Nervová sústava

Skúška - písomná a ústna

- po písomke nasleduje ústne preskúšanie, je to povinná súčasť skúšky
- skúška z pravidla trvá od 11:00 do 16:00, alebo kratšie, keď je prihlásených študentov málo

Sylaby obsahujú celý rozsah skúšanej látky, ktorú sa treba naučiť. Sylaby budú doplnené pred pedagogickou praxou. Na skúške bude preskúšaná látka z prednášok aj z cvičení.

Na konci semestra si treba stiahnuť aktualizované prezentácie a sylaby a čítať si oznamy, ktoré tam píšem.

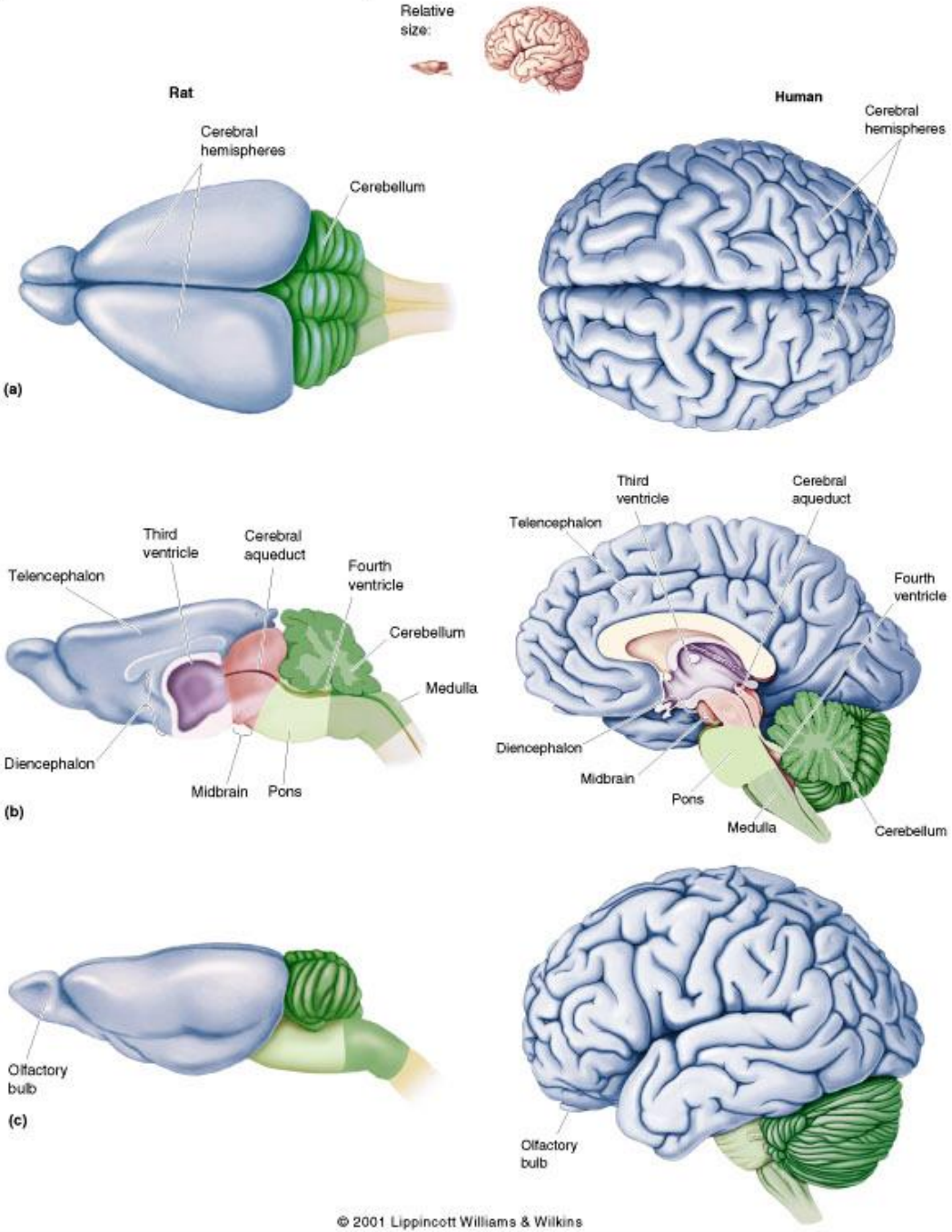
Zápočtová písomka bude raz alebo dva krát za semester, podľa toho ako určí vyučujúci.

Kto nespraví zápočtovú písomku, alebo nesplní podmienku dochádzky na cvičenie nebude pripustený na skúšku.

Na skúšku budú 3 termíny – bez obmedzenia počtu študentov. Prvý termín bude riadny, potom bude prvý a druhý opravný termín.

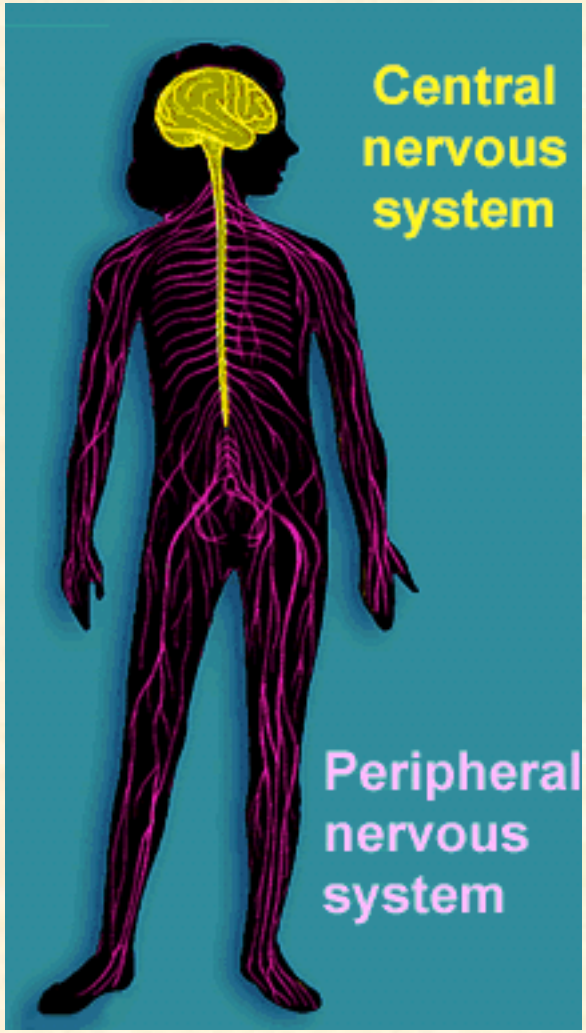
Prvý riadny termín sa pokúsim harmonizovať na poslednej prednáške, aby vyhovoval čo najväčšiemu počtu študentov.

Figure 7.21
The rat brain and human brain compared. (a) Dorsal view. (b) Midsagittal view. (c) Lateral view. (Brains are not drawn to the same scale.)



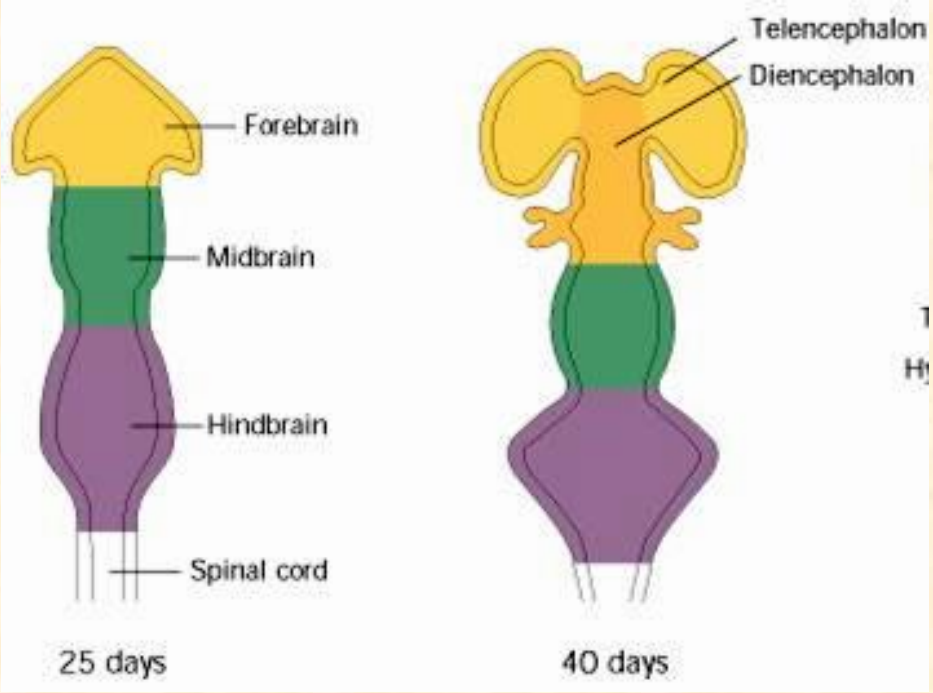
© 2001 Lippincott Williams & Wilkins

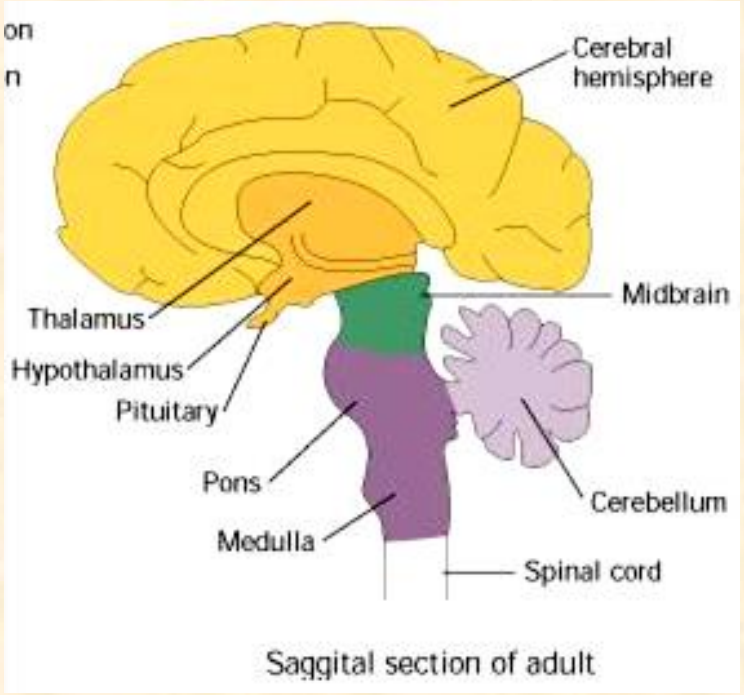
Organizácia centrálneho nervového systému

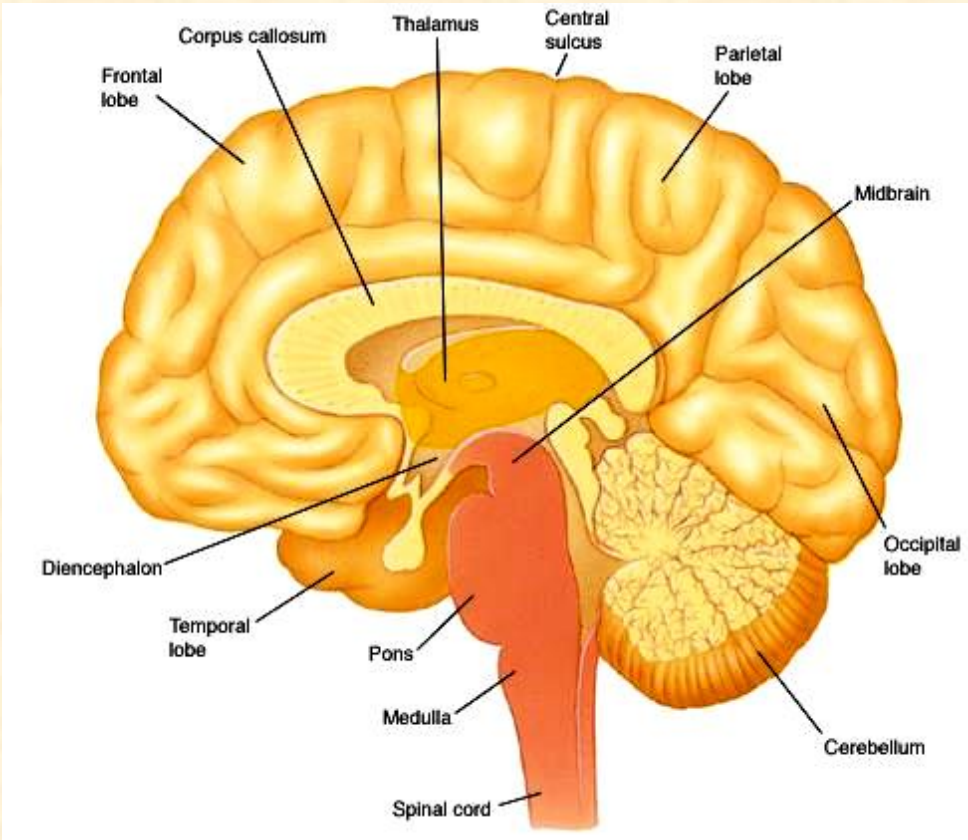


• **CNS** = mozog + chrbtová miecha
- miecha je segmentálne rozdelená podľa stavcov, je však kratšia ako chrbtica
- napriek tomu miechové nervy odstupujú z chrbtice vo výške príslušných stavcov
- spinálny nerv obsahuje aferentné vlákna zo zadných koreňov aj eferentné vlákna z predných koreňov – je to teda zväzok nervových vlákien s rôznou funkciou aj smerom priebehu

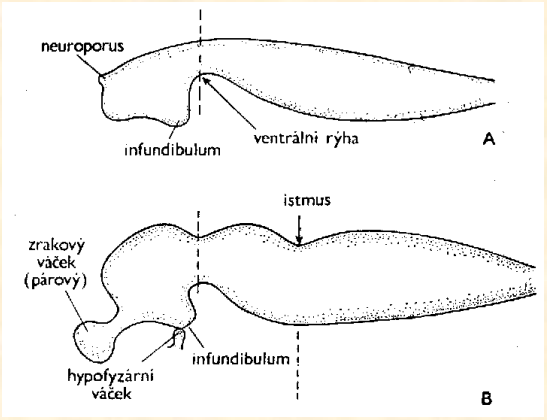
•**PNS**
- •Somatický
  riadi predovšetkým kostrové svalstvo a vedie aferentné signály zo zmyslových buniek
- •Autonómny
  riadi najmä obehovú sústavu a vnútorné orgány
  - •Sympatikus
  - •Parasympatikus
  - •Enterický
    - •Črevná motilita a sekrécia


Forebrain
Midbrain
Hindbrain
Spinal cord
25 days
Telencephalon
Diencephalon
40 days

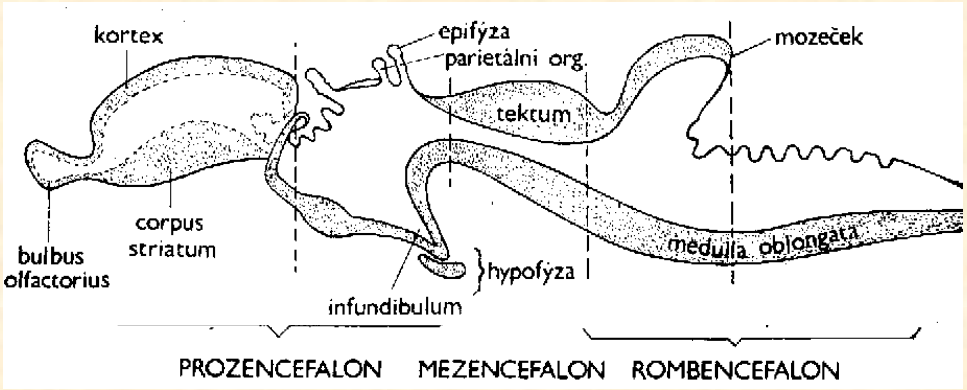

Cerebral hemisphere
Thalamus
Hypothalamus
Pituitary
Midbrain
Pons
Medulla
Cerebellum
Spinal cord
Saggital section of adult


Corpus callosum
Thalamus
Central sulcus
Frontal lobe
Parietal lobe
Midbrain
Occipital lobe
Diencephalon
Temporal lobe
Pons
Medulla
Cerebellum
Spinal cord

