

I. Ogólny schemat układu nerwowego

1. Podział układu nerwowego

UKŁAD NERWOWY składa się z dwóch części:

- ośrodkowego układu nerwowego (central nervous system)
- obwodowego układu nerwowego (peripheral nervous system)

OŚRODKOWY UKŁAD NERWOWY (CNS/OUN) mieści się wewnątrz czaszki i kręgosłupa. Składa się on z dwóch części:

- mózgu (brain)
- rdzenia kręgowego (spinal cord)

OBWODOWY UKŁAD NERWOWY (PNS) mieści się na zewnątrz czaszki i kręgosłupa. Składa się z dwóch części:

- somatycznego układu nerwowego (somatic nervous system)
- autonomicznego układu nerwowego (autonomic nervous system)

SOMATYCZNY UKŁAD NERWOWY (SNS) jest tą częścią obwodowego układu nerwowego (PNS), która zajmuje się wymianą informacji ze środowiskiem zewnętrznym. Składa się on z dwóch typów włókien nerwowych:

- nerwów aferentnych
- nerwów eferentnych

WŁÓKNA AFERENTNE (doprowadzające, centropetalne) przenoszą sygnały sensoryczne (czuciowe) ze skóry, mięśni szkieletowych, stawów, oczu, uszu, itp. do ośrodkowego układu nerwowego (OUN).

WŁÓKNA EFERENTNE (odprowadzające, centrofugalne) przenoszą sygnały motoryczne (ruchowe) z ośrodkowego układu nerwowego (OUN) do mięśni szkieletowych.

AUTONOMICZNY UKŁAD NERWOWY (ANS/AUN) jest tą częścią obwodowego układu nerwowego (PNS), która odpowiedzialna jest za regulację wewnętrznego środowiska ustroju. Składa się on z dwóch typów włókien nerwowych:

- nerwów aferentnych
- nerwów eferentnych

Włókna aferentne doprowadzają sygnały czuciowe z organów wewnętrznych do OUN, **eferentne** zaś sygnały ruchowe z OUN do organów wewnętrznych.

Autonomiczny układ nerwowy posiada poza tym dwa typy **nerwów eferentnych** (włókien ruchowych):

- nerwy sympatyczne (układ współczulny)
- nerwy parasympatyczne (układ przywspółczulny)

Do **UKŁADU WSPÓŁCZULNEGO** należą te nerwy ruchowe autonomicznego układu nerwowego (AUN), których ciała komórek mieszczą się w części **piersiowo-lędźwiowej** (thoracic-lumbar) rdzenia kręgowego (OUN).

Do **UKŁADU PRZYWSPÓŁCZULNEGO** należą te **nerwy ruchowe** autonomicznego układu nerwowego (AUN), których ciała komórek mieszczą się w samym **mózgu** oraz w części **krzyżowej** (sacral) rdzenia kręgowego (OUN).

Wszystkie włókna współczulne i przywspółczulne należą do **dwuetapowych dróg nerwowych**

- aksony ich neuronów, wychodzące z ośrodkowego układu nerwowego, nie docierają do samych organów docelowych, lecz **tworzą synapsy** z innymi neuronami (neuronami pośredniczącymi), które dopiero doprowadzają impuls do celu

Czy to zapośredniczenie jest dokładnie takie samo dla nerwów sympatycznych i parasympatycznych?

Nie!

- aksony neuronów **układu współczulnego** (wychodzące z OUN) tworzą synapsy z neuronami pośredniczącymi w **znacznym oddaleniu** od ich organów docelowych
- aksony neuronów **układu przywspółczulnego** (wychodzące z OUN) tworzą synapsy z neuronami pośredniczącymi w **pobliżu** ich organów docelowych

Jakie funkcje pełnią układy sympatyczny i parasympatyczny? Istnieją trzy istotne zasady:

1.
 - włókna współczulne pobudzają, organizują i mobilizują zasoby energetyczne w sytuacji zagrożenia
 - włókna przywspółczulne służą zachowaniu zasobów energetycznych organizmu
2.
 - do każdego organu docelowego autonomicznego układu nerwowego docierają mające przeciwny efekt sygnały współczulne i przywspółczulne
 - aktywność AUN kontrolowana więc jest przez względne poziomy pobudzenia obu układów
3.
 - zmiany w układzie współczulnym wskazują na psychologiczne pobudzenie
 - zmiany w układzie przywspółczulnym wskazują na psychologiczne odprężenie

ALE UWAGA!

Co do każdej z tych zasad istnieją istotne wyjątki

Większość nerwów obwodowego układu nerwowego ma swój początek w rdzeniu kręgowym, istnieją co do tego jednak wyjątki:

- mające początek w określonych okolicach mózgu **12 par NERWÓW CZASZKOWYCH**

Ponumerowane są one w kolejności z przodu mózgu do tyłu. Należą do nich tak nerwy wyłącznie **czuciowe** (np. nerwy węchowy i wzrokowy) czy **ruchowe** (np. nerw okoruchowy czy blozkowy), jak i nerwy **mieszane** (np. twarzowy czy błędny)

Włókna ruchowe AUN nerwów czaszkowych są **przywspółczulne**.

2. Opony mózgowe

OUN mieści się w strukturze kostnej i pokryty jest trzema ochronnymi błonami - **OPONAMI MÓZGOWYMI**.

1. najbardziej zewnętrzna z opon nazywana jest **OPONĄ TWARDĄ** (*dura mater*)

Zbudowana jest ze zbitej tkanki łącznej, jej wypustki pozwalają ograniczyć ruchomość mózgowia. Opona twarda jest gruba, twarda, giętka, lecz nierozciągliwa.

Do jej licznych zatok żylnych wnikają **ZIARNISTOŚCI PAJĘCZYNÓWKI** (małe, grzybkowate zgrubienia wychodzące z pajęczynówki), które tą drogą odprowadzają do krwi przeważającą część płynu mózgowo-rdzeniowego.

