula*) i **przewodu słuchowego zewnętrznego** (*meatus acusticus externus*)

Małżowina uszna jest owalną powyginaną chrząstką sprężystą, pokrytą skórą. Jedynie dolna część małżowiny nie posiada chrząstki i nazywana jest **płatkiem małżowiny usznej**. Brzeg wolny małżowiny nazywany jest **obrąbkiem**. Zadaniem jej jest zbieranie i kierowanie fal dźwiękowych do przewodu słuchowego.

Przewód słuchowy zewnętrzny wygięty jest w kształcie litery S i składa się z części chrzęstnej bocznej i kostnej przyśrodkowej. Długość przewodu wynosi około 2,5 cm, średnica około 0,5 cm. Koniec wewnętrzny przewodu zamyka **blona bębenkowa**. Otwór prowadzący do przewodu nosi nazwę **otworu słuchowego zewnętrznego.**

Ucho środkowe (*auris media*)

Składa się z **błony bębenkowej** (*membrana tympani*), **jamy bębenkowej** (*cavum tympani*), **kosteczek słuchowych** (*ossicula auditus*) i **trąbki słuchowej/Eustachiusza** (*tuba auditiva*).

Błona bębenkowa oddziela ucho zewnętrzne od środkowego. Ma kształt owalny, o wymiarach około 8,5 X 10 mm i grubości około 0,2 mm. Zbudowana jest z **tkanki łącznej** z włóknami kolagenowymi i sprężystymi, przebiegającymi okrężnie i promieniście. Z zewnątrz pokryta jest **nabłonkiem płaskim**, od wewnątrz – **błoną śluzową** wyścieloną jednowarstwowym nabłonkiem sześciennym. Osadzona jest w pierścieniu włókniasto-kostnym. Od strony wewnętrznej do błony przylega **młoteczek**, którego koniec rękojęści ulega zrośnięciu. Unaczyniona jest przez odgałęzienia naczyń przewodu słuchowego i jamy bębenkowej. Obfite unerwienie czuciowe błony pochodzi od nerwu uszno-skroniowego i nerwu błędnego.

Jama bębenkowa jest skośnie ustawioną szczelinowatą przestrzenią w kości skroniowej ograniczoną od zewnątrz błoną bębenkową, zaś od wewnątrz – ścianą kostną ucha wewnętrznego. Wysłana jest błoną śluzową i wypełniona powietrzem. Łączy się z przestrzeniami pneumatycznymi wyrostka sutkowego kości skroniowej, jamą sutkową i komórkami sutkowymi.

Kosteczki słuchowe, tj. **młoteczek** (*malleus*), **kowadelko** (*incus*) i **strzemiączko** (*stapes*) zawieszane na mięśniach i więzadłach, zlokalizowane są w jamie bębenkowej. Przenoszą one drgania błony bębenkowej do ucha wewnętrznego na zasadzie dźwigni kątowych. Kosteczki przenoszą drgania błony na podstawę **strzemiączka**, wzmacniając je 20-krotnie. Podstawa strzemiączka łączy się z **błoną strzemiączkową**, zamykającą

okienko przedsionka, które łączy ją z uchem wewnętrznym. Przy drganiach błony bębenkowej podstawa strzemiączka wielokrotnie i szybko wchodzi do okienka przedsionka i cofa się, podobnie do ruchów tłoka. Ruchy są płytkie i bardzo częste, bowiem odpowiadają falom akustycznym. Kosteczki połączone są stawami i więzadłami. Dochodzą do nich dwa mięśnie: m. napinacz błony bębenkowej i m. strzemiączkowy.

[Ryc. 94 patrz: Układ kosteczek słuchowych, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

Trąbka słuchowa (*tuba auditiva*) to przewód długości 4 cm, łączący **jamę bębenkową** z częścią **nosową gardła**, zapewniający wymianę powietrza w jamie bębenkowej. Dzięki otwartemu połączeniu jamy gardła z jamą nosową i za pośrednictwem trąbki z jamą bębenkową ciśnienie powietrza tam panujące jest mniej więcej równe ciśnieniu atmosferycznemu. Trąbka słuchowa wysłana jest błoną śluzową pokrytą nabłonkiem **jednowarstwowym sześciennym migawkowym**, miejscami **nabłonkiem wielowarstwowym**.

Ucho wewnętrzne (*auris interna*) nazywane **błędnikiem**, który dzielimy na dwie części:

- zewnętrzną – **błędnik kostny** (*labyrinthus osseus*),
- wewnętrzną – **błędnik błoniasty** (*labyrinthus membranaceus*).

Błędnik kostny składa się z większej przestrzeni zwanej **przedsionkiem** (*vestibulum*), trzech **kanałów półkolistych** (*canales semicirculares*) ustawionych w trzech płaszczyznach: przedniej, tylnej i bocznej oraz **ślimaka** (*cochlea*). Błędnik kostny wypełniony jest płynem – **przychłonką** (*perilympha*).