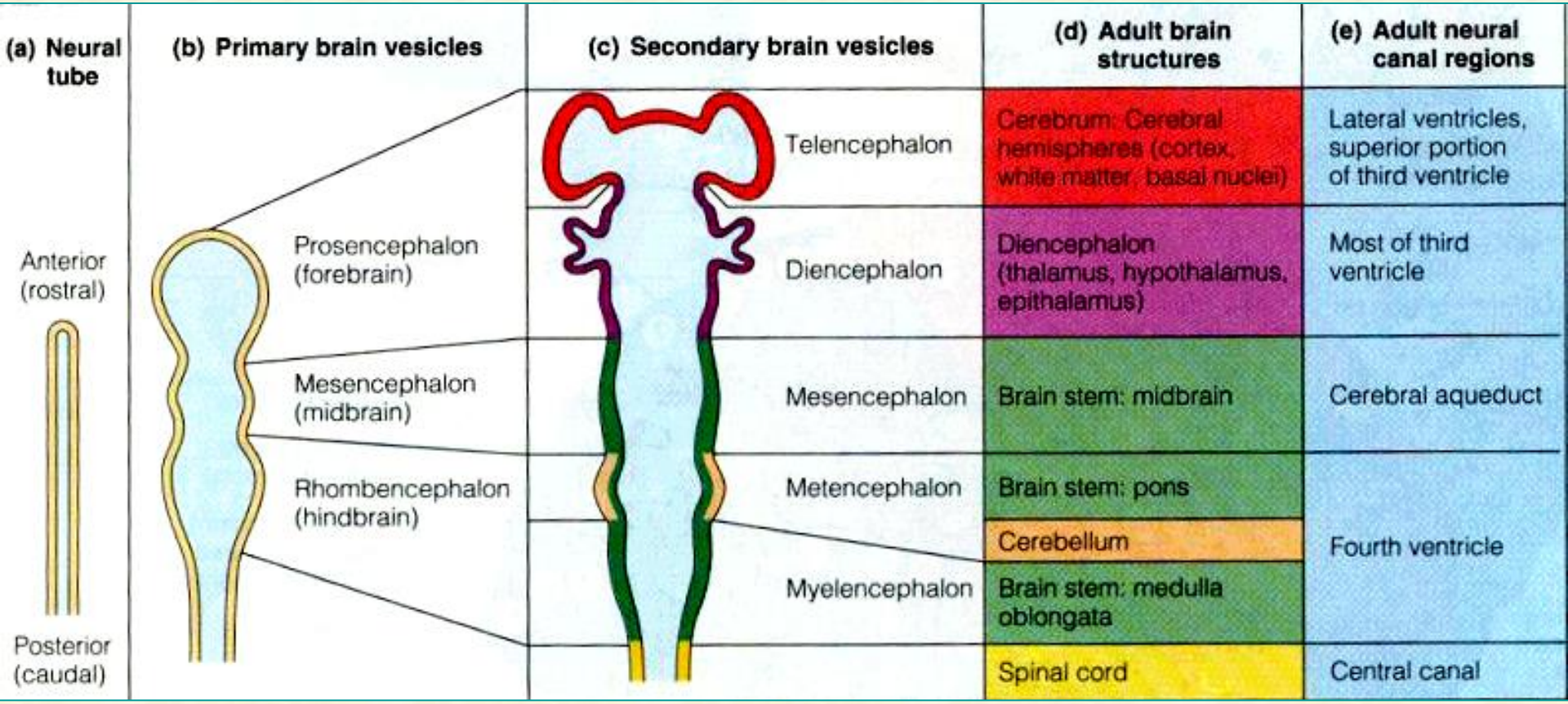
prozencefalon
telencefalon (mozgové hemisféry = paleokortex, archikortex, neokortex, corpus striatum; bulbi olfactorii)
diencefalon (epitalamus, talamus, hypotalamus)
mezencefalon
tektum (corpora quadrigemina), tegmentum
rombencefalon
metencefalon (časť predĺženej miechy, cerebelum, pons)
myelencefalon (časť predĺženej miechy)



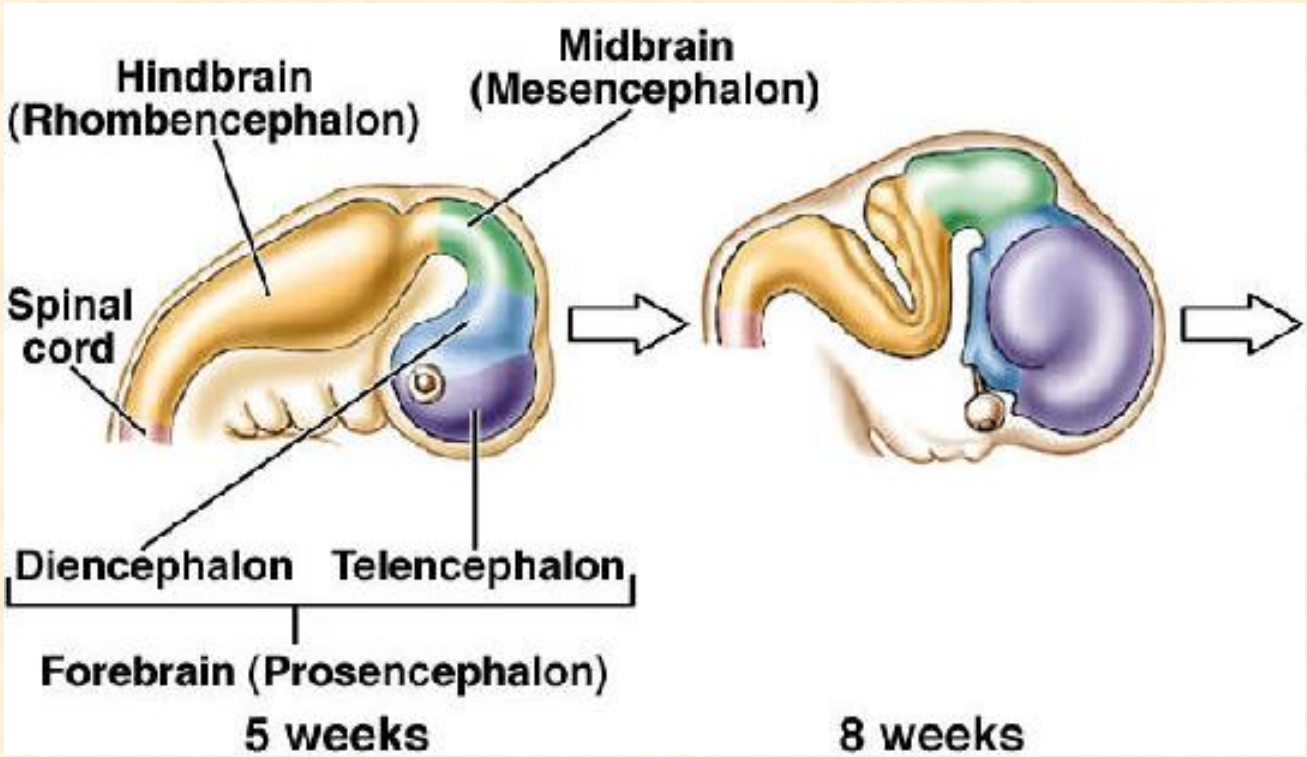
Mozgový kmeň = P + M + R, dýchacie a kardiovaskulárne centrum, u človeka - sací r., r. slinenia, prehĺtania, sekrécie žalúdočnej a pankreatickej šťavy a vracania
Retikulárna formácia (RF)
zostupný systém RF
facilitačná oblasť (zvyšuje dráždivosť miechových centier somatických reflexov, je aktivovaná statokinetickým receptorom, vestibulárnym mozočkom, kolaterálami špecifických senzorických dráh, mozgovou kôrou)
inhibičná oblasť (tlmí reflexný tonus extenzorov a úmyselné pohyby, je aktivovaná spinálnym mozočkom, bazálnymi gangliami, mozgovou kôrou)
retikulárny aktivačný systém (RAS) – prebieha vejárovito do celej mozgovej kôry, udržiava aktivačnú úroveň mozgovej kôry (stav bdelosti)



Kompartmenty mozgu



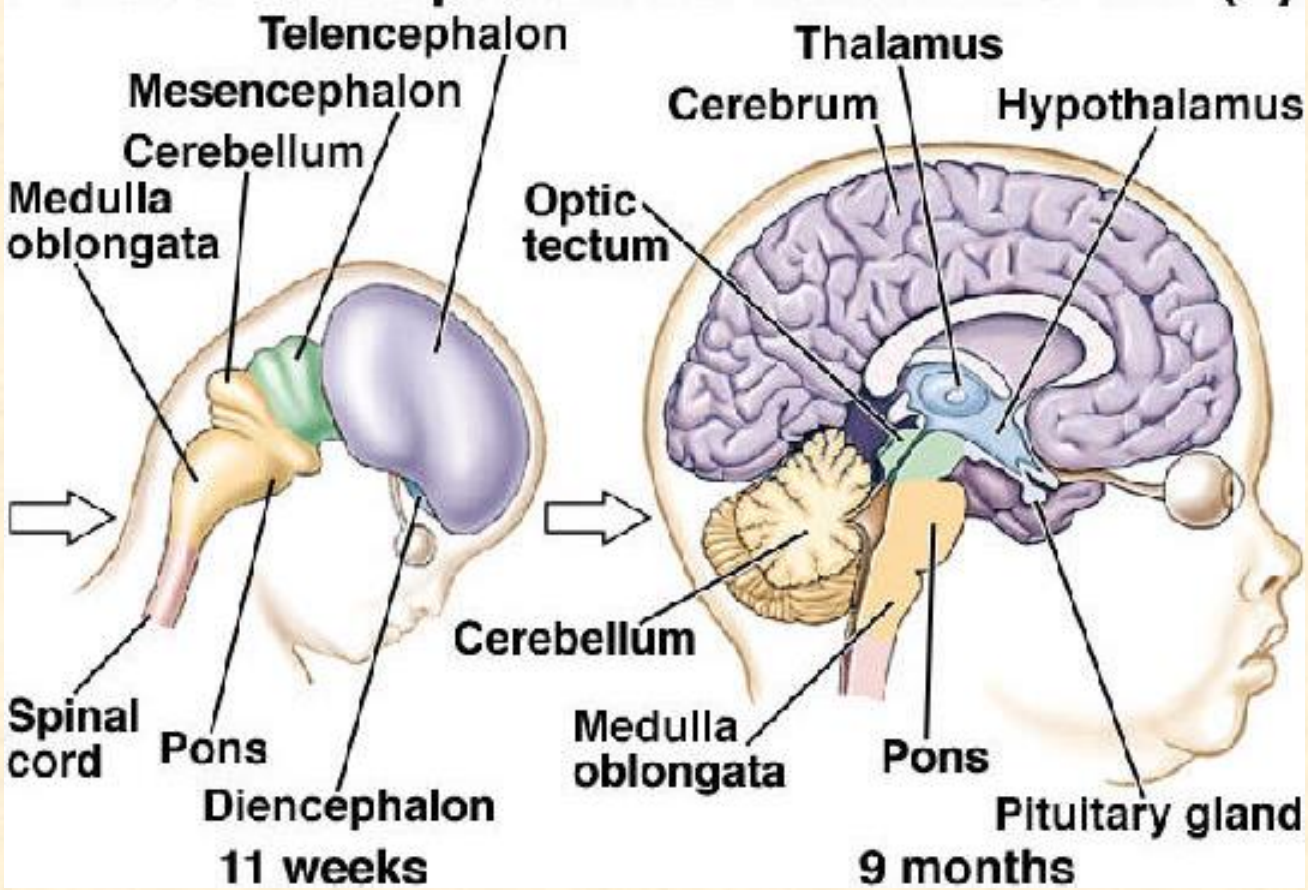
Vývin ľudského mozgu



2. mesiac:

svalové kontrakcie

reakcie na taktilné podnety



3. mesiac:

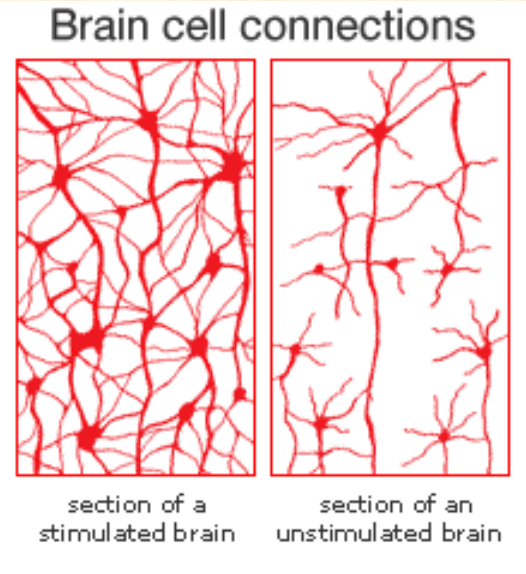
- pohyby dolných a horných kočatín, úst a hlavičky

6.-8. mesiac:

- reakcie na taktilné, akustické, vizuálne a chuťové podnety
- schopnosť učiť sa t.j. vytvárať podmienené reflexy, začiatok komunikácie matky s plodom, citové zážitky

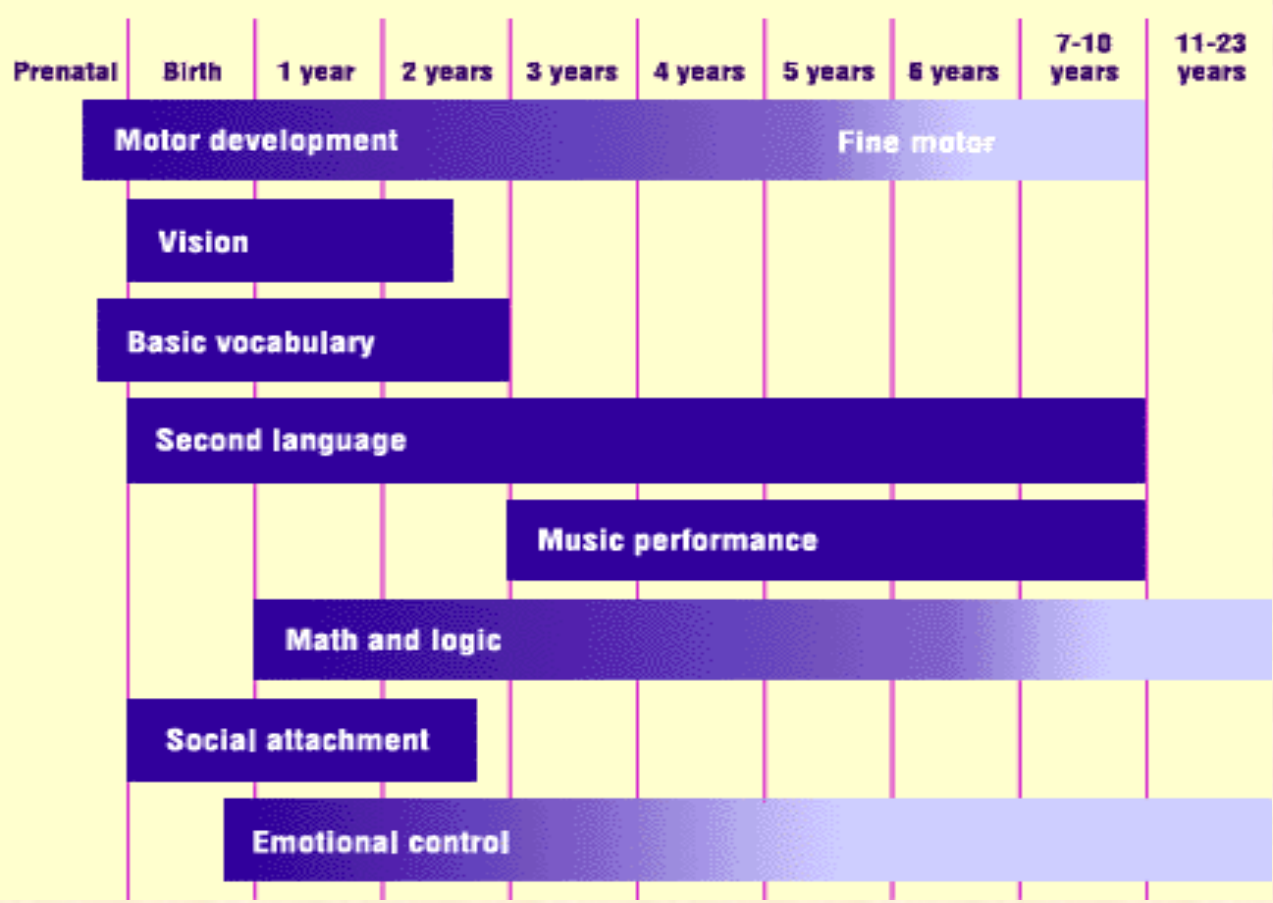
- hmotnosť mozgu novonarodenca je cca 400 g, asi 10% hmotnosti tela
- mozog je anatomicky aj funkčne nezrelý, na jeho povrchu sú len hlavné brázdy a ryhy
- počet nervových buniek je takmer konečný, ale ich vývin nie je ukončený
- vetvenie periférnych nervov taktiež nie je úplné
- po narodení dieťa rozoznáva iba svetlo a tmu a hrubé tvary
- nie je vyvinuté nervové riadenie okohybných svalov (škúlenie)
- na konci novorodeneckého obdobia (1. mesiac) sa však dieťa dokáže uprene dívať a vyvíja sa čuch a chuť, od druhého týždňa začína výrazne rozlišovať hlas matky, hmatové vnímanie je málo vyvinuté, až na konci 3. mesiaca dojča reaguje napr. na pomočenie
- počas dojčeneckého obdobia (2.-12. mesiac) mozog rastie a koncom prvého roku má dvojnásobnú hmotnosť (cca 800g)
- obsah vody v mozgu sa znižuje a nervové bunky dozrievajú
- rozvoj motoriky a verbálnej komunikácie, nepodmienené reflexy sú nahradzované činnosťou mozgovej kôry a podmienenou reflexnou činnosťou
- od 4. mesiaca majú stále väčší význam vnemy, konkrétne pocity sa stávajú vlastnou skúsenosťou
- v troch rokoch je hmotnosť cca 1200g, dieťa si uvedomuje svoju osobnosť a spoločenské okolie, začína rýchly rozvoj jemnej motoriky, reči a hry

Existuje názor, že 50% kapacity mozgu dieťaťa sa vybuduje počas prvých 5-6 rokov života