2. bezpośrednio pod oponą twardą znajduje się **PAJĘCZYNÓWKA** (*arachnoid membrane*)

Zbudowana jest z delikatnej tkanki łącznej, nie posiada naczyń krwionośnych. Ma podobną budowę do opony miękkiej.

=> pod pajęczynówką znajduje się przestrzeń nazywana **JAMĄ PODPAJĘCZYNÓWKOWĄ** (*subarachnoid space*)

Jama podpajęczynówkowa wypełniona jest **płynem mózgowo-rdzeniowym**, zawiera również liczne duże naczynia krwionośne, jak i drobne włókna tkanki, które łączą oponę miękką i oponę pajęczą.

3. najbardziej wewnętrzna błona okrywająca mózg nazywana jest **OPONĄ MIĘKKĄ** (*pia mater*)

Zbudowana jest z delikatnej, dobrze unaczynionej tkanki łącznej. Ściśle przylega ona do powierzchni mózgu i rdzenia kręgowego.

Na zewnątrz ośrodkowego układu nerwowego (CNS) **opony twarda i miękką** łączą się (dokonują fuzji) pokrywając nerwy czaszkowe i rdzeniowe oraz zwoje obwodowe.

Tak więc:

Obwodowy układ nerwowy (PNS) pokryty jest tylko dwoma oponami mózgowymi!

3. Komory mózgu i płyn mózgowo-rdzeniowy

Ośrodkowy układ nerwowy chroniony jest również przez **płyn mózgowo-rdzeniowy** (*cerebrospinal fluid - CSF*), który znajduje się w:

- przestrzeni podpajęczynówkowej
- kanale środkowym rdzenia kręgowego
- układzie komorowym mózgu

KANAŁ ŚRODKOWY rdzenia kręgowego jest małym, centralnie położonym kanałem biegnącym przez całą długość rdzenia kręgowego.

KOMORY MÓZGU to cztery połączone ze sobą, wypełnione CSF jamy położone wewnątrz mózgu:

- dwie komory boczne
- komora III
- komora IV

Największe z nich to (położone wewnątrz półkul mózgu) **KOMORY BOCZNE**, połączone z komorą trzecią. Przez środek (znajdującej się w międzymózgowiu) komory trzeciej przebiega most tkanki nerwowej nazywany **zrostem międzyszwórzowym** (*massa intermedia*). **KOMORA TRZECIA** połączona jest z komorą czwartą przez (leżącą w śródmózgowiu) podłużną strukturę nazywaną **wodociągiem mózgu** lub **kanalem Sylwiusza**. **KOMORA CZWARTA** mózgu leży między mózdzkiem a pniem mózgu.

Jama podpajęczynówkowa, kanał środkowy oraz komory mózgu tworzą pojedynczy rezerwuuar. Połączone są ze sobą serią otworów.

Płyn mózgowo-rdzeniowy pełni wobec mózgu funkcje buforowe, ochronne i regulacyjne.

PLYN MÓZGOWO-RDZENIOWY (CSF) jest bezustannie wytwarzany z krwi przez **SPLIT NACZYNIÓWKOWY** (*choroid plexus*) - sieć naczyń włosowatych (*kapilar*) wystających ze ścian wszystkich komór mózgowych przez błonę opony miękkiej.

Nadmiar płynu mózgowo-rdzeniowego jest nieustannie usuwany z jamy podpajęczynówkowej do dużych, wypełnionych krwią przestrzeni (**zatok żylnych**) w oponie twardej mózgu.

Do **ZATOK ŻYLNICH OPONY TWARDEJ** wpuklają się **ziarnistości pajęczynówki**, przez które wchłania się płyn mózgowo-rdzeniowy.

=> Ponieważ mózg zanurzony jest w płynie mózgowo-rdzeniowym (CSF), jego względna masa wynosi zaledwie 50-80 gramów (wobec rzeczywistej masy ok. 1400 gramów!)

=> całkowita objętość CSF wynosi ok. 125 ml, pełna jego wymiana trwa ok. 6 godzin

4. Bariera krew-mózg

BARIERA KREW-MÓZG jest mechanizmem uniemożliwiającym przenikanie z krwi do mózgu wielu toksycznym substancjom.

=> istnienie takiej bariery jest konsekwencją szczególnej **struktury** mózgowych naczyń krwionośnych

- komórki ścian naczyń krwionośnych są w mózgu **gęsto upakowane**, tworząc w ten sposób barierę nieprzepuszczalną dla niektórych cząsteczek, szczególnie cząsteczek białek (ale też innych dużych molekuł)

=> bariera krew-mózg jest jednak przepuszczalna dla niektórych dużych cząsteczek

- niektóre z nich, niezbędne dla funkcjonowania mózgu (np. glukoza) są czynnie transportowane przez ściany mózgowych naczyń krwionośnych

=> ścianki naczyń krwionośnych są w niektórych obszarach mózgu przepuszczalne dla danego typu dużych cząsteczek, a w innych nie (np. hormony płciowe)

REASUMUJĄC (i uzupełniając):

Barierę krew-mózg tworzą komórki nabłonkowe naczyń włosowatych. Jest ona strukturą o bardzo selektywnej przepuszczalności, umożliwiającą przechodzenie do mózgu wody, niektórych gazów oraz substancji rozpuszczalnych w tłuszczach. Zawiera ona również system transporterów selektywnie przenoszący większe cząsteczki ważne dla funkcjonowania neuronów.

II. Komórki układu nerwowego

Istnieją dwa fundamentalnie różne typy komórek:

- komórki nerwowe (neurony)
- komórki podporowe

1. Anatomia komórek nerwowych

NEURONY są komórkami wyspecjalizowanymi w odbiorze, przewodzeniu oraz przekazywaniu impulsów elektrochemicznych.

A. Błona komórkowa neuronu

Błona komórkowa neuronu zbudowana jest z **podwójnej warstwy LIPIDÓW** (cząsteczek tłuszczu). W warstwie tej zagnieżdżone jest wiele cząstek białka (protein). Białka te są podstawą wielu własności funkcjonalnych błony komórkowej.