Błędnik błoniasty położony jest wewnątrz błędnika kostnego. Jest to zamknięty worek łączno-tkankowy, posiadający uchylki wchodzące do poszczególnych części błędnika kostnego. W **przedsionku** leży woreczek (*sacculus*) i **łagiewka** (*urticulus*), w innych częściach położone są **kanały półkoliste błoniaste** i **ślimak błoniasty**. Wypełniony jest on **śródcłonką** (*endolympha*), znacznie gęściejszą od przyłonki. Od przestrzeni endolimfatycznych przedsionka prowadzi przewód śródcłonki do zbiornika zwanego **workiem śródcłonki**, znajdującym się na tylnej powierzchni części skalistej.

Ślimak kostny tworzy dwa i pół skrętu, położony jest do przodu od przedsionka. Część osiową ślimaka stanowi stożkowate **wrzecionko** (*modiolus*). Dookoła wrzecionka biegnie ku górze wyrastająca z niego kostna **blaszka spiralna**. Nie dochodzi ona do przeciwległej ściany kanału ślimaka, kończąc się ostrym brzegiem, od którego biegnie **blona spiralna**, łącząca się z boczną ścianą ślimaka kostnego. Błona spiralna jest częścią ślimaka błoniastego. Obydwie błony, tj. spiralna kostna i spiralna tworzą **blaszkę podstawną**, dzielącą poprzecznie **kanal spiralny ślimaka** na dwa **piętra**, nazywane **schodami**. Niższe piętro, bliższe podstawy ślimaka nosi nazwę **schodów bębienka**, natomiast wyższe – **schodów przedsionka**. Schody połączone są szparą osklepka, znajdującą się przy wierzchołku ślimaka.

W świetle schodów przedsionka biegnie **blona przedsionkowa**, oddzielająca dolną zewnętrzną część ich przestrzeni, która tworzy **przewód ślimakowy** (*ductus cochlearis*). W przewodzie ślimakowym na błonie podstawnej leży **narząd ślimakowy** (spiralny, Cortiego) odbierający drgania i przetwarzający je na impulsy nerwowe. Zasadniczymi komórkami

tego narządu są **komórki nerwowe zmysłowe**, zwane **komódkami słuchowymi** lub **rzęsatymi**. Są one ułożone w komórkach zrębowych podpórkowych, których wyróżniamy trzy rodzaje: komórki filarowe, Deitersa i Hensena. **Komórki filarowe**, odsunięte od siebie podstawami tworzą **tunel wewnętrzny Cortiego**, po obu stronach którego leżą komórki rzęsate zewnętrzne (3 – 5 rzędów) i wewnętrzne (1 rząd). **Komórki rzęsate** występują w liczbie około 15 000, a każda z nich na powierzchni ma od 20 – 60 włosków, które uciskane są w momencie drgań i drażnione odpowiednio do siły częstotliwości fali akustycznej.

Kanały półkoliste w ilości trzech położone są mniej więcej w trzech płaszczyznach w błędniku kostnym. Kanał przedni ułożony jest nieco skośnie w stosunku do płaszczyzny strzałkowej, **tylny** – do czołowej, natomiast **boczny** leży w płaszczyźnie poziomej. W kanałach kostnych mieszczą się **kanały półkoliste błoniaste**, zajmujące zaledwie 1/5 powierzchni przekroju poprzecznego kanału kostnego. Przewody błoniaste otoczone są przychłonką i połączone pasemkami łącznotkankowymi z ścianami kanałów kostnych.

Kanały półkoliste kończą się **bańką**, w której leży sierpowaty **grzebień bańkowy**, ustawiony poprzecznie do płaszczyzny danego kanału, pokryty **nabłonkiem nerwowym zmysłowym**, odbierającym podniety. Komórki nabłonka na powierzchni mają włoski i są otoczone drobnymi rozgałęzieniami części przedsionkowej nerwu VIII (przedsionkowoślimakowatego).

Na powierzchni wolnej grzebienia kształtu siodełkowatego leży galaretowaty twór, zwany **osklepkim**, do którego wnika ją **włoski komórek nabłonka nerwowego**, pokrywającego

grzebień bańki. Są one receptorami **zmysłu równowagi**, który informuje o wszystkich zmianach przyśpieszenia.

Kanały półkoliste wypełnione są **śródechłonką**, która zmienia położenie przy ruchach głowy. Prąd **śródechłonki** porusza **osklepek** grzebieni bańkowych i **podrażnia włoski** nabłonków zmysłowych, skąd stany pobudzenia przenoszone są drogą gałązek nerwu VIII do ośrodkowego układu nerwowego.

Łagiewka (wydłużona) i **woreczek** (bardziej kulisty) jako części błędnika błoniastego znajdują się w **przedsionku kostnym** ucha wewnętrznego. Otoczone są one **śródechłonką**, tworzącą duży zbiornik, połączony z przestrzenią podpajęczynówkową mózgowia przewodem przychłonkowym.