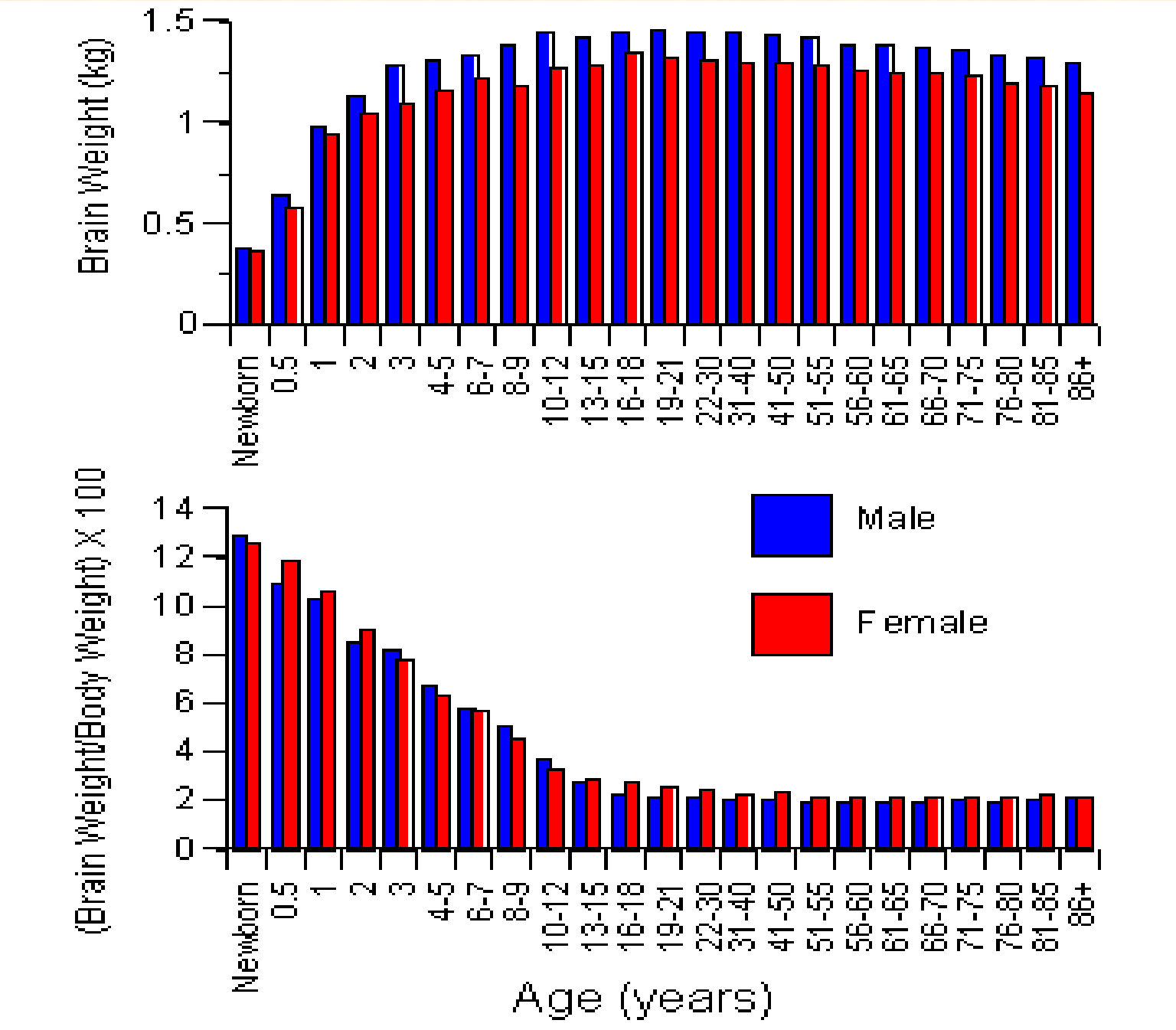


nervové prepojenia sa vytvárajú až do konca života!!!

Ideálne obdobie na rozvoj funkcií:



- v predškolskom veku rastie mozog už len málo, prebieha rýchly rozvoj jemnej motoriky
- u 6 ročných detí dosahuje jeho hmotnosť dolnú hranicu hmotnosti mozgu dospelého človeka (1250g)
- hemisféry sú rozbrázdené, výbežky neurónov sa vetvia, končí sa myelinizácia periférneho nervstva
- zdokonaľovanie syntézy a analýzy, dieťa začína rozlišovať medzi hovoreným slovom a tým čo si myslí
- v puberte sa zväčšujú najmä čelové laloky mozgu a jeho hmotnosť je 1400g
- zlepšuje sa pohybová koordinácia
- vrcholí zmyslové vnímanie, najmä zrakové (preto sa doporučujú názorné vyučovacie pomôcky)
- hmotnosť mozgu sa zvyšuje do 30 rokov
- hmotnostný priemer u dospelých osôb je 1300-1500g
- morfologická stavba je skončená, ale zdokonaľuje sa analytická a syntetická činnosť
- od 50 rokov sa hmotnosť mozgu mierne znižuje


Brain Weight (kg)
1.5
1
0.5
0
Newborn
0.5
1
2
3
4-5
6-7
8-9
10-12
13-15
16-18
19-21
22-30
31-40
41-50
51-55
56-60
61-65
66-70
71-75
76-80
81-85
86+
(Brain Weight/Body Weight) X 100
14
12
10
8
6
4
2
0
Male
Female
Age (years)

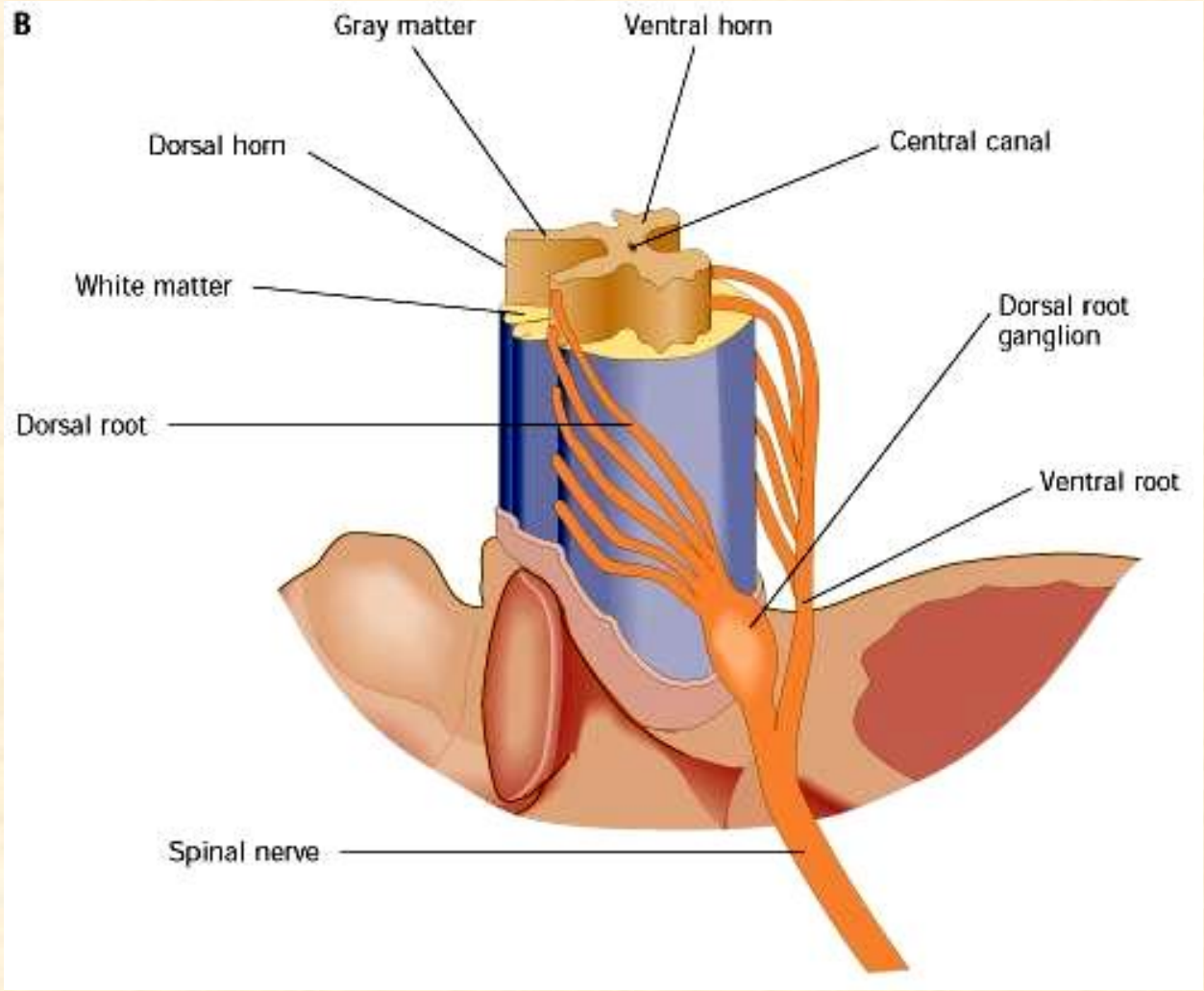
NS stavovcov:

centrálna časť – mozog a miecha

periférna časť – senzorická, autonómna a motorická zložka

Miecha:
kanálik,
sivá hmota,
biela hmota,

dorzálne stĺpce
(interneuróny),
ventrálne stĺpce
(eferentné neuróny –
svaly a útrobné orgány),
dorzálne gangliá
(senzorické neuróny)



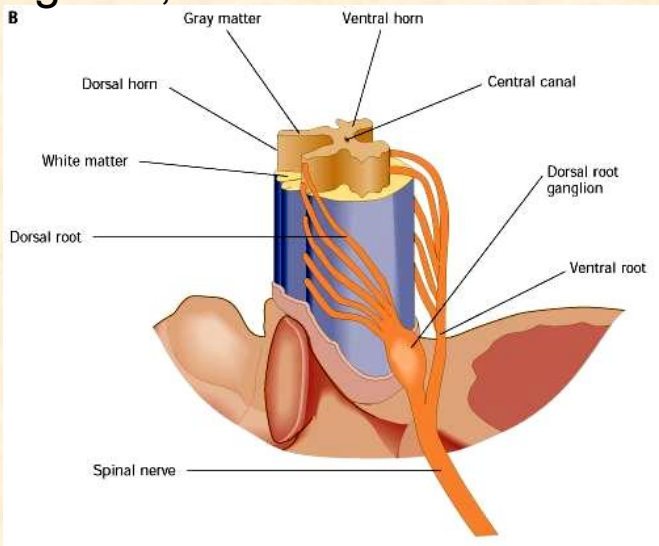
Miecha

Miecha: kanálik naplnený tekutinou obklopený sivou hmotou, biela hmota – myelinizované vlákna
Sivá hmota bola pôvodne pravdepodobne rozložená rovnomerne okolo centrálnej osi, neskôr sa však usporiadala bilaterálne symetricky do tvaru písmena H – vytvára dorzálne a ventrálne rohy – resp. stĺpce.

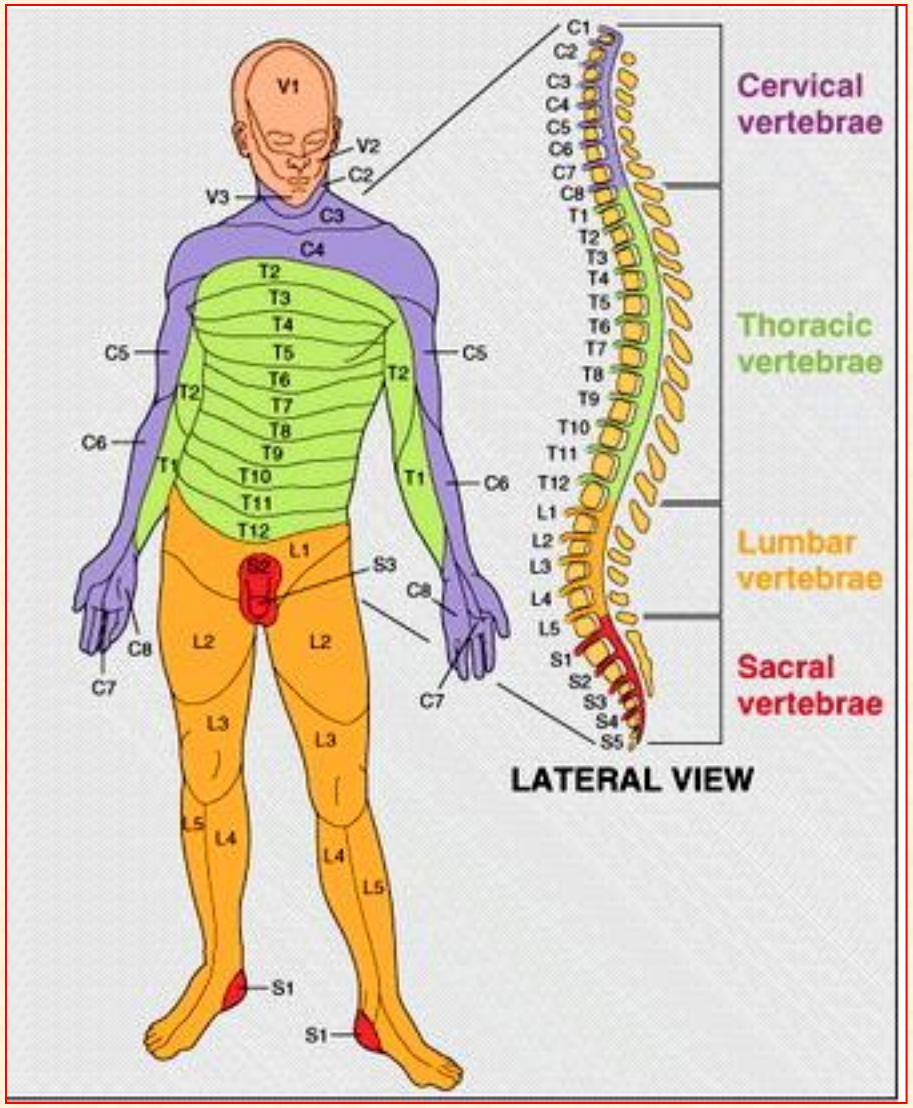
ventrálne stĺpce - eferentné motorické neuróny inervujú svaly a útrobné orgány, počet neurónov v jednotlivých oddieloch miechy je rôzny podľa množstva inervovaného svalstva.

dorzálne stĺpce – sú v spojení s dorzálnymi senzorickými koreňmi spinálnych nervov, ktorých bunkové telá sú uložené v dorzálnych gangliách, tu sú hlavne interneuróny,

dorzálne gangliá (senzorické neuróny)



- Ľudský nervový systém:
  - 31 párov nervov
    - Rozdelené na cervikálne, torakálne, lumbálne a sakrálne
  - inervácia je segmentovaná
  - miecha končí v oblasti stavca L1
  - cauda equina

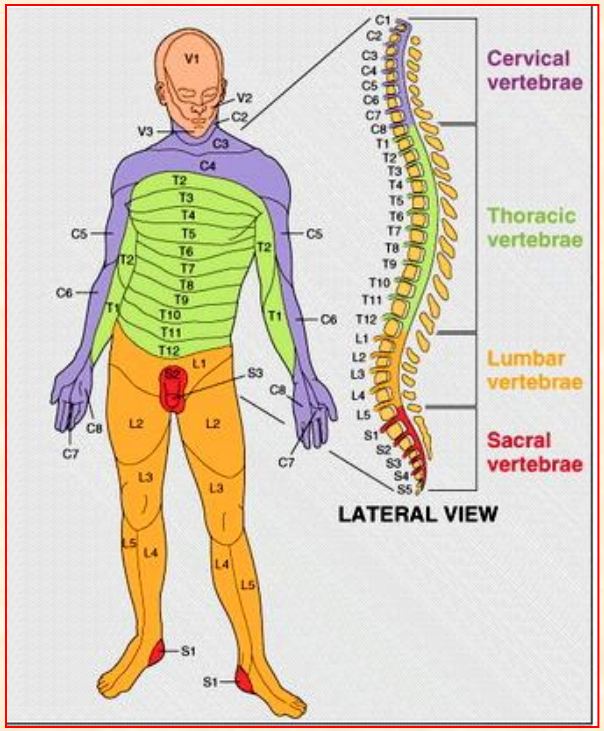


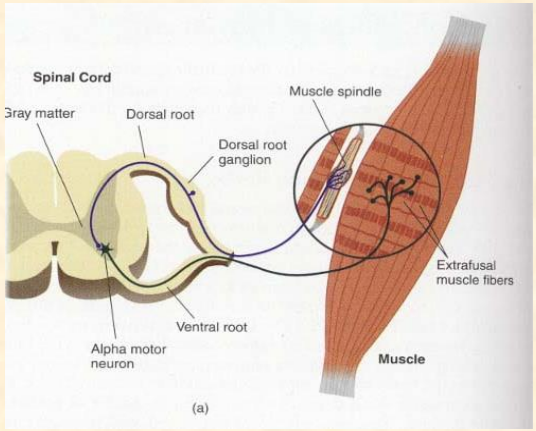
Rozdelenie miechových nervov:

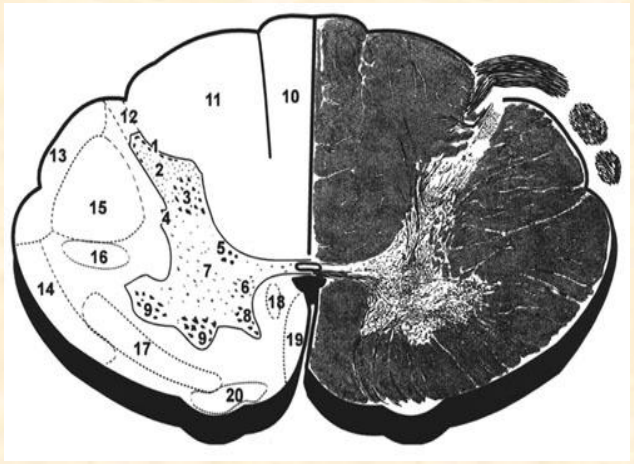
Miechový nerv vniká spojením predných (motorických) a zadných (senzitívnych) miechových koreňov.

Oba korene prechádzajú cez *dura mater spinalis* a vstupujú do *foramen intervertebrale*. Za *ganglion spinale* sa oba korene spoja a vytvoria zmiešaný nerv. Prvý miechový nerv vystupuje medzi atlasom a tylovou kosťou. Posledný krížový a kostrčový nerv vystupujú cez *hyatus sacralis*.