- niektóre z tych protein należą do **BIAŁEK KANAŁOWYCH**, przez które przenikać mogą różnego typu cząsteczki
- inne należą do **BIAŁEK SYGNAŁOWYCH**, których zadaniem jest przekazywanie informacji do wnętrza komórki

B. Klasyfikacja neuronów

Klasyfikacja ze względu na liczbę wypustek:

- => NEURONY WIELOBIEGUNOWE, mające wiele wypustek odchodzących od ciała neuronu (dominujące)
- => NEURONY JEDNOBIEGUNOWE, mające tylko jedną wypustkę
- => NEURONY DWUBIEGUNOWE, mające dwie wypustki

Neurony posiadające bardzo krótkie aksony lub w ogóle ich nie posiadające zwane są **INTERNEURONAMI** (neuronami wstawkowymi). Integrują one aktywność nerwową w danej strukturze mózgowej.

Istnieją dwa rodzaje większych struktur nerwowych w układzie nerwowym:

- te składające się głównie z ciał komórek
- te składające się głównie z aksonów

Zagęszczenia ciał komórek nerwowych nazywane są **JĄDRAM** w ośrodkowym układzie nerwowym, a w obwodowym układzie nerwowym **ZWOJAMI**.

Wiązki **aksonów** znajdujące się w ośrodkowym układzie nerwowym nazywane są **SZLAKAMI** lub **DROGAMI NERWOWYMI**, a w obwodowym układzie nerwowym **NERWAMI**.

2. Komórki glejowe i komórki satelitarne

Neurony ośrodkowego układu nerwowego wspomagane są fizycznie i funkcjonalnie przez **KOMÓRKI GLEJOWE**, a w obwodowym układzie nerwowym przez **KOMÓRKI SATELITARNE**.

- tworzą one pewnego rodzaju strukturalną matrycę spajającą obwody nerwowe
- wchłaniają one obumarte komórki i inne resztki

Największymi **komórkami glejowymi** są **ASTROCYTY**. Ich rozchodzące się promieniście we wszystkie strony wypustki pokrywają zewnętrzną powierzchnię naczyń krwionośnych. Posiadają one również styczność z ciałami komórek neuronów.

- uważa się, że **astrocyty** odgrywają ważną rolę w transporcie substancji chemicznych z krwi do neuronów [(Sadowski twierdzi, że przypuszczenie to nie potwierdziło się; Longstaff, że jest to możliwe)]
- uważa się, że pełnią one funkcje podporowe dla neuronów: rozdzielają i grupują włókna nerwowe, uczestniczą w procesach metabolicznych oraz przechowują nadmiar jonów potasu

Wypustki **OLIGODENDROCYTÓW** są nieliczne, same komórki zaś małe. Owijają się one (wypustki) wokół aksonów niektórych komórek ośrodkowego układu nerwowego.

- wypustki te bogate są w **MIELINĘ** (izolującą substancją tłuszczową)
 - **OSŁONKA MIELINOWA** zwiększa prędkość i wydajność przewodnictwa aksonalnego
- => podobną funkcję w obwodowym układzie nerwowym odgrywają **KOMÓRKI SCHWANNA** (neurolemocyty) należące do **komórek satelitarnych**
- każda **komórka Schwanna** stanowi pojedynczy segment mieliny (czyli mielinizuje tylko jedno międzywęźle tylko jednego aksonu obwodowego) podczas gdy każdy **oligodendrocyt** tworzy wiele takich segmentów (do 30) na wielu zazwyczaj aksonach
 - wyłącznie **komórki Schwanna** są w stanie brać udział w regeneracji i powtórnej mielinizacji uszkodzonych aksonów obwodowych

Do komórek glejowych należą też **MIKROGLEJ** i **EPENDYMA**.

- => **komórki wyściółki** (ependymy) wyścielają kanał środkowy rdzenia kręgowego oraz komory mózgu
- => **mikroglej**, który jest aktywowany przez procesy zapalne i zwyrodnieniowe, spełnia funkcje makrofagów (potrafi się przemieszczać, jak również pożera resztki obumartej tkanki nerwowej)

Co poza tym wiemy o komórkach glejowych?

- potrafią one brać udział w przekazywaniu impulsów chemicznych, poprzez wysyłanie impulsów do komórek nerwowych oraz odbieranie sygnałów z komórek nerwowych
- potrafią one kontrolować tworzenie się oraz utrzymanie synaps

III. Techniki neuroanatomiczne oraz określanie położenia

1. Techniki neuroanatomiczne

Jaki jest główny problem w wizualizacji komórek nerwowych?

Wcale nie to, że są one tak małe! Najgorsze jest to, że są one tak ciasno upakowane a ich aksony i dendryty tak zniechęcająco ze sobą poplątane, że oglądanie pod mikroskopem nieprzygotowanej tkanki nerwowej jest frustrujące! Niczego prawie nie widać.

Co jest więc kluczem satysfakcjonujących studiów neuroanatomicznych?

Kluczem tym jest takie przygotowanie tkanki, by zależnie od użytej techniki zobaczyć można było wyraźnie różne aspekty struktury komórki nerwowej (lub ich organizacji).

A. Metoda Golgiego

Odkryta przypadkiem przez CAMILLO GOLGIEGO, włoskiego lekarza, w **1873 roku**. Dzięki tej metodzie barwienia tkanki nerwowej możliwe stało się po raz pierwszy zobaczenie pojedynczego neuronu (w zarysie; cały neuron, a częściej jakaś jego część, zabarwiał się całkiem na czarno).

Przełomowe w tej technice było to, iż tylko ok. jeden na dziesięć neuronów ulegał zabarwieniu (inaczej dostalibyśmy masę zabarwionych na czarno neuronów, w której nic nie dałoby się zobaczyć).

B. Metoda Nissla

Metoda Golgiego nie daje nam jednak żadnej wskazówki na temat tego, ile neuronów może się znajdować w danej strukturze nerwowej (na danym obszarze mózgu) ani własności ich wewnętrznej budowy.