W łagiewce i woreczku znajdują się powierzchnie pokryte **nabłonkiem nerwowym**, nazywane **plamkami: plamka łagiewki** (płaszczyzna pozioma) i **woreczka** (płaszczyzna strzałkowa). Nabłonek nerwowy podobny jest do nabłonka grzebieni bańkowych, przy czym zamiast osklepka, pokryty jest galaretowatą **bloną kamyczkową**, zawierającą kryształki fosforanu i węglanu wapnia, zwane **statokoniami**.

[Ryc. 95 patrz: Budowa narządu przedsionkowo-ślimakowego, w: Johannes Sobotta, *Histologia. Kolorowy atlas...*, dz. cyt.]

W plamkach łagiewki i woreczka nacisk **statokonii**, zależnie od położenia głowy daje poczucie **równowagi** lub jej **utraćy**, wrażenie spadania lub wznoszenia się.

Droga słuchowa należy do dróg trójneuronowych. **Pierwszy neuron** znajduje się w zwoju ślimaka leżącym w kanale spiralnym ślimaka. Ich wypustki obwodowe dochodzą do **narządu spiralnego**, a wypustki dośrodkowe tworzą część ślimakową **nerwu przedsionkowo-ślimakowego**, biegnącą do jąder

krańcowych: brzuszego i grzbietowego ślimaka, w którym występują ciała komórkowe **drugiego neuronu**. **Trzeci neuron** znajduje się w **ciele kolankowym** i we wzgórku dolnym **blaszki pokrywy**, skąd impulsy biegną do **ośrodków korowych** znajdujących się w **zakrętach poprzecznych**.

Droga zmysłu równowagi również jest trójneuronowa. **Pierwszy neuron** znajduje się w zwoju przedsionkowym, położonym w dnie przewodu słuchowego wewnętrznego. Ich wypustki obwodowe biegną do **nabłonka zmysłowego** plamki łagiewki i woreczka oraz grzebieni bańkowych. Wypustki dośrodkowe tworzą część przedsionkową **nerwu przedsionkowo-ślimakowego**, dochodząc do jąder krańcowych: **jąder przedsionkowych** – przyśrodkowego, bocznego, górnego i dolnego. Ciało **trzeciego neuronu** położone jest wg jednych badaczy w **mózdzku**, innych – we **wzgórzu**. Ośrodki korowe znajdują się w **zakręcie skroniowym górnym**.

Z drugiego i trzeciego neuronu impulsy mogą biec do **jąder nerwów czaszkowych** i do **rdzenia kręgowego**, które to mogą wywołać natychmiastową **korekcję napięcia mięśniowego** kończyn i tułowia, jak również i ustawienia **gałek ocznych** w odpowiedzi na zmianę położenia głowy w stosunku do tułowia.

LITERATURA

1. Cichocki T., Litwin J., Marecka J.: *Kompendium histologii*. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego. Kraków 2009.
2. Gołąb B.: *Podstawy anatomii człowieka*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL. Warszawa 2005.
3. Sawicki W., Malejczyk J.: *Histologia*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL Warszawa 2012.
4. Sawicki W.: *Histologia*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2003
5. Young B., Lowe J. i wsp.: *Histologia*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL Warszawa 2010.
6. Welsch U.: Sobotta. *Histologia. Kolorowy atlas cytologii i histologii człowieka*. Urban & Partner. Wrocław 1998.
7. Welsch U.: *Atlas histologii człowiek*. Urban & Partner, Wrocław 2002.
8. Zabel M. (red): *Histologia*. Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner Wrocław 2006.
9. Zabel M.: *Histologia. Podręcznik dla studentów medycyny i stomatologii*. Wydawnictwo Medyczne. Urban & Partner. Wrocław 2013.
10. Zawistowski S.: *Zarys histologii*. PZWL. Warszawa 1976.

Autor skryptu, dr Wiktor Dźygóra, ukończył studia magisterskie, a następnie doktoryzował się w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Krakowie uzyskując tytuł doktora nauk przyrodniczych.

Twórca i realizator trzech edycji studiów podyplomowych w zakresie „Przyrody” – grantu przyznanego przez MEN, współtwórca i realizator studiów podyplomowych „Ekologia i ochrona środowiska – aspekty ekonomiczno-prawne i przyrodnicze” i in.

Autor wielu artykułów i skryptów bezpośrednio związanych z realizowanymi kierunkami studiów w KPSW w Jeleniej Górze. Jest recenzentem kilkudziesięciu programów i podręczników szkolnych. Nadto jest ekspertem w zakresie programów i podręczników szkolnych, środków dydaktycznych oraz awansu zawodowego nauczycieli.



K P S W

**KARKONOSKA PAŃSTWOWA
SZKOŁA WYŻSZA
w Jeleniej Górze**

ISBN 978-83-61955-45-0