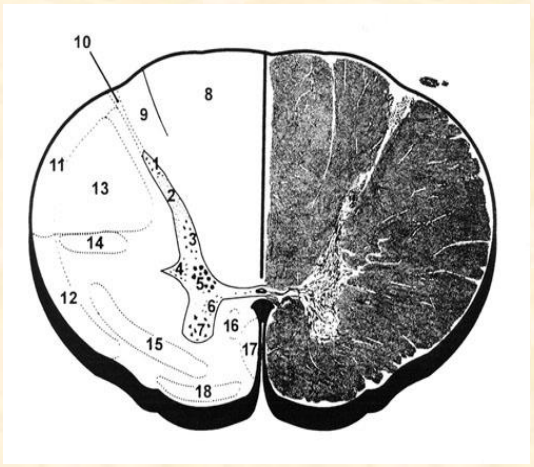
Nervi cervicales – C1-C8
Nervi thoraci – Th1-Th12
Nervi lumbales – L1-L5
Nervi sacrales – S1-S5
Nervus coccygeus - Co



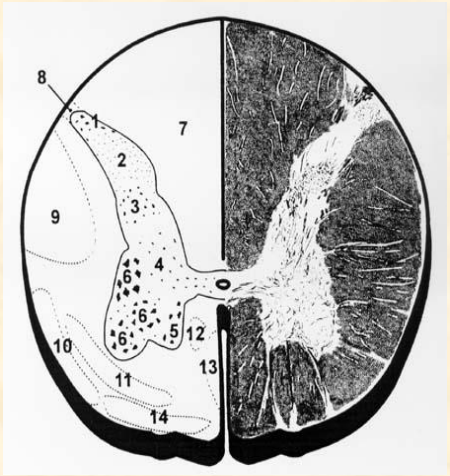




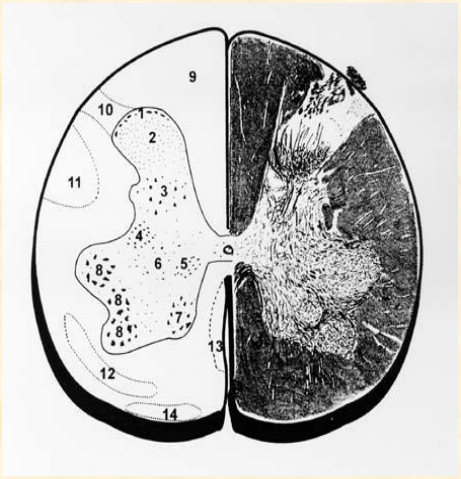
cervical enlargement (C8)



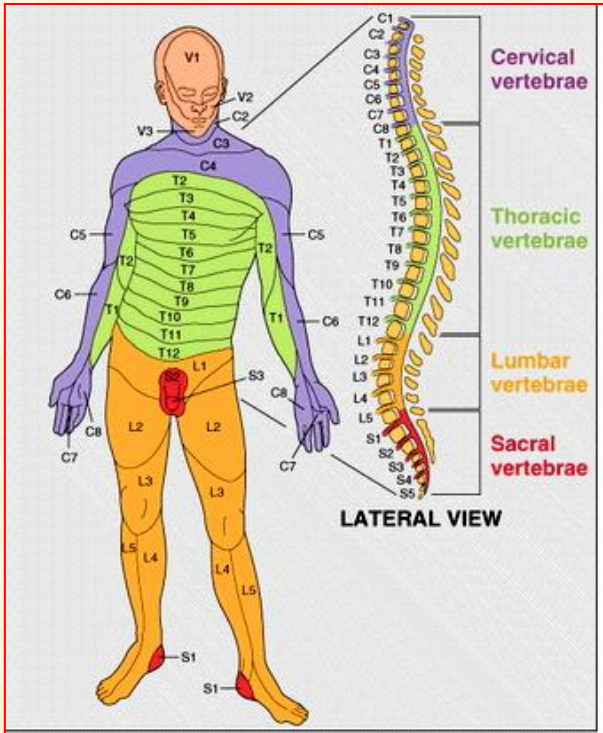
thoracic cord (T8)



lumbal enlargement (L3)



sacral cord (S1)



Hlavné druhy miechových neurónov

Alfa-motoneuróny – veľké 60-100 μm, ich axóny vychádzajú prednými rohmi miechy a vedú motorickú inerváciu k priečne pruhovaným svalom, ich dendrity sa vetvia v oblasti celého predného rohu miechy (dĺžka 3mm), sú zoskupené do jadier pomenovaných podľa polohy v miechových rohoch: *nucleus dorsomedialis*, *ventromedialis*, *ventrolateralis*, *dorsolateralis* a *centralis*

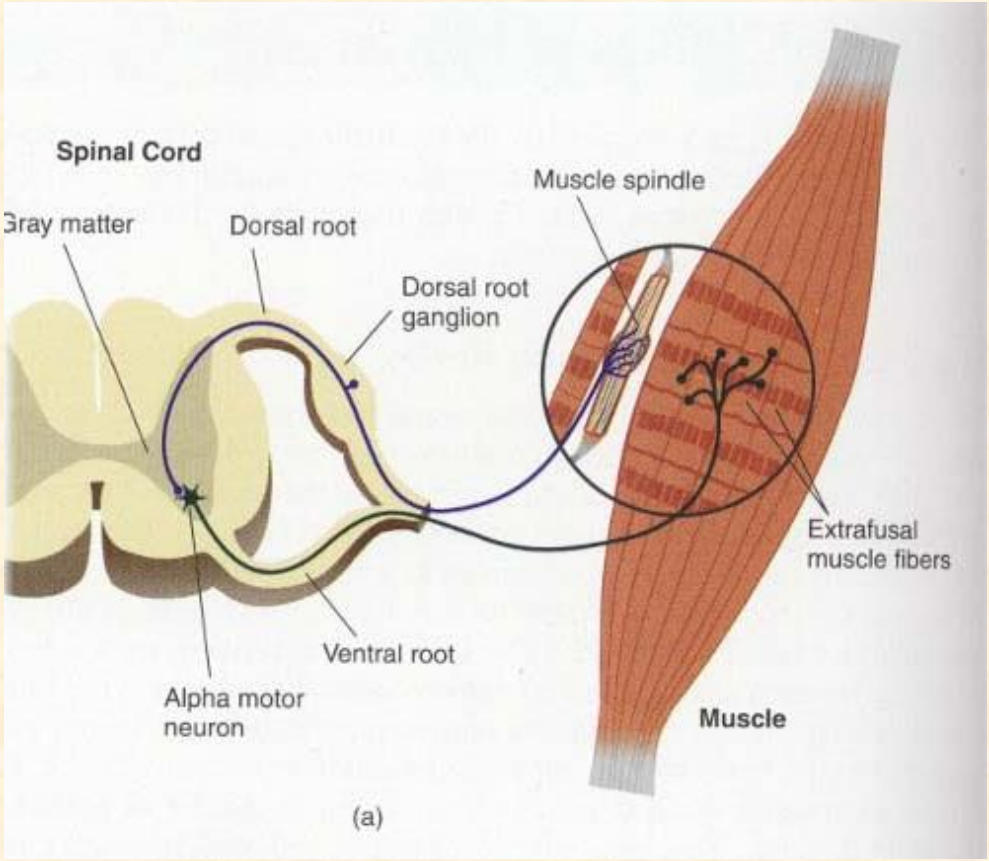
Gamma-motoneuróny – sú menšie 30-40 μm, ležia medzi alfa-motoneurónmi, axóny smerujú k svalovým vretienkam, regulácia reflexov prostredníctvom modulácie tonusu intrafuzálnych vlákien svalových vretienok

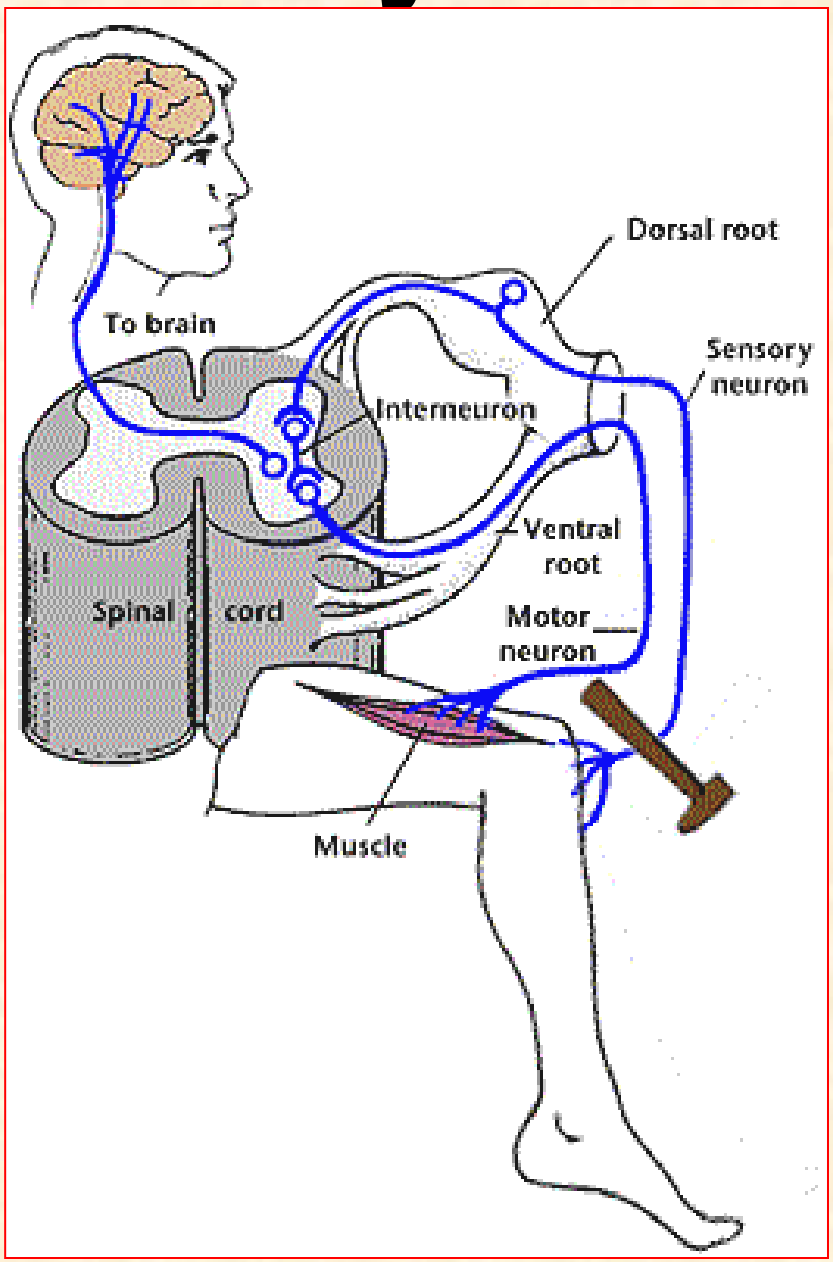
Viscerálne neuróny – veľké ako gamma neuróny, sú uložené v *columna lateralis*, zoskupujú sa do *nucleus intermediolateralis*

Interneuróny – malé bunky prítomné vo všetkých častiach šedej hmoty, axóny sa vetvia v rámci toho istého segmentu (stavca), najčastejšie vo vnútri jadra alebo blízkeho jadra, sú najpočetnejšie, esenciálne

Bunky zväzkov – *cellulae funiculares* – relé bunky, prepojovacie bunky takmer výlučne v zadných miechových rohoch, dendrity sa vetvia v zadnom rohu, axóny prestupujú do viacerých segmentov, vedú väčšinou do mozgového kmeňa, tvoria jadrá

Miechové reflexy

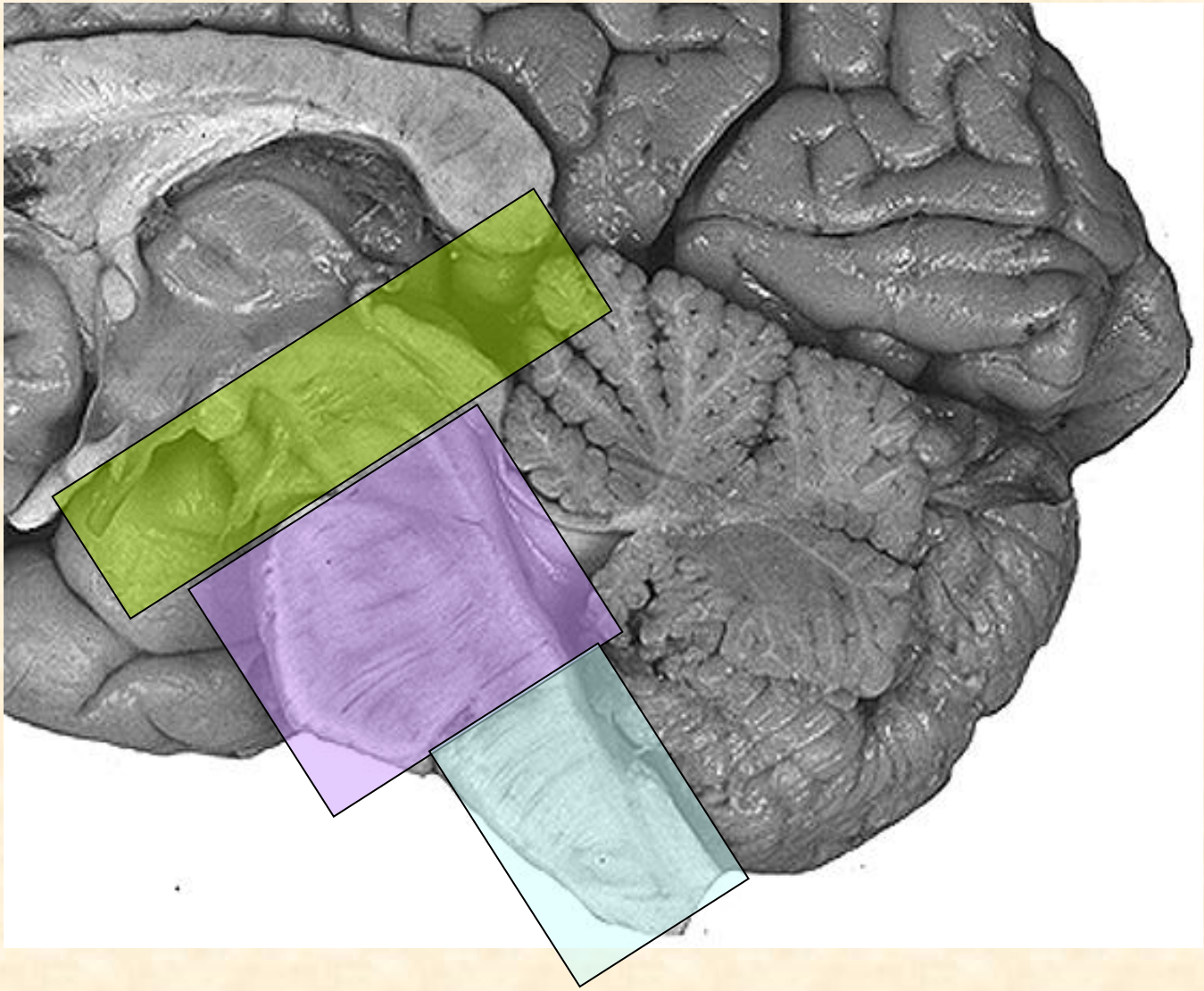




Polysynaptické miechové reflexy

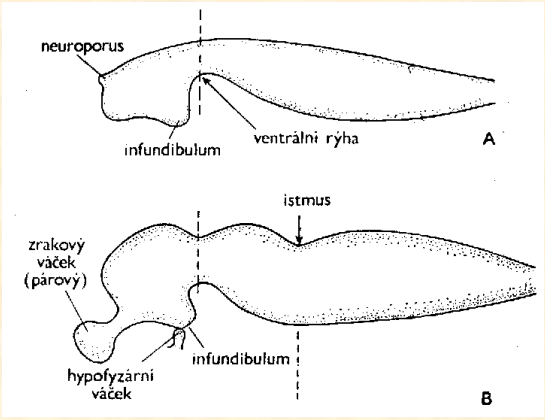
- polysynaptický reflexný oblúk vzniká zapojením viacerých interneurónov, má zložité vetvenie a tendenciu k následným výbojom a časovému rozloženiu
- Príklady: extenzorový reflex, flexorový reflex
- Sú modulované činnosťou CNS

Tri oddiely mozgového kmeňa

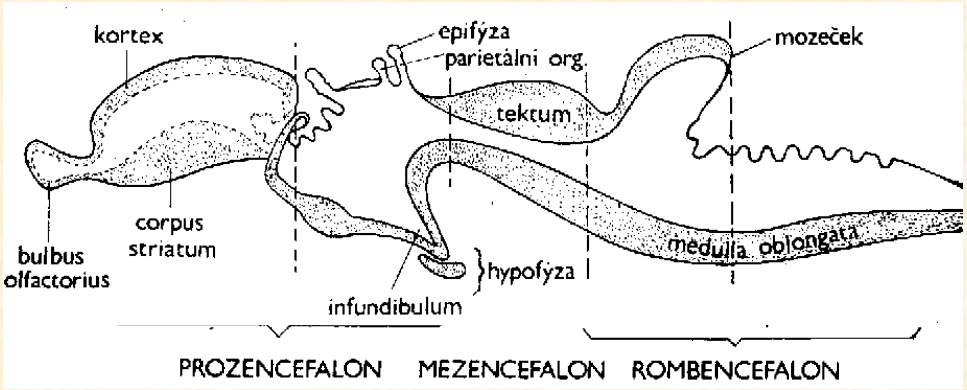


- stredný mozog
- most
- predĺžená miecha

prozencefalon
telencefalon (mozgové hemisféry = paleokortex, archikortex, neokortex, corpus striatum; bulbi olfactorii)
diencefalon (epitalamus, talamus, hipotalamus)
mezencefalon
tektum (corpora quadrigemina), **tegmentum**
rombencefalon
metencefalon (časť predĺženej miechy, cerebelum, pons)
myelencefalon (časť predĺženej miechy)