Odkryta przez niemieckiego psychiatrę, FRANZA NISSLA, pod koniec XIX wieku (po Golgim), metoda ta pozwala zabarwić wszystkie komórki danej struktury, ale tylko na obszarze ciała komórki. Dzięki temu możemy je policzyć.

C. Mikroskopia elektronowa

Dostarcza informacji na temat szczegółowej struktury komórek nerwowych.

Najpopularniejsze w użyciu mikroskopy mają granicę, poza którą nie są w stanie dalej powiększać. Jest to związane z własnościami samego światła i wynosi dla mikroskopu świetlnego ok. 1500 razy. Nie wystarczy to, by zobaczyć neuron w szczególe.

W mikroskopii elektronowej preparat tkanki nerwowej wkładany jest do substancji absorbującej elektrony, która reaguje z różnymi obszarami tkanki w różnym stopniu. Przez tak przygotowany preparat leżący nad kliszą fotograficzną przepuszczana jest następnie wiązka elektronów. W wyniku tego procesu powstaje **mikrografia elektronowa**.

SKANINGOWY MIKROSKOP ELEKTRONOWY potrafi wykonywać fotografie trójwymiarowe, choć w nieco mniejszym powiększeniu.

D. Metody barwienia mieliny

Opracowane specjalnie do badania aksonów.

Użyteczne do wizualizacji zmielinizowanych obszarów ośrodkowego układu nerwowego, ale nie do wizualizacji szlaków pojedynczych aksonów.

Ten rodzaj barwienia nie sprawdza się oczywiście w sytuacji, gdy aksony są niezmielinizowane. Nie pokazuje on również początkowych oraz końcowych odcinków aksonów. No i wszystkie aksony są zabarwione bez wyjątku.

E. Neuroanatomiczne metody szlakowania (tracing techniques)

Istnieją dwie odmiany metod szlakowania:

- szlakowania następcze (*anterograde tracing methods*)
- szlakowania zwrotne (*retrograde tracing methods*)

METODY SZLAKOWANIA NASTĘPCZEGO stosowane są dla określania ścieżek aksonów wychodzących z ciał komórek nerwowych położonych na danym obszarze. Zapodany tam barwnik absorbowany jest przez ciała położonych tam komórek i transportowany do ich aksonów.

METODY SZLAKOWANIA ZWROTNEGO stosowane są dla określania ścieżek aksonów mających swoje ujścia położone na danym obszarze. Zapodany tam barwnik absorbowany jest przez kolbki synaptyczne i transportowany zwrótnie do ciał komórek.

2. Określanie położenia

Kierunki określane są zawsze w odniesieniu do położenia **rdzenia kręgowego**.

Układ nerwowy kręgowców posiada trzy osie:

- **ROSTRALNY** - **KAUDALNY** (czołowy - ogonowy)
- **DORSALNY** - **WENTRALNY** (grzbietowy - brzuszny)
- **MEDIALNY** - **LATERALNY** (przyśrodkowy - boczny)

Dodatkowo używane są terminy **dolny** i **górny**, **proksymalny** (bliski, bliższy) i **dystalny** (daleki, dalszy) oraz **ipsilateralny** (po tej samej stronie ciała) i **kontralateralny** (po przeciwnej stronie ciała).

Terminologia dotycząca przekrojów mózgu:

- **PRZEKRÓJ CZOŁOWY** (transverse/cross/frontal section)
- **PRZEKRÓJ POZIOMY** (horizontal section)
- **PRZEKRÓJ STRZAŁKOWY** (sagittal/midsagittal section)

IV. Rdzeń kręgowy

Rdzeń kręgowy składa się z dwóch różnych obszarów:

- zbudowanego z **istoty szarej** wewnętrznego rdzenia w kształcie **liter H** (ciała komórki)
- otaczającego go obszaru **istoty białej** (zmielinizowanych aksonów)

=> dwa **grzbietowe ramiona** istoty szarej rdzenia kręgowego nazywamy **ROGAMI GRZBIETOWYMI**

=> dwa **brzuszne ramiona** istoty szarej rdzenia kręgowego nazywamy **ROGAMI BRZUSZNYMI**

Z rdzeniem kręgowym połączone są **pary NERWÓW RDZENIOWYCH**; par tych jest **31**, po jednej na każdy jego poziom.

=> każdy z tych **62 nerwów rdzeniowych** w trakcie zbliżania się do rdzenia kręgowego rozdziela się

=> tak rozdzielone nerwy łączą się ze rdzeniem kręgowym przez **jeden z dwóch korzeni**:

- **korzeń grzbietowy**
- **korzeń brzuszny**

=> wszystkie **aksony korzeni grzbietowych** (somatyczne lub autonomiczne) należą do **jednobiegunowych neuronów czuciowych**

- ich ciała komórek zgrupowane są razem tuż na zewnątrz rdzenia kręgowego tworząc **GRZBIETOWY ZWÓJ RDZENIOWY**
- wiele **grzbietowych zwojów rdzeniowych** tworzy synapsy wewnątrz **rogów grzbietowych** istoty szarej rdzenia kręgowego

=> wszystkie **aksony korzeni brzusznych** (somatyczne lub autonomiczne) należą do **wielobiegunowych neuronów ruchowych**

- ich ciała komórek zgrupowane są wewnątrz **rogów brzusznych** istoty szarej rdzenia kręgowego
 - a. te, które należą do **somatycznego układu nerwowego (SNS)** wysyłają aksony do **mięśni szkieletowych**
 - b. te, które należą do **autonomicznego układu nerwowego (ANS)** połączone są ze **zwojami nerwowymi**, których neurony tworzą synapsy z **organami wewnętrznymi**

V. Pięć głównych części mózgu

Zrozumienie dlaczego mózg zwyczajowo dzielimy na **pięć głównych części** wymaga zaznajomienia się z **wczesnym jego rozwojem**.

- u płodu tkanka, która rozwinie się w ośrodkowy układ nerwowy ma postać **wypełnionej płynem rurki**
- pierwszym sygnałem rozwijającego się mózgu jest **powstanie trzech wybrzuszeń**, pojawiających się w przedniej części tej rurki, które docelowo rozwijają się w
 1. **PRZODOMÓZGOWIE**
 2. **ŚRÓDMÓZGOWIE**
 3. **TYŁOMÓZGOWIE**
- te **trzy wybrzuszenia** podlegają przed porodem **dalszym podziałom**; docelowo jest ich **pięć** (przodomózgowie i tyłomózgowie dzielą się, każde na dwie części)

Z przodu do tyłu te pięć docelowych struktur to:

1. **kresomózgowie**
2. **międzymózgowie**
3. **śródmózgowie**
4. **tyłomózgowie wtórne**
5. **rdzeniomózgowie (rdzeń przedłużony)**

Międzymózgowie, śródmózgowie, tyłomózgowie wtórne i rdzeniomózgowie tworzą **pień mózgu**.

VI. Główne struktury mózgu

1. Rdzeniomózgowie (myelencephalon)

RDZENIOMÓZGOWIE (rdzeń przedłużony) składa się głównie z **dróg nerwowych** (szlaków nerwowych) odpowiedzialnych za wymianę informacji między resztą mózgu a ciałem.

- rozwija się z **tylnej części tyłomózgowia** i jest najbardziej tylną częścią mózgu

=> **TWÓR SIATKOWATY** (reticular formation) jest złożoną siecią prawie stu niewielkich jąder

- zajmuje on **środkowy rdzeń pnia mózgu**, od tylnej granicy rdzeniomózgowia aż do przedniej granicy śródmózgowia
- czasami określany jest jako **AKTYWUJĄCY UKŁAD SIATKOWATY** (reticular activating system, **RAS**), ponieważ jego części odgrywają rolę we wzbudzeniu
- należące do **tworu siatkowatego jądra** są zaangażowane w kontrolę bardzo wielu funkcji
 - > snu
 - > uwagi
 - > czuwania
 - > poruszania się
 - > utrzymania odpowiedniego tonusu mięśniowego
 - > różne odruchy dotyczące serca, cyrkulacji krwi i oddychania

Pamiętać należy, że w mózgu wszystko prócz szyszynki występuje w parach. Mówimy więc o tworze siatkowatym, ale tak naprawdę mamy je dwa, po lewej i prawej stronie. Większość szlaków tam biegnących ulega skrzyżowaniu w moście. **Twór siatkowaty** jest anatomiczną podstawą **układu siatkowatego**, to prawie to samo, ale nie do końca. Do układu siatkowatego należą struktury tworzy siatkowatego, ale też parę innych.

2. Tyłomózgowie wtórne (metencephalon)

Dwie główne struktury tyłomózgowia wtórnego, prócz części tworu siatkowatego, to:

- most (pons)
- mózdzek (cerebellum)

TYŁOMÓZGOWIE WTÓRNE to struktura składająca się z wielu **zstępujących i wstępujących dróg nerwowych** oraz części **tworu siatkowatego**.

=> struktury te tworzą wybrzuszenie zwane **MOSTEM** (pons) na brzusznej powierzchni pnia mózgu

- **most** położony jest pomiędzy śródmózgowiem i rdzeniem przedłużonym (rdzeniem mózgowym)
- **rdzeń mostu** zawiera część **tworu siatkowatego**, w tym jądra zaangażowane w procesy snu i wzbudzenia
- zawiera on również duże jądra odpowiedzialne za **wymianę informacji** pomiędzy korą mózgu a mózdzkiem

=> **MÓZDZEK** to bardzo ważna **struktura sensomotoryczna** znajdująca się na grzbietowej powierzchni pnia mózgu. Odpowiada on za koordynację ruchów i postawę ciała.

- do **mózdzku** docierają impulsy wzrokowe, słuchowe, przedsionkowe i somatosensoryczne, jak również informacje o poszczególnych ruchach mięśni kontrolowanych przez mózg. Mózdzek dokonuje integracji tych informacji i stosownie do tego modyfikuje opuszczające mózg bodźce ruchowe, koordynując je i wygładzając
- **uszkodzenie mózdzku** pozbawia zdolności do precyzyjnego kontrolowania ruchów ciała i dostosowywania ich do zmieniających się warunków. Ruchy stają się szarpane, przesadne, nieskoordynowane, a gdy uszkodzenie jest rozległe, niemożliwe jest nawet stanie
- skutkiem **uszkodzenia mózdzku** są również liczne deficyty poznawcze, co sugeruje, że jego funkcja nie jest ograniczona wyłącznie do kontroli sensomotorycznej

3. Śródmózgowie (mesencephalon)

Śródmózgowie, otaczające wodociąg mózgu, składa się z dwóch głównych części:

- pokrywy (tectum)
- nakrywki (tegmentum)

POKRYWA położona jest w grzbietowej części śródmózgowia. U ssaków pokrywa zbudowana jest z dwóch par guzków nazywanych **WZGÓRKAMI** (colliculi). Są one widoczne na powierzchni grzbietowej pnia mózgu.

- **wzgórki dolne** (inferior colliculi), położone w części tylnej pokrywy, należą do układu słuchowego
- **wzgórki górne** (superior colliculi), położone w części przedniej pokrywy, należą do układu wzrokowego

U niższych kręgowców pokrywa pełni funkcje wyłącznie wzrokowe; jest ona odpowiedzialna za **odruchy wzrokowe** (visual reflexes) oraz **reakcje na poruszające się bodźce**.

###

NAKRYWKA położona jest brzusznie do pokrywy. Zawiera ona czołową część **tworu siatkowatego**, kilka jąder kontrolujących ruch oczu oraz liczne **drogi nerwowe**, jak również trzy barwne struktury:

- **istota szara okołowodociągowa** (periaqueductal gray)
- **istota czarna** (substantia nigra)
- **jądro czerwienne** (red nucleus)

ISTOTA SZARA OKOŁOWODOCIĄGOWA składa się z istoty szarej otaczającej **wodociąg mózgu** (cerebral aqueduct). Zawiera ona obwody nerwowe kontrolujące sekwencje ruchów specyficznych dla danego gatunku (reakcje walki czy parzenia się). Neurony tego właśnie obszaru posiadają również receptory wrażliwe na działanie opiatów (np. morfiny), obniżając wrażliwość organizmu na ból.