Mozgový kmeň = P + M + R, dýchacie a kardiovaskulárne centrum, u človeka - sací r., r. slinenia, prehĺtania, sekrécie žalúdočnej a pankreatickej šťavy a vracania
Retikulárna formácia (RF)
zostupný systém RF
facilitačná oblasť (zvyšuje dráždivosť miechových centier somatických reflexov, je aktivovaná statokinetickým receptorom, vestibulárnym mozočkom, kolaterálami špecifických senzorických dráh, mozgovou kôrou)
inhibičná oblasť (tlmí reflexný tonus extenzorov a úmyselné pohyby, je aktivovaná spinálnym mozočkom, bazálnymi gangliami, mozgovou kôrou)
retikulárny aktivačný systém (RAS) – prebieha vejárovito do celej mozgovej kôry, udržiava aktivačnú úroveň mozgovej kôry (stav bdelosti)



Predĺžená miecha (medula oblongata)

- zadná časť mozgového kmeňa
- štruktúry podobné ako v mieche, dorzálne stĺpce sa však presúvajú laterálne
- v retikulárnej formácii predĺženej miechy sú uložené integračné centrá a eferentné dráhy životne dôležitých vegetatívnych funkcií: dýchanie, krvný obeh, slinenie, zvracanie
- zničenie RF predĺženej miechy spôsobuje okamžitú smrť následkom zastavenia dýchania a zlyhania krvného obehu

sú tu jadrá 8 hlavových nervov

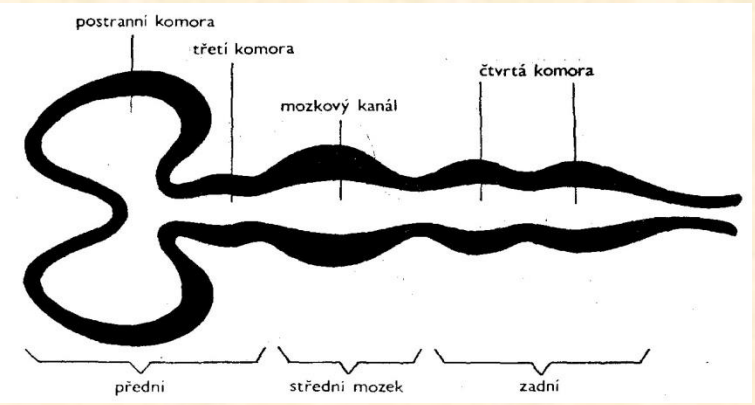
V. trojklanný
VI. odťahujúci
VII. tvárový
VIII. polohovosluchový
IX. jazykovohltanový
X. blúdivý
XI. vedľajší
XII. podjazykový

(I. čuchový nerv vychádza z koncového mozgu,
II. zrakový nerv vychádza z mezimozgu a
III. okohybný a IV. kladkový nerv inervujúci svaly oka vychádza zo stredného mozgu)

stredný mozog (mezencefalon)

- šedá hmota v strednom mozgu je nad mozgovým kanálom zhrubnutá a tvorí **tektum** (strechu stedného mozgu)
- postranné časti okolo mozgového kanálu tvoria **tegmentum** (je tu uložená predná časť retikulárnej formácie)

- dôležité zrakové centrum u všetkých stavovcov (s určitou výnimkou u cicavcou) vlákna zrakového nervu vedú do tekta v strednom mozgu, kde vzniklo primárne zrakové centrum - väčšia časť tohto centra je vyvinutá ako párové optické laloky. U cicavcov vedie to do tekta len malá časť zrakových dráh.
Ďalšie **dráhy**, ktoré sem prichádzajú sú: z akusticko-laterálnej oblasti, somaticko-senzorickej oblasti, cestou diencefala z čuchovej oblasti telencefala, z mozočka.

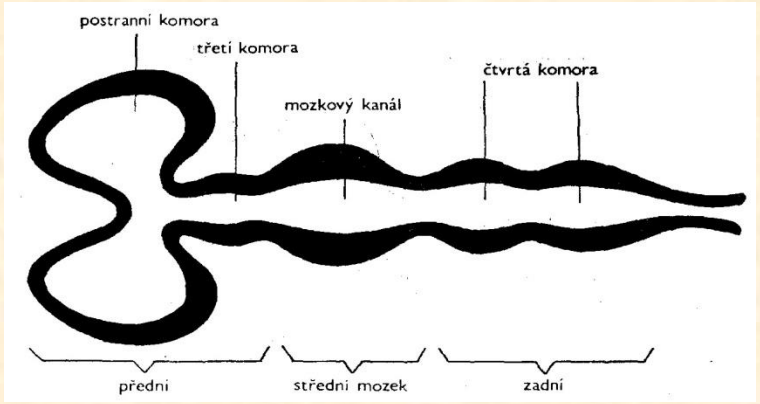


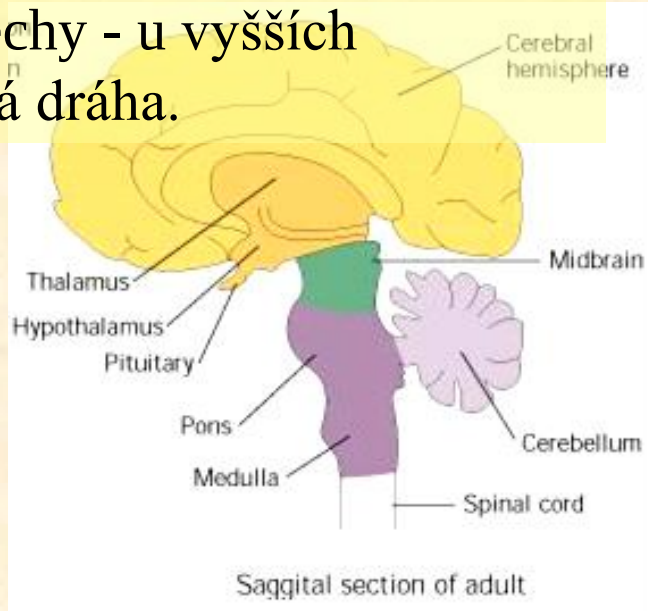
- **syntéza signálov** a vytváranie motorických odpovedí: u rýb a obojživelníkov je tektum najvyšším integračným centrom a riadi somtaticko-motorickú činnost – žaba môže prežívať bez mozgových hemisfér pokiaľ je zachovaný mozgový kmeň a tektum. U plazov a vtákov má tektum stále ešte veľký význam, u vtákov však už väčší význam nadobúdajú centrá v hemisférach.

stredný mozog (mezencefalon)

U vyšších stavovcov tvoria tektum dva párové výbežky – **corpora quadrigemina** = štvorhrbolie;
prvý pár – colliculi superiores je u cicavcov dôležitý v jednoduchej vizuálnej identifikácii pohybujúcich sa predmetov a orientačných a pátracích pohyboch (primárne opticko-motorické centrum).
druhý pár - colliculi inferiores má význam v jednoduchých sluchových reakciách.

nucleus ruber = dôležité motorické centrom v strednom mozgu u plazov, vtákov a cicavcov.
Zbiehajú sa tu dráhy z mozočka, kôry, talamu a miechy - u vyšších stavovcov je rubrospinálna dráha dôležitá motorická dráha.





Saggital section of adult

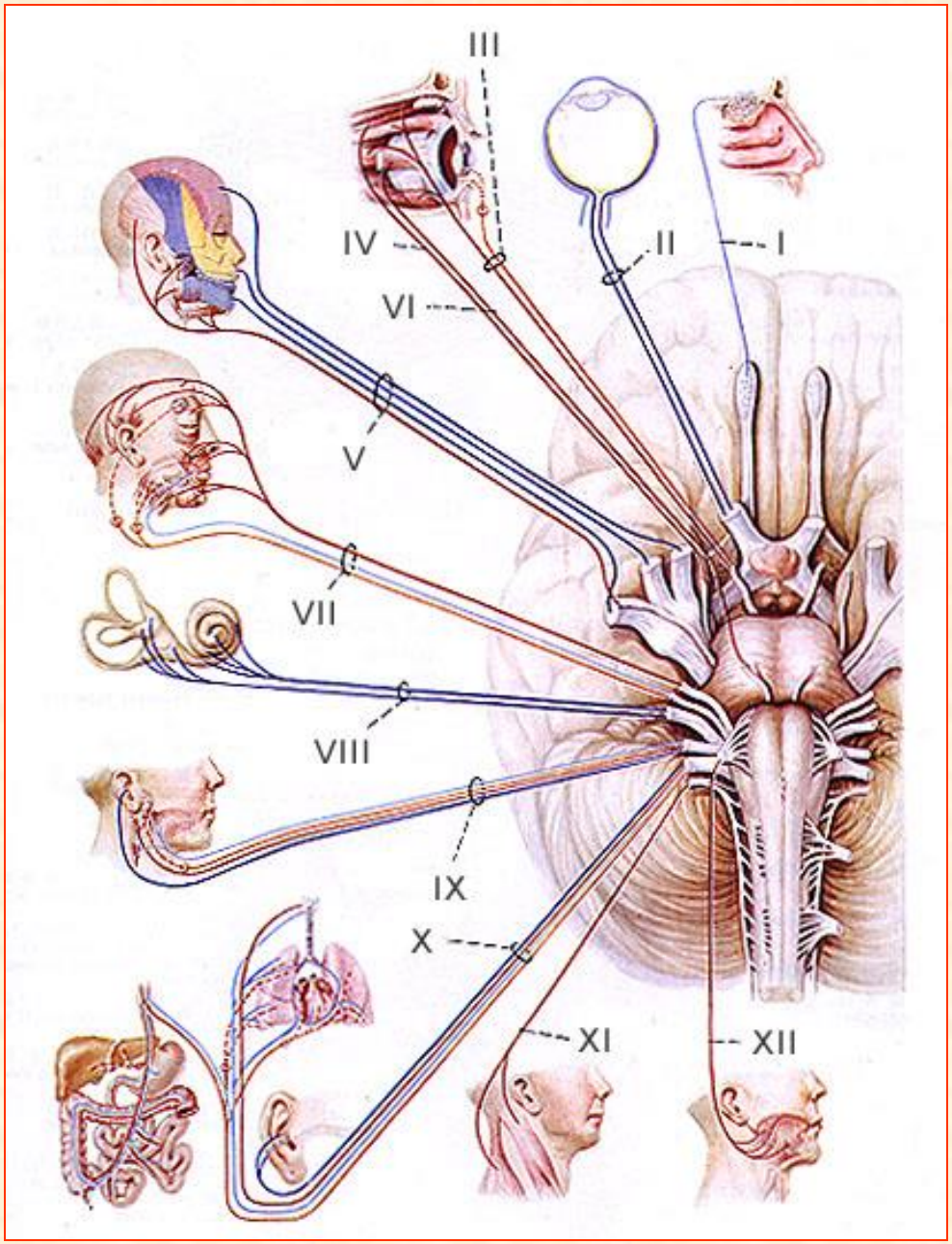
Hlavové nervy

- Hlava a krk nie sú inervované spinálnymi nervami
- Senzorické informácie sú prímané a motorické vysielané prostredníctvom 12 párov kraniálnych nervov
- Tvoria podstatnú časť PNS
- možno ich identifikovať na ventrálnom povrchu mozgu

Každý z hlavových nervov….

- má názov a číslo
- má senzorický, motorický alebo parasympatetický komponent
- niektoré majú viac ako jeden komponent
- inervujú nejakú štruktúru

Funkcie kraniálnych nervov



www.neurophys.com/EMG/Cranial_Nerves/

Hlavové nervy

I n. olfactorius- senzorický, inervuje čuchovú sliznicu

II n. opticus - senzorický, inervuje sietnicu oka

III n. occulomotorius- motorický, inervuje okohybné svaly

IV n. trochlearis - motorický, inervuje horný a šikmý očný sval

V n. trigeminus - zmiešaný, inervuje tvárové svaly, očnú guľu, hornú mihlanicu, slzné žľazy, svaly, kožu a zuby čeľuste

VI n. abducens- motorický, inervuje očné svaly

VII n. facialis - zmiešaný, inervuje svaly tváre, ústne žľazy a jazyk

VIII n. statoacusticus - senzorický, funkcia pri polohovej orientácii a vnímaní zvukov

IX n. glossopharyngeus - zmiešaný, inervuje sliznicu hltana a jazyka, svaly hltana, príušné slinné žľazy

X n. vagus – zmiešaný nadväzuje na receptory v srdci,
pľúcach, hrtane, žalúdku, cievach a močových cestách,
kontroluje činnosť srdca, pľúc a ďalších vnútorných orgánov

XI n. accessorius - motorický, inervuje hltan, hrtan,
mäkké podnebie, svaly krku

XII n. hypoglossus - motorický, inervuje svaly jazyka a krku

- modrá farba – parasympatický kompotnent

Pomôcka na zapamätanie

I	**Olfactory**	**O**n	**S**ome
II	**Optic**	**O**ld	**S**ay
III	**Occulomotor**	**O**lympus	**M**arry*
IV	**Trochlear**	**T**owering	**M**oney
V	**Trigeminal**	**T**ops	**B**ut
VI	**Abducens**	**A**	**M**y
VII	**Facial**	**F**renchman	**B**rother*
VIII	**Auditory/Vestibulocochlear**	**A**nd	**S**ays
IX	**Glossopharyngeal**	**G**erman	**B**ig*
X	**Vagus**	**V**iewed	**B**usiness*
XI	**Spinal/Accessory**	**S**ome	**M**akes
XII	**Hypoglossal**	**H**ops	**M**oney

- Most motor nuclei are associated with a single cranial nerve
- Afferent nuclei often receive fibers from several cranial nerves
  - All associated with a single function however, e.g., nucleus of solitary tract

S = Sensory
M = Motor
B = Both/Mixed Sensory & Motor
* = Parasympathetic

Funkčné členenie mozočka

Z fyziologického hľadiska tvorí mozoček jednotný celok. Podľa funkčných vzťahov ho však možno rozdeliť na tri časti

vestibulárny mozoček – archicerebellum, *pars nodulofluccularis* – dostáva vstupné informácie predovšetkým zo statokinetického receptora

spinálny mozoček – paleocerebellum, *lobus rostralis* a *caudalis* – dostáva vstupné informácie jednak z proprioreceptorov, z taktilných exteroreceptorov a interoreceptorov

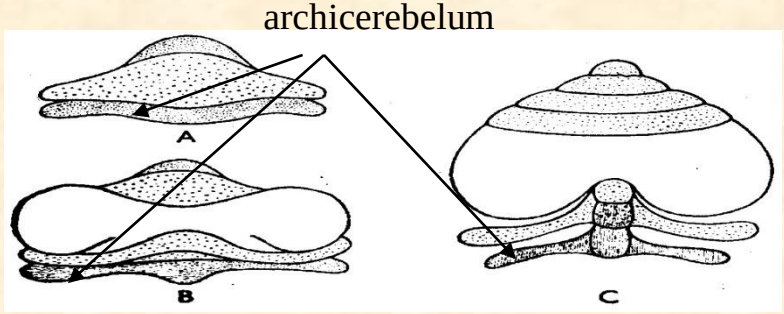
cerebrálny (kôrový) mozoček – neocerebellum, *lobus medius*, dostáva vstupné informácie predovšetkým z mozgovej kôry

Cez *formatio reticularis* prichádzajú do mozočka aj informácie z interoreceptorov a z kožných exterorecpetorov.

V kôre neocerebella sa potvrdila somatotopická organizácia, hoci nie taká presná ako v motorickej a v somatosenzorickej oblasti mozgovej kôry.

mozoček (cerebellum)

koordinácia motorickej aktivity a udržovania postoja
(mimovoľná aj úmyselná hybnosť)



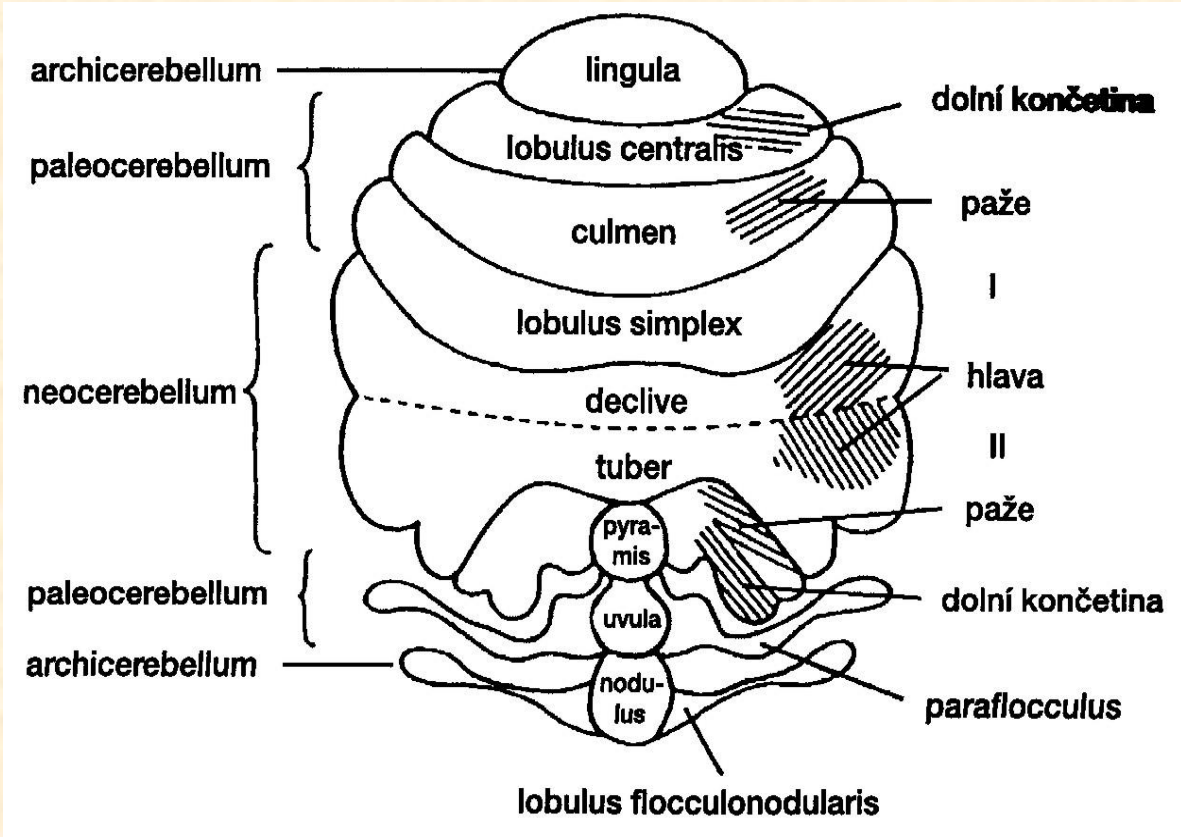
A – plaz; B – primitívnejší cicavec; C – vyspelý cicavec

archicerebelum – vestibulárny m., statokinetický receptor cez vestibulocerebrálne dráhy

paleocerebelum – spinálny m., proprioreceptory cez spinocerebrálne dráhy, taktilné exteroreceptory a interoreceptory cez spinotalamové dráhy

neocerebelum – kôrový m., mozgová kôra cez jadrá v moste, interoreceptory a kožné exteroreceptory cez RF

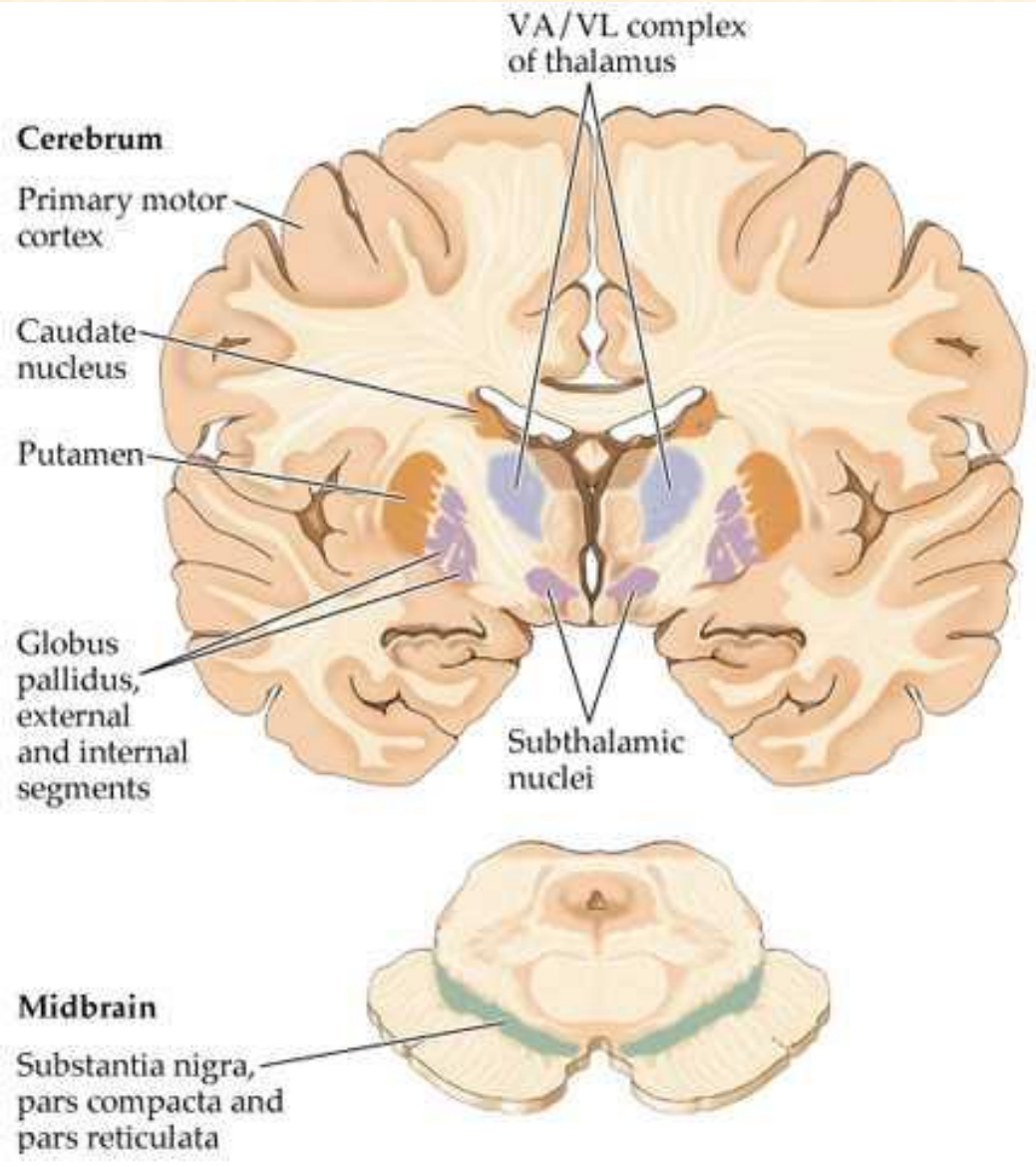
somatotopická organizácia

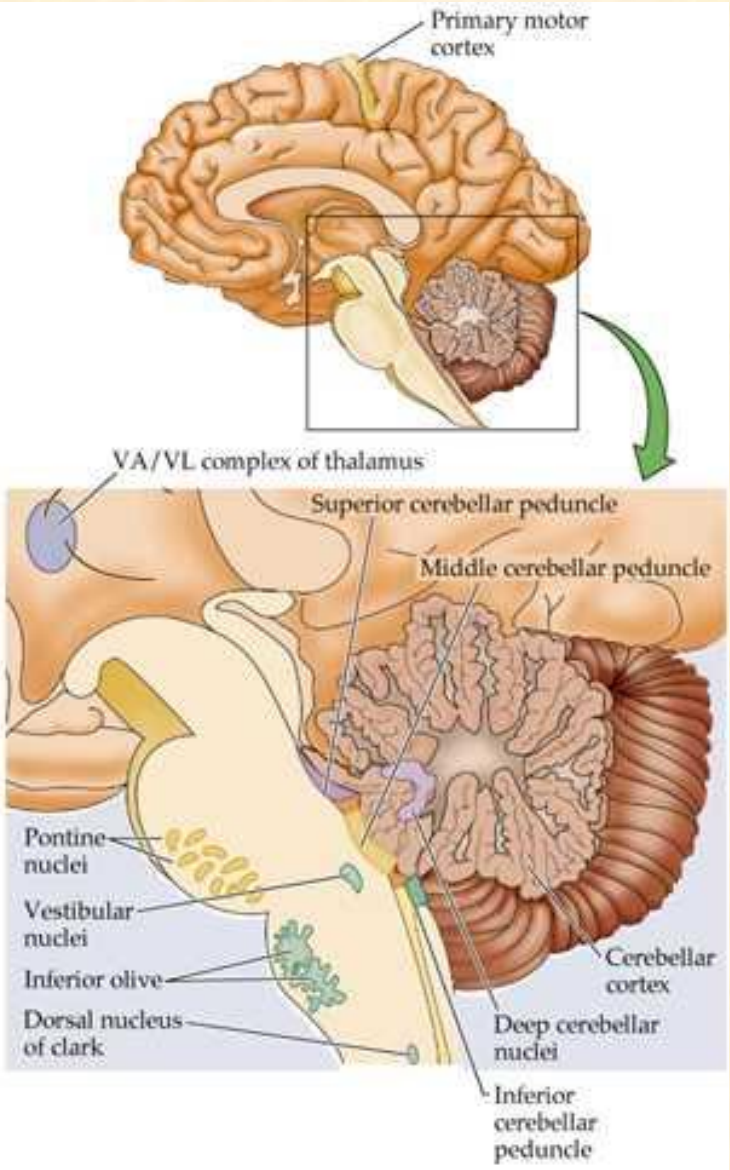


Predný mozog

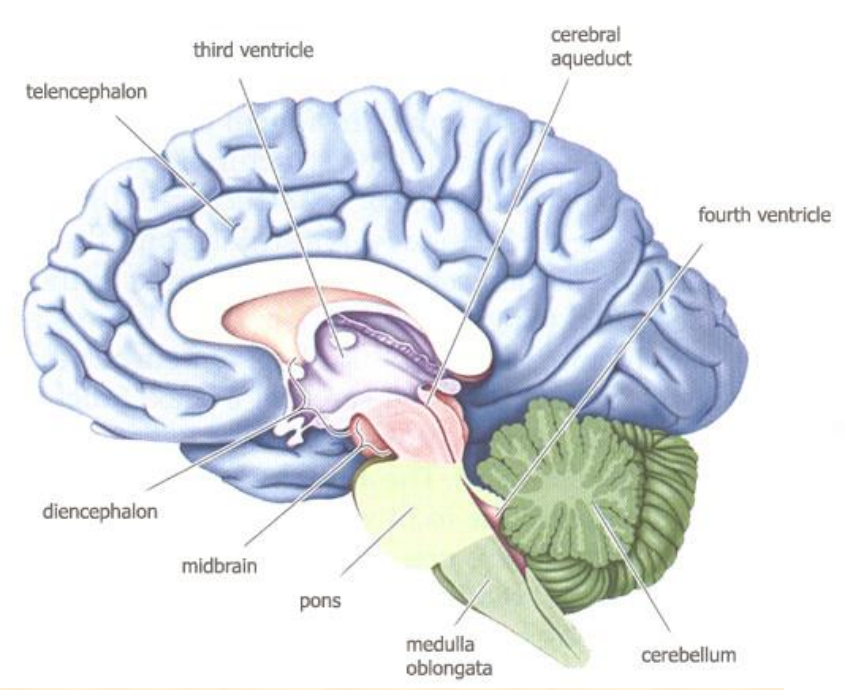
- diencephalon: talamus, hypotalamus, epitalamus
- 3. mozgová komora
- hemisféry
- bazálne gangliá
- limbický systém
- mozgová kôra
- epifýza

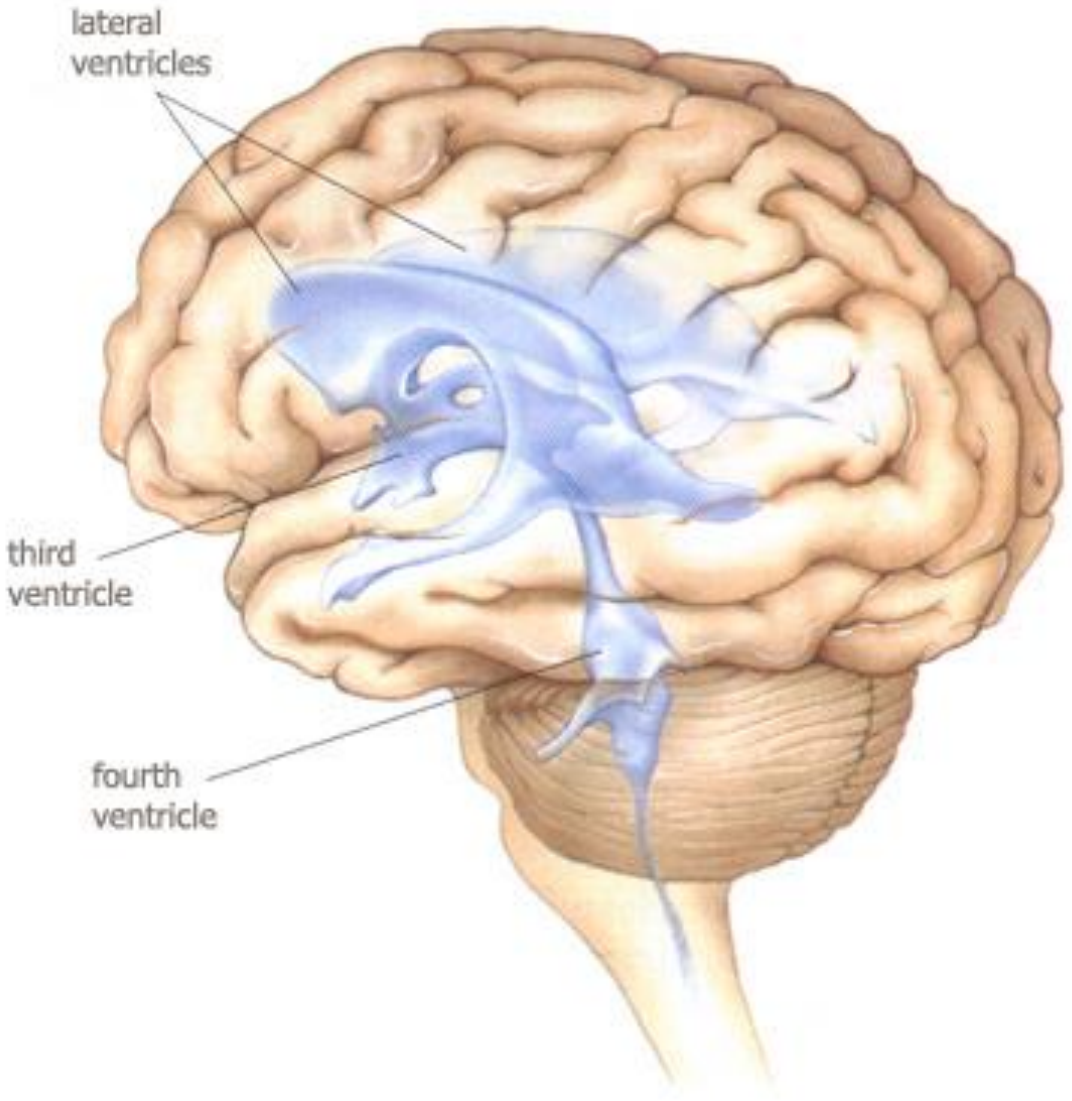
diencephalon: talamus





Mozgové komory

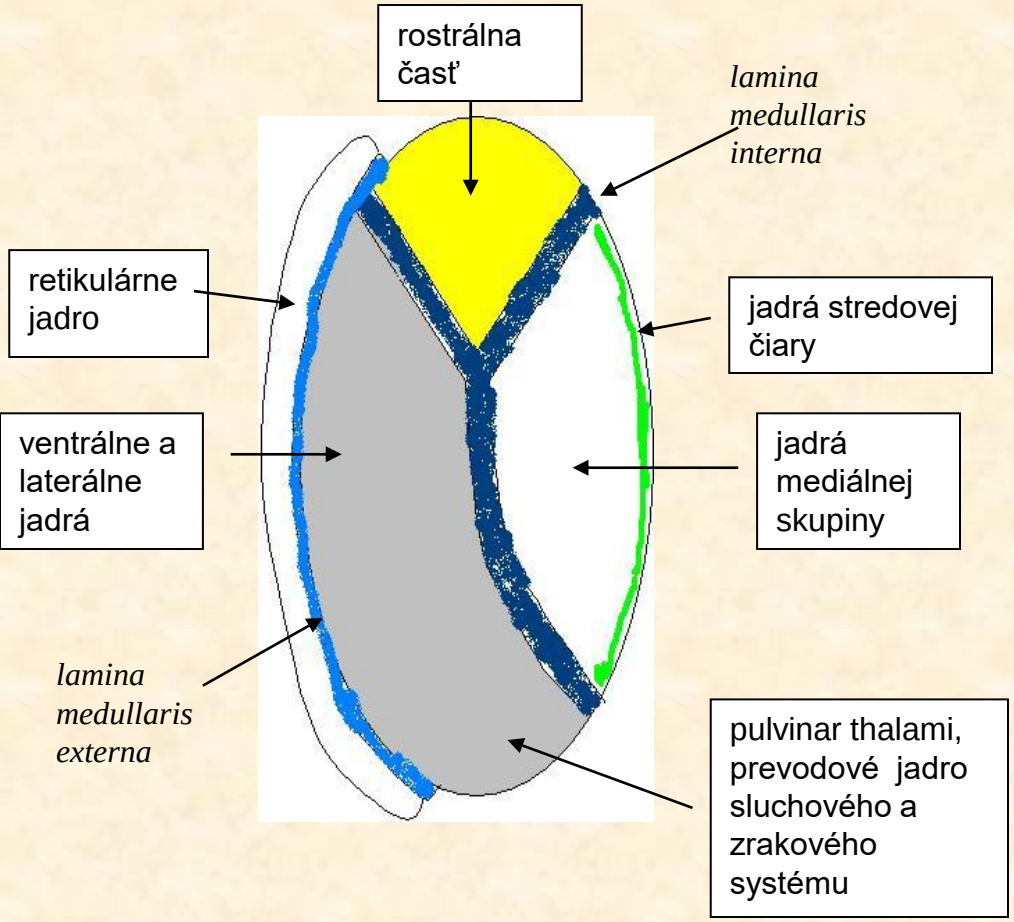


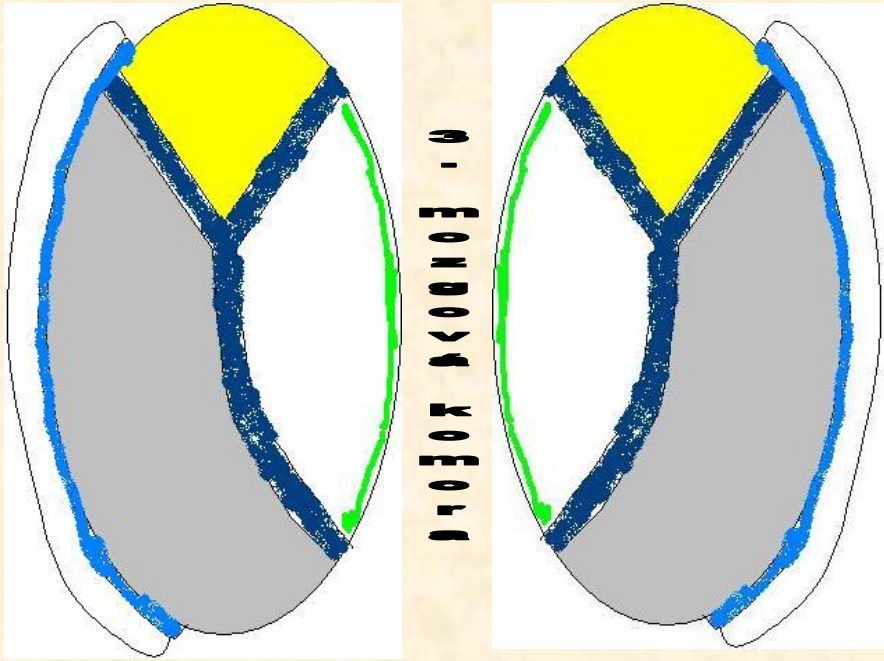


medzimozog (diencefalon)