WODOCIĄG MÓZGU jest przebiegającym przez środek śródmózgowia kanałem łączącym trzecią komorę mózgu z czwartą.

Jeśli chodzi o **ISTOTĘ CZARNĄ** i **JĄDRO CZERWIENNE**, obie struktury należą do ważnych komponentów układu sensomotorycznego mózgu.

Wiązka aksonów wychodząca z **jądra czerwienno** stanowi jeden z dwóch głównych układów włókien nerwowych przekazujących informacje ruchowe z kory mózgowej i mózdzku do rdzenia kręgowego.

Istota czarna zawiera neurony, których aksony dochodzą do jądra ogoniastego i skorupy (należących do zwojów podstawy).

4. Międzymózgowie (diencephalon)

Międzymózgowie składa się z dwóch głównych części:

- wzgórze (thalamus)
- podwzgórze (hypothalamus)

WZGÓRZE jest dużą, podwójną strukturą położoną na szczycie pnia mózgu i stanowi grzbietową część międzymózgowia. Jest to największa jego część.

- jak już powiedziałem struktura ta zorganizowana jest w **dwa skupiska jąder** o jajowatym kształcie; pomiędzy tymi „jajami” znajduje się **komora trzecia mózgu**
- oba wzgórza połączone są przez zbudowany z istoty szarej most zwany **zrostem międzywzgorzowym** (massa intermedia), który przechodzi przez środek trzeciej komory. Nie wydaje się on odgrywać żadnej poważniejszej roli, ponieważ u wielu ludzi całkiem go brak
- widoczna na powierzchni wzgórza znajduje się **blaszka rdzenna** zbudowana ze zmielinizowanych aksonów i stanowiąca ciekłą warstwę istoty białej

Wzgórze zbudowane jest z wielu pełniących różne funkcje jąder, większość których wysyła swoje aksony w stronę kory mózgowej.

- niektóre z tych jąder to **czuciowe jądra przekaźnikowe**, czyli jądra, które otrzymują informacje z receptorów czuciowych, przetwarzają je, a następnie przesyłają do odpowiednich obszarów kory mózgu, np.
 - > **ciało kolankowate boczne** (lateral geniculate nuclei)
 - otrzymuje informacje z oka i wysyła aksony do pierwotnej kory wzrokowej
 - > **ciało kolankowate przyśrodkowe** (medial geniculate nuclei)
 - otrzymuje informacje z ucha wewnętrznego i wysyła aksony do pierwotnej kory słuchowej
- inne **jądra wzgórza** wysyłają projekcje (aksony) do różnych obszarów kory mózgowej, nie jest to jednak przekaznictwo informacji czuciowej, np.
 - > **jądro brzuszne boczne** zbiera informacje z mózdzku i przesyła je do pierwotnej kory ruchowej, zapewniając w ten sposób kontrolę czynności ruchowej przez mózdzek

###

PODWZGÓRZE położone jest tuż pod przednią częścią wzgórza, stanowi ono brzuszną część międzymózgowia, po obu stronach brzusznej części trzeciej komory

- kontroluje autonomiczny układ nerwowy (ANS) i układ wewnątrzwydzielniczy (endokrynnny), oraz organizuje przebieg zachowań odpowiedzialnych za przetrwanie gatunku (puli genowej); tak zwane **poczwórne F (4xF)**: reakcje walki, zdobywania pożywienia, ucieczki i parzenia się
- odgrywa ono ważną rolę w regulacji wielu zachowań związanych z różnymi aspektami **motywacji**
 - > swój wpływ sprawuje ono po części poprzez regulację uwalniania hormonów z **PRZYSADKI MÓZGOWEJ** (pituitary gland)
 - która jakby „zwisza” z podwzgórza na brzusznej powierzchni mózgu

Tak więc duża część **układu dokrewnego** (endokrynnego) kontrolowana jest przez hormony wytwarzane przez **komórki podwzgórza**

=> system specjalnych naczyń krwionośnych łączy podwzgórze z **PLATEM PRZEDNIĄ PRZYSADKĄ MÓZGOWĄ** (jej częścią gruczołową)

- > **hormony podwzgórza** wydzielane są przez specjalny rodzaj komórek nerwowych nazywanych **komórkami neurowydzielniczymi** (neurosekrecyjnymi) położonymi u podstawy pnia przysadki (to struktura łącząca przysadkę z podwzgórzem)
- > hormony wydzielane przez komórki neurowydzielnicze pobudzają **płat przedni przysadki** do wydzielania swoistych dla siebie hormonów

PRZYKŁAD:

Komórki neurowydzielnicze uwalniają **hormon uwalniający hormony gonadotropowe**, który pobudza płat przedni przysadki do produkcji **hormonów gonadotropowych**, które z kolei odgrywają ważną rolę w zachowaniach i reakcjach reprodukcyjnych.

Większość hormonów wytwarzanych przez **płat przedni przysadki mózgowej** sprawują kontrolę nad innymi **gruczołami dokrewnymi**. Z tego powodu płat przedni przysadki mózgowej nazywany jest „królem gruczołów”.

=> **PLAT TYLNY PRZYSADKI MÓZGOWEJ** (jej część nerwowa) jest w pewnym sensie przedłużeniem podwzgórza. **Hormony tylnej części przysadki** wytwarzane są bezpośrednio przez podwzgórze a ich wydzielanie jest bezpośrednio przez podwzgórze kontrolowane

- **płat tylny przysadki** wytwarza między innymi **oksytocynę** (która pobudza produkcję mleka i skurcze macicy podczas porodu) i **wazopresynę** (która kontroluje produkcję moczu przez nerki)

Prócz **PRZYSADKI MÓZGOWEJ** dwie inne ważne struktury położone są w dolnej części podwzgórza:

- **skrzyżowanie wzrokowe** (optic chiasm)
- **ciała suteczkowate** (mammillary bodies)

SKRZYŻOWANIE WZROKOWE (położone grzbietowo do przysadki) jest miejscem, w którym spotykają się biegnące z oczu nerwy wzrokowe.