Talamus - sprostredkuje hlavné spojenie medzi senzorickými receptormi a cerebrálnym kortexom (s výnimkou čuchových receptorov)

- má obojstranné spojenie s mozgovou kôrou a podkôrovými štruktúrami (RF, bazálne gangliá, mozgový kmeň, mozoček, hypotalamus, limbický systém, miecha)
- integračné centrum senzorických, motorických, autonómnych a nešpecifických systémov = brána vedomia (informácie sú upravované, triedené alebo pozastavené v závislosti na stupni bdelosti, chovaní atď.)
- členitý súbor jadier v dorzálnom diencefale rozdelený na pravý a ľavý talamus 3. mozgovou komorou





1) rostrálna časť funkčne spojené s limbickým systémom
2) jadrá stredovej čiary tvoria zhluky buniek v stene tretej komory
3) jadrá mediálnej skupiny vegetatívne funkcie
4) bočné jadrá:
   nucleus ventralis posterior s mediálnou a laterálnou časťou sú hlavný talamový prevodový a integračný systém
5) zadná skupina jadier:
   prevodové jadro sluchového a zrakového systému

hypotalamus

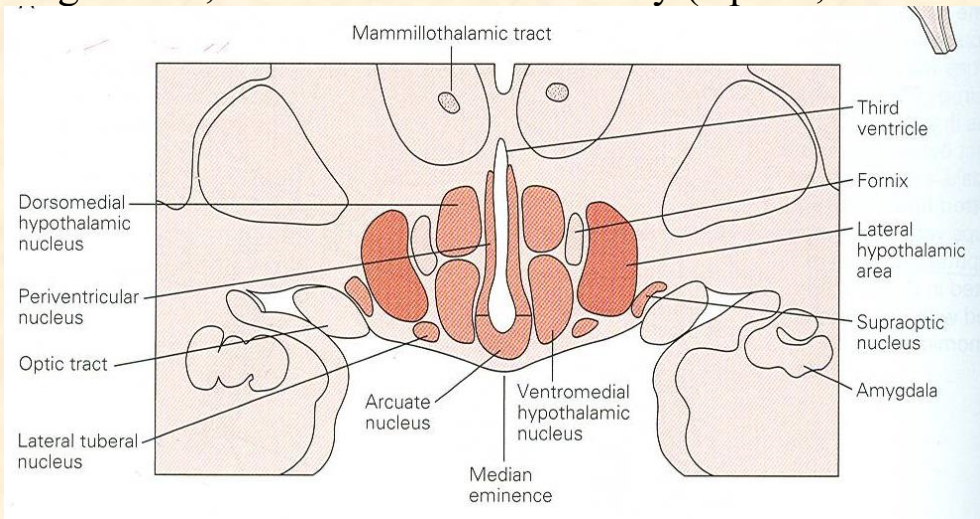
- váži 4g z celkových 1400 g dospelého mozgu, ale pozostáva z rozsiahleho komplexu jadier a traktov
- 3 časti: anteriálna, stredná a posteriálna
- stredná časť hypotalamu – nachádzajú sa tu hlavné jadrá hypotalamu a hlavné trakty spájajúce hypotalamus s mozgovým kmeňom, bazálnymi časťami predného mozgu, amygdalou, cerebrálnym kortexom a stredným mozgom

<u>integruje rozmanité somatické a autonómne funkcie do zložitých reakcií</u>
<u>integruje autonómne a endokrinné funkcie so správaním</u>

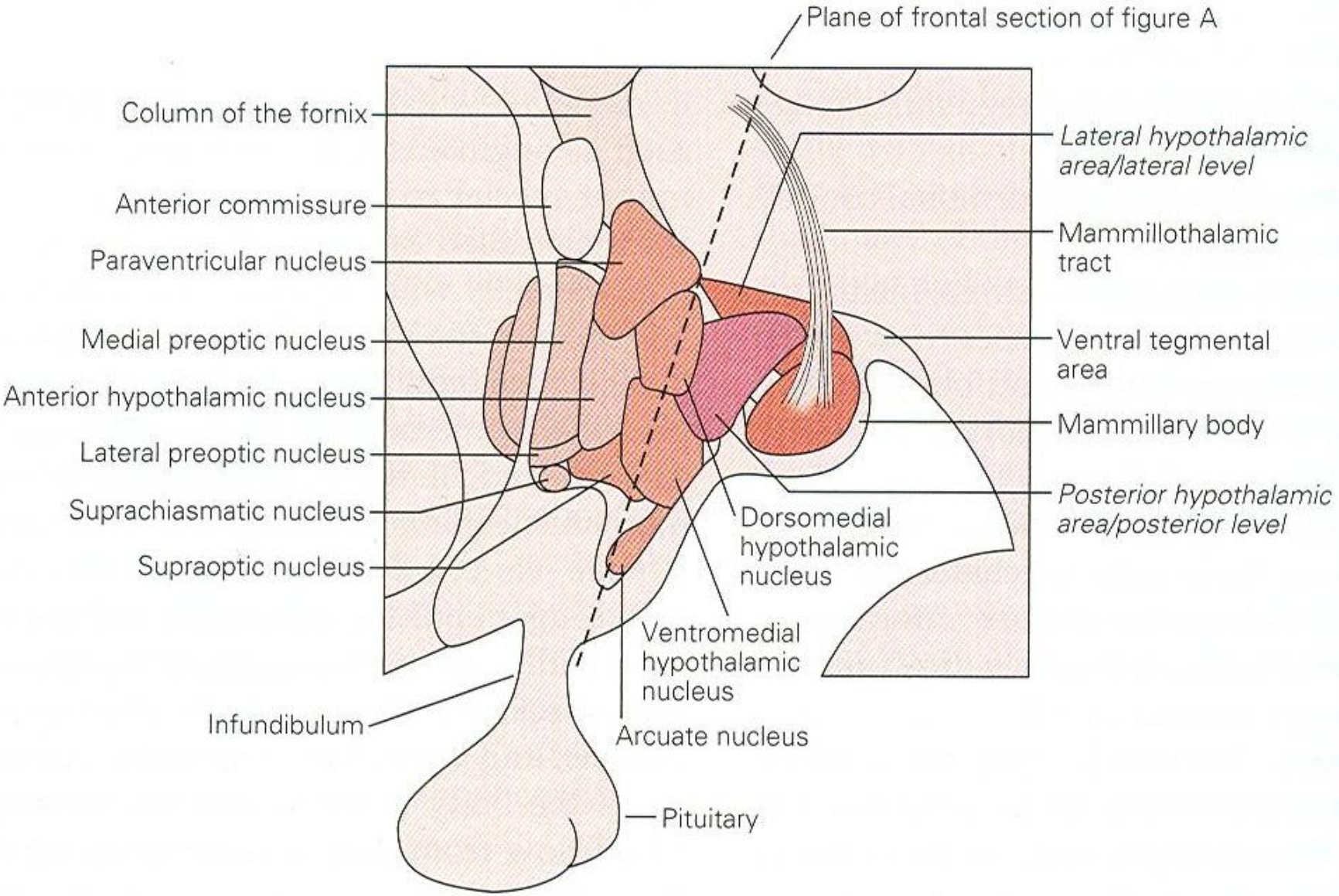
1. krvný tlak a koncentráciu elektrolytov (a tým aj osmolaritu krvi) reguluje prostredníctvom metabolizmu vody a solí
2. viaceré formy termoregulácie (regulácie metabolickej termogenézy až správanie)
3. kontrola energetického metabolizmu (príjem potravy, trávenie, rýchlosť metabolizmu)
4. reprodukcia (hormonálna kontrola párenia, tehotenstva a laktácie)
5. stresová odpoveď na stres včetne regulácie krvného tlaku a sekrécie stresových hormónov

<u>Mechanizmus činnosti:</u>

-má prístup ku senzorckým informáciám z celého organizmu;má vlastné interné senzory (teplota, osmolarita, glukóza, Na^+ a i.);
angiotenzín II a leptín prostredníctvom cirkumventrikulárnych orgánov v III. komore
- porovnáva senzorické informácie s biologickým „set point“
- odstráni odchylku prostredníctvom autonómneho, endokrinného systému alebo zmenou správania



hypotalamus

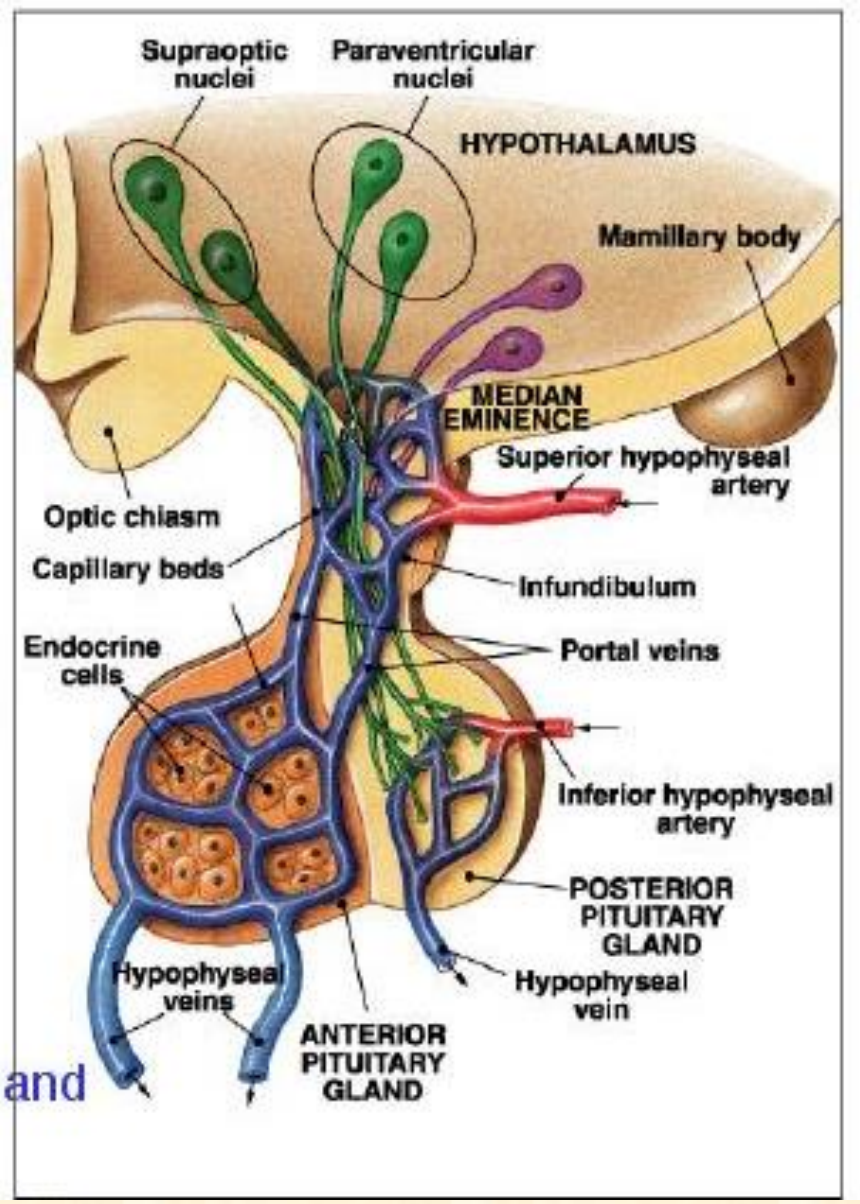


Magnocelulárne neuróny hypotalamu

- veľké neuróny v nucleus **paraventricularis** and **supraopticus**
- vysielajú vlákna do neurohypofýzy
- uvoľňujú prostredníctvom neurohypofýzy do cirkulácie:

- vazopresín (ADH, AVP) – zvyšuje spätnú resorpciu vody

- oxytocín – kontrakcie hladkých svalov maternice, mliekovodov



Parvocelulárne neuróny hypotalamu:

Nucleus arktuatus, **periventrikulárne** a **paraventrikulárne** jadrá

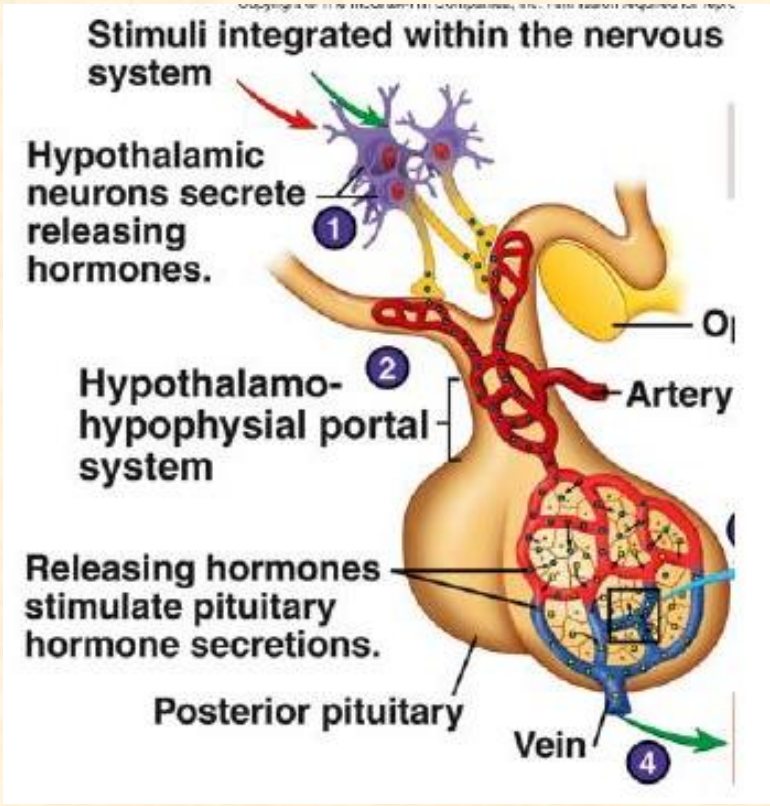
1950 Geoffey Harris – ukázal, že adenohypofýza je regulovaná hypotalamom prostredníctovm hypotalamo-hypofyzárneho portálneho obehu

1970 mnohé z týchto signánych molekúl peptidového charakteru boli popísané

- syntetizujú ich predovšetkým neuróny okolo 3. mozgovej komory

liberíny – „releasing“ faktory

statíny – „release inhibiting“ faktory



morfologické a funkčné rozdelenie bazálnych ganglií

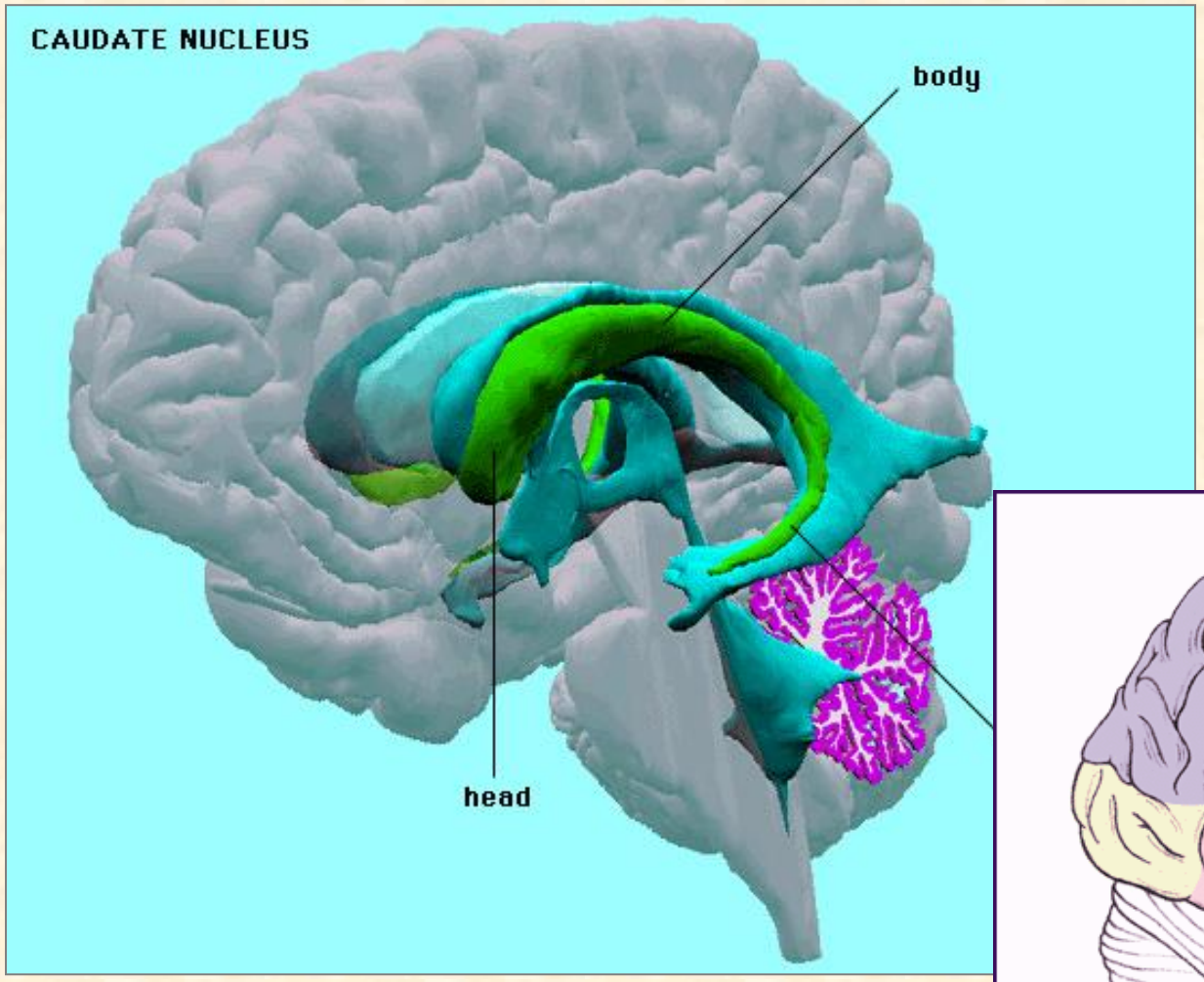
anatomicky sem patria *nucleus caudatus*, *putamen* a *globus pallidus*

K nim sa funkčne pripájajú štruktúry stredného mozgu – *nucleus subthalamicus* a *substantia nigra*. Vzťahy medzi bazálnymi gangliami a týmito štruktúrami sú recipročné.

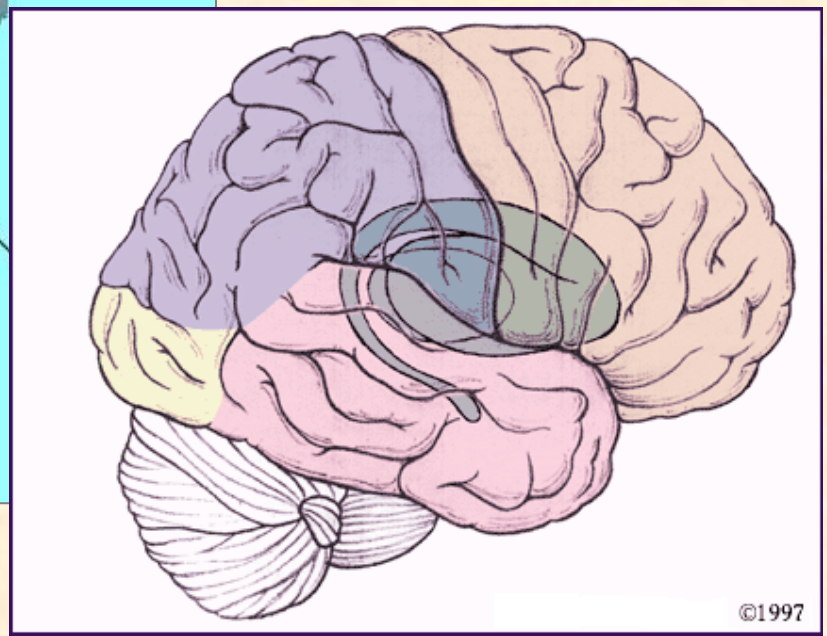
- podkôrová oblasť extrakortikospinálneho systému.
- ich činnosť závisí od činnosti mozgovej kôry, s ktorou sú spojené sústavou spätných väzieb, spoje s mozočkom

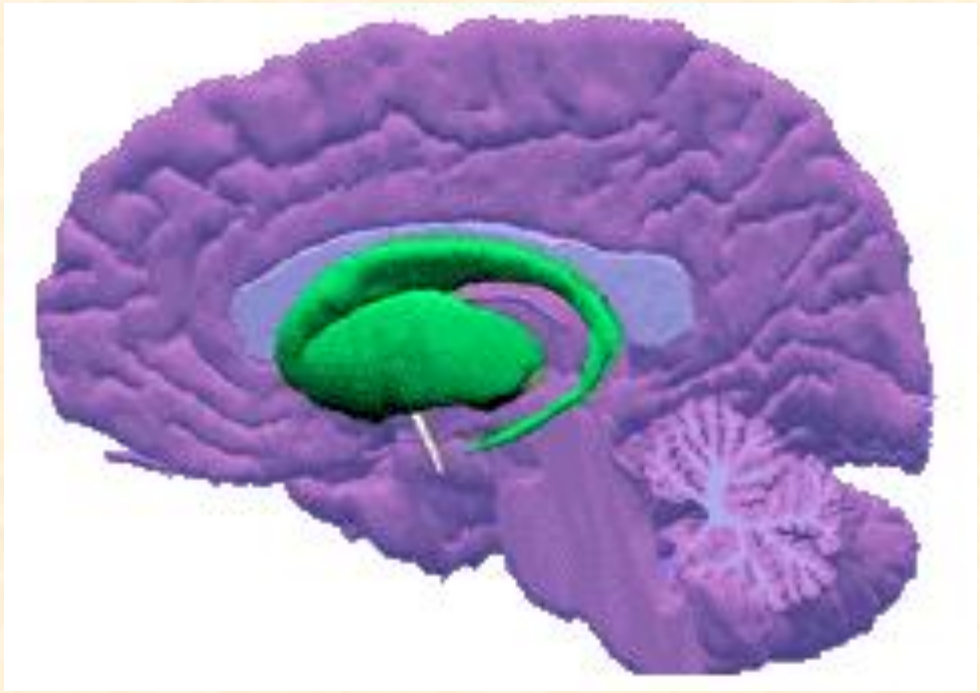
U živočíchov s málo vyvinutou mozgovou kôrou sú bazálne gangliá najvyšším motorickým ústredím, ktoré riadi zložité pohyby (u vtákov lietanie).
Počas fylogenetického vývoja spolu s rozvojom motorickej mozgovej kôry však bazálne gangliá čoraz viac preberali funkciu pomocného koordinačného ústredia medzi neúmyselnou reflexnou činnosťou a úmyselnými pohybmi.

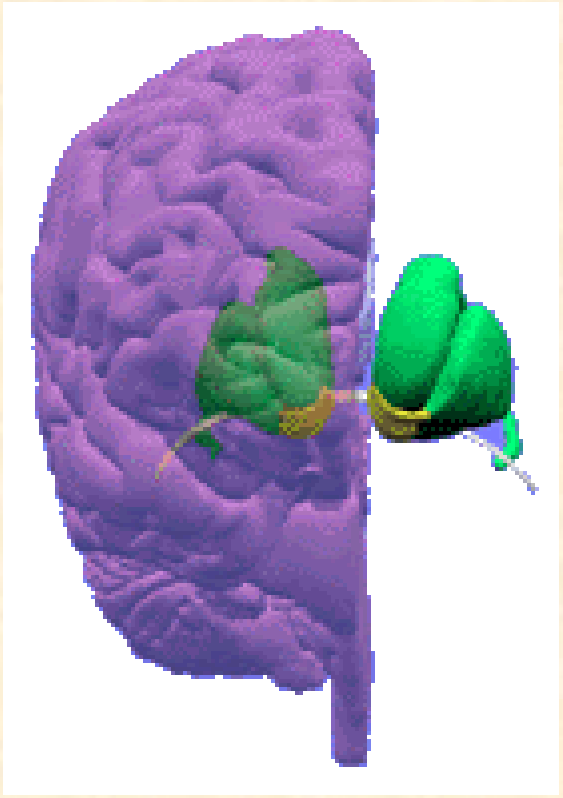
Nucleus caudatus

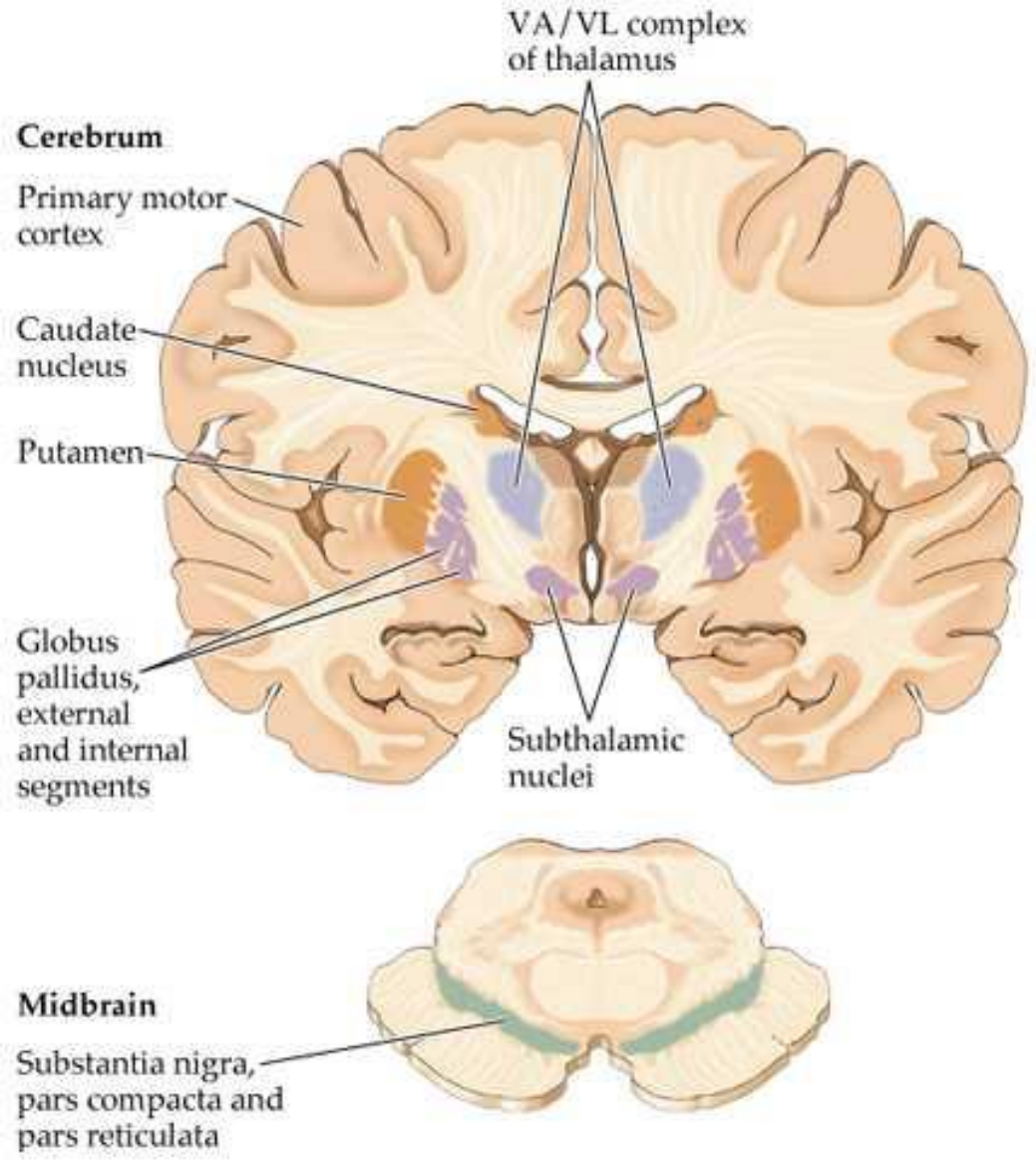


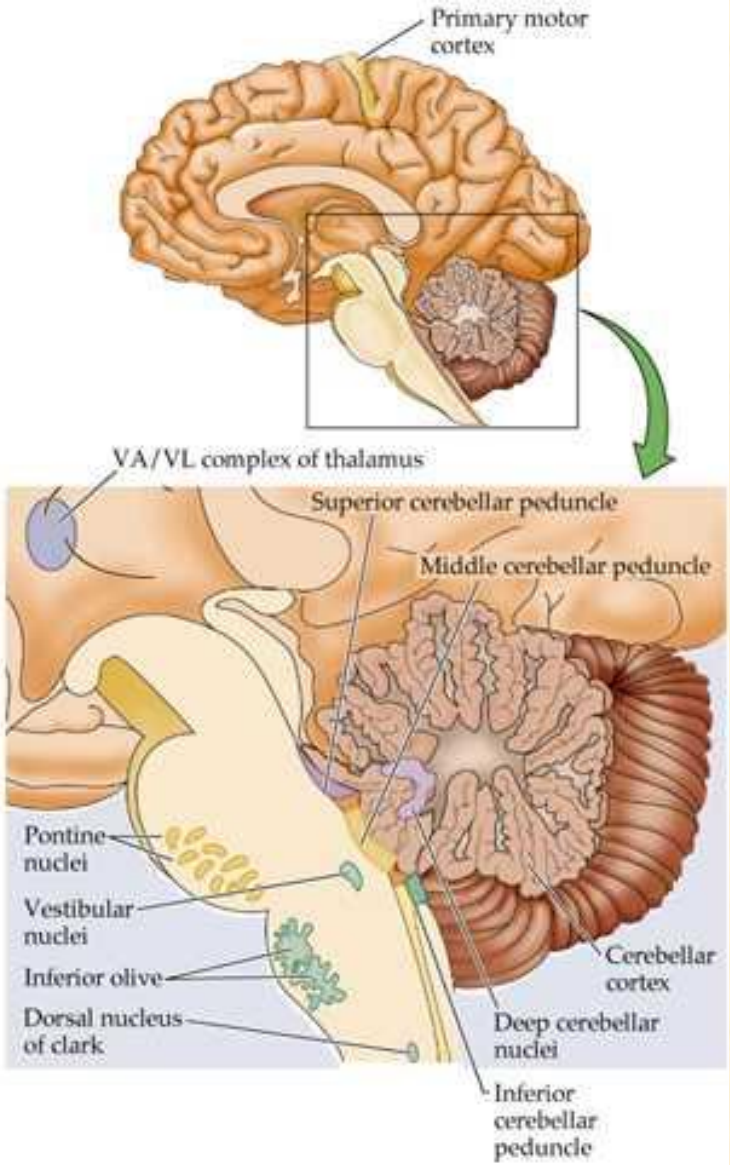
- C shaped structure
- Lateral wall of lateral ventricle
- Head, body and tail of caudate are parallel to anterior horn, body and inferior horn of the lateral ventricle








VA/VL complex of thalamus
Cerebrum
Primary motor cortex
Caudate nucleus
Putamen
Globus pallidus, external and internal segments
Subthalamic nuclei
Midbrain
Substantia nigra, pars compacta and pars reticulata

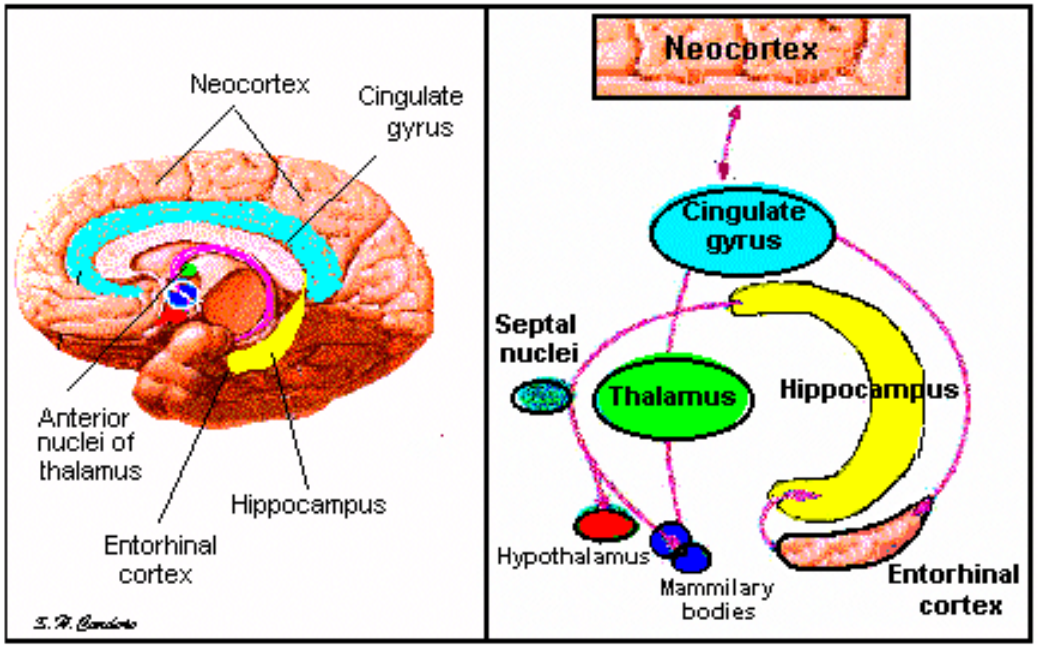

Primary motor cortex
VA/VL complex of thalamus
Superior cerebellar peduncle
Middle cerebellar peduncle
Pontine nuclei
Vestibular nuclei
Inferior olive
Dorsal nucleus of clark
Cerebellar cortex
Deep cerebellar nuclei
Inferior cerebellar peduncle

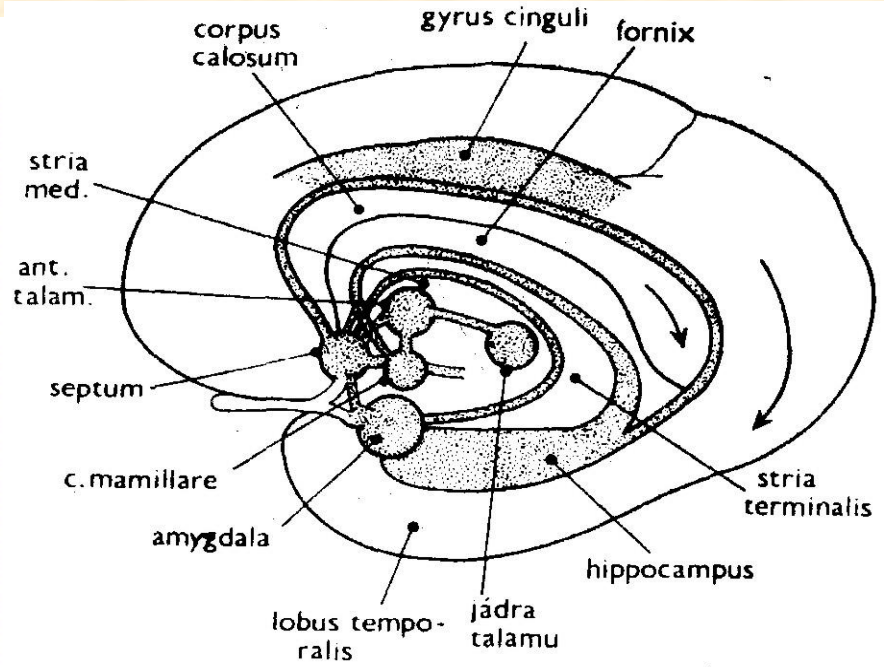
limbický systém