- ma ono **kształt litery X** ponieważ część aksonów nerwów wzrokowych ulega tu skrzyżowaniu
 - > krzyżujące się włókna, z obu nosowych półówek siatkówki, są **kontralateralne**
 - > nieskrzyżowane włókna, z obu skroniowych półówek siatkówki, są **ipsilateralne**

CIAŁA SUTECZKOWATE są parą sferycznych jąder podwzgórzowych, położonych na wewnętrznej powierzchni podwzgórza, tuż za przysadką mózgową.

5. Kresomózgowie (telencephalon)

KRESOMÓZGOWIE jest największą częścią mózgu (najmniejszą jest śródmózgowie). Bierze ono udział w najbardziej złożonych funkcjach mózgu:

- odpowiada za inicjowanie ruchów dowolnych
- dokonuje interpretacji wejścia sensorycznego (czuciowego)
- mediuje najbardziej złożone procesy poznawcze (uczenie się, mowa, rozwiązywanie problemów, itp.)

A. Kora mózgowa (cerebral cortex)

KORA MÓZGOWA jest warstwą tkanki pokrywającą półkule mózgu. Jest ona bardzo pofałdowana.

- czemu służy to pofałdowanie?
Zwiększa ono powierzchnię kory mózgu bez zwiększania całkowitej objętości mózgu.
- mózg większości ssaków nie jest pofałdowany, jednak każdy duży ssak ma bardzo pofałdowaną korę

Duże zagłębienia obecne w pofałdowanym mózgu nazywane są **szczelinami** (fissures), mniejsze natomiast **bruzdami** (sulcus/sulci). Wypuklenia pomiędzy szczelinami i bruzdami nazywane są **zakrętami** (gyrus/gyri).

PÓLKULE MÓZGOWE są prawie całkiem od siebie odseparowane przez największą ze szczelin - **szczelinę pośrodkową mózgu** (longitudinal fissure).

- półkule mózgu są ze sobą bezpośrednio połączone przez kilka szlaków nerwowych przecinających szczelinę pośrodkową mózgu nazywanych **spoidłami mózgu** (cerebral commissures).
-> największym ze spoidel mózgu jest **ciało modzelowate** (corpus callosum)

Dwoma głównymi **punktami orientacyjnymi** na bocznej powierzchni każdej z półkul są:

- **bruzda środkowa mózgu**/bruzda Rolanda (central fissure/sulcus centralis)
- **szczelina boczna mózgu**/bruzda Sylwiusza (lateral fissure)

Szczeliny te wyznaczają częściowo podział półkul mózgu na **cztery płaty mózgu**. Płaty te to:

- **płat czołowy**
- **płat ciemieniowy**
- **płat skroniowy**
- **płat potyliczny**

Bruzda środkowa oddziela płat czołowy od płata ciemieniowego, głębsza zaś **szczelina boczna** ogranicza od strony przyśrodkowej płat skroniowy.

Wśród największych **zakrętów** mózgu wyróżnić możemy natomiast:

- **zakręt przedśrodkowy** (precentral gyrus) - zawiera korę ruchową
- **zakręt zaśrodkowy** (postcentral gyrus) - zawiera korę czuciową
- **zakręt skroniowy górny** (superior temporal gyrus) - zawiera korę słuchową

Kora płatów potylicznych pełni wyłącznie funkcje wzrokowe.

Okolo 90% kory mózgowej u ludzi zaliczane jest do tak zwanej **kory nowej** (neocortex). **KORA NOWA** jest najnowszą ewolucyjnie warstwą istoty szarej i zgodnie z obowiązującym kanonem dzielimy ją na **sześć warstw**. Posuwając się od zewnątrz w głąb tkanki mózgowej są to:

1. **warstwa drobinowa (I)**
niewiele ciał komórek, głównie aksony i dendryty
2. **warstwa ziarnista zewnętrzna (II)**
tu gęsto upakowane komórki gwiaździste, z rzadka również niewielkie komórki piramidowe
3. **warstwa piramidowa zewnętrzna (III)**
luźno upakowane komórki gwiaździste oraz średniej wielkości komórki piramidowe
4. **warstwa ziarnista wewnętrzna (IV)**
podobna do (II). Gęsto upakowane komórki gwiaździste, lecz brak komórek piramidowych
5. **warstwa piramidowa wewnętrzna (V)**
zawiera duże komórki piramidowe, a także luźno upakowane komórki gwiaździste
6. **warstwa komórek wielokształtnych/różnokształtnych (VI)**
zawiera komórki piramidowe o różnych rozmiarach i luźno upakowane komórki gwiaździste

Pod warstwą szóstą występuje **istota biała** - zmielinizowane aksony komórek piramidowych, niewiele ciał komórek.

Charakteryzując anatomię kory nowej wspomnieć należy o następujących jej ważnych cechach:

1. **istnieją dwa fundamentalnie różne rodzaje korowych komórek nerwowych**
 - komórki piramidowe (pyramidal cells)
 - komórki gwiaździste (stellate cells)

KOMÓRKI PIRAMIDOWE są dużymi **neuronami wielobiegunowymi** z ciałem komórki w kształcie piramidy właśnie oraz charakterystycznym, dużym dendrytem zwanym dendrytem apikalnym. **Dendryt apikalny** odchodzi ze szczytu piramidy prosto w kierunku powierzchni kory. **Komórki piramidowe** mają też bardzo długie aksony.

KOMÓRKI GWIAZDZISTE są małymi **neuronami wstawkowymi** (**interneuronami**) w kształcie gwiazdy właśnie (czyli ich akson jest albo bardzo krótki, albo w ogóle go brak).

2. **każda z sześciu warstw kory nowej jest inna**

- pod względem wielkości (szerokości) oraz gęstości upakowania neuronów
- pod względem proporcji, jakie w niej zajmują komórki piramidowe i gwiaździste

3. **wiele długich aksonów i dendrytów biegnie równolegle do powierzchni kory, pionowo przez korę nową**
 - taki pionowy przepływ informacji jest podstawą **kolumnowej organizacji** kory nowej
 - > neurony w danej pionowo zorientowanej kolumnie kory nowej bardzo często tworzą coś w rodzaju miniobwodów poświęconych pojedynczej funkcji
4. **warstwy budujące neocortex nie są takie same na całej powierzchni mózgu**
 - ich budowa różni się zależnie od obszaru (nie w ramach danej warstwy, ale w ich proporcjach).
Więc chociaż cała kora nowa jest sześciowarstwowa, w różnych obszarach mózgu występować mogą różnice w grubości poszczególnych warstw
 - > **komórki gwiaździste warstwy IV** wyspecjalizowane są w odbiorze bodźców czuciowych ze wzgórza.
Warstwa ta jest więc szczególnie gruba na obszarach kory czuciowej
 - > **komórki piramidowe warstwy V** przewodzą sygnały z kory do pnia mózgu i rdzenia kręgowego.
Warstwa ta jest więc szczególnie gruba na obszarach kory ruchowej

HIPOKAMP nie jest zbudowany z kory nowej. Ma on tylko trzy warstwy.

B. Układ limbiczny i zwoje podstawy (limbic system and basal ganglia)

Istnieje kilka dużych **grup jąder podkorowych** w mózgu, choć większość podkorowego obszaru kresomózgowia zajęta jest przez aksony wychodzące z kory nowej lub do niej docierające.

=> uważa się, że niektóre z tych grup jąder podkorowych stanowią część **UKŁADU LIMBICZNEGO** lub też **UKŁADU RUCHOWEGO ZWOJÓW PODSTAWY**

- używane w tych kontekstach słowo „układ” może być nieco mylące. Nie jest całkowicie jasne co dokładnie te hipotetyczne układy miałyby robić, które dokładnie struktury miałyby do nich należeć ani nawet czy właściwe jest w ogóle traktowanie tych ‘układów’ jako pełnoprawnych jednostek.

Ale:

Jeśli nie traktuje się ich zbyt dosłownie kategorie **układu limbicznego** oraz **układu ruchowego zwojów podstawy** okazują się użytecznym środkiem konceptualizacji organizacji obszarów podkorowych!

UKŁAD LIMBICZNY jest obwodem struktur przyśrodkowych, które okrążają wzgórze. Układ ten zaangażowany jest w regulację zachowań motywowanych (w tym 4xF). **ZWOJE PODSTAWY** odgrywają główną rolę w świadomej kontroli ruchów (dowolnych reakcjach ruchowych).

- szczególnie interesujący jest szlak nerwowy biegnący z **istoty czarnej** śródmózgowia do **prążkowia**. Degeneracja tej drogi nerwowej prowadzi do **choroby Parkinsona** (sztywność, drżenie i problemy z inicjowaniem ruchów dowolnych)

Do głównych struktur układu limbicznego należą:

- jądro migdałowe (amygdala)
- sklepienie (fornix)
- zakręt obręczy (cingulate cortex)
- jądro przegrody (septum)
- hipokamp (hippocampus)
- ciała suteczkowate (mammillary bodies)

JĄDRO MIGDAŁOWATE ma rzeczywiście kształt migdała; to skupisko istoty szarej znajduje się w przedniej części płata skroniowego. Za jądrem migdałowym znajduje się **hipokamp**, który ulokowany jest pod wzgórzem w przyśrodkowej części płata skroniowego.

SKLEPIENIE, które jest główną drogą nerwową układu limbicznego, otacza grzbietową część wzgórza. Zaczyna się ono w **hipokampie**, a raczej jego grzbietowym końcu i wychodząc stamtąd zatacza łuk nad górną powierzchnią **trzeciej komory** docierając do **jąder przegrody** i **ciał suteczkowatych** (tam sklepienie się kończy).

ZAKRĘT OBRĘCZY jest dużym obszarem kory nowej wyścielającym przyśrodkową powierzchnię półkul mózgowych znajdującym się tuż nad **ciałem modzelowatym**. Podobnie jak sklepienie zakręt obręczy otacza grzbietową część wzgórza.

JĄDRO PRZEGRODY jest położonym na środkowej osi mózgu skupiskiem istoty szarej znajdującym się na drugim końcu zakrętu obręczy. Kilka szlaków nerwowych łączy **jądra przegrody** i **ciała suteczkowate** z **jądrem migdałowym** i **hipokampem**.

Do głównych struktur układu ruchowego zwojów podstawy należą:

- jądro migdałowe (amygdala)
- jądro ogoniaste (caudate nucleus)
- skorupa (putamen)
- gałka biała (globus pallidus)

Początkiem **ZWOJÓW PODSTAWY** jest **JĄDRO MIGDAŁOWATE**, które jak widać jest częścią obu omawianych układów. Jądra migdałowe dają początek **JĄDROM OGONIASTYM** - długim, rzeczywiście „ogoniastym” strukturom - które początkowo kierują się ku tyłowi jąder migdałowych, po czym zwracają (ku dołowi) i kierują się ku przodowi mózgu.

Każde **JĄDRO OGONIASTE** tworzy prawie że kompletny krąg; w środku tego kręgu, połączona z jądrem ogoniastym serią włókien, znajduje się **SKORUPA**.

Jądro ogoniaste i **skorupa** tworzą razem strukturę nazywaną **CIAŁEM PRAŻKOWANYM** (striatum).

Ostatnim elementem zwojów podstawy jest biała, cyrkularna struktura znana jako **GAŁKA BIAŁA**. **GAŁKA BIAŁA** umiejscowiona jest przyśrodkowo do skorupy, pomiędzy skorupą a wzgórzem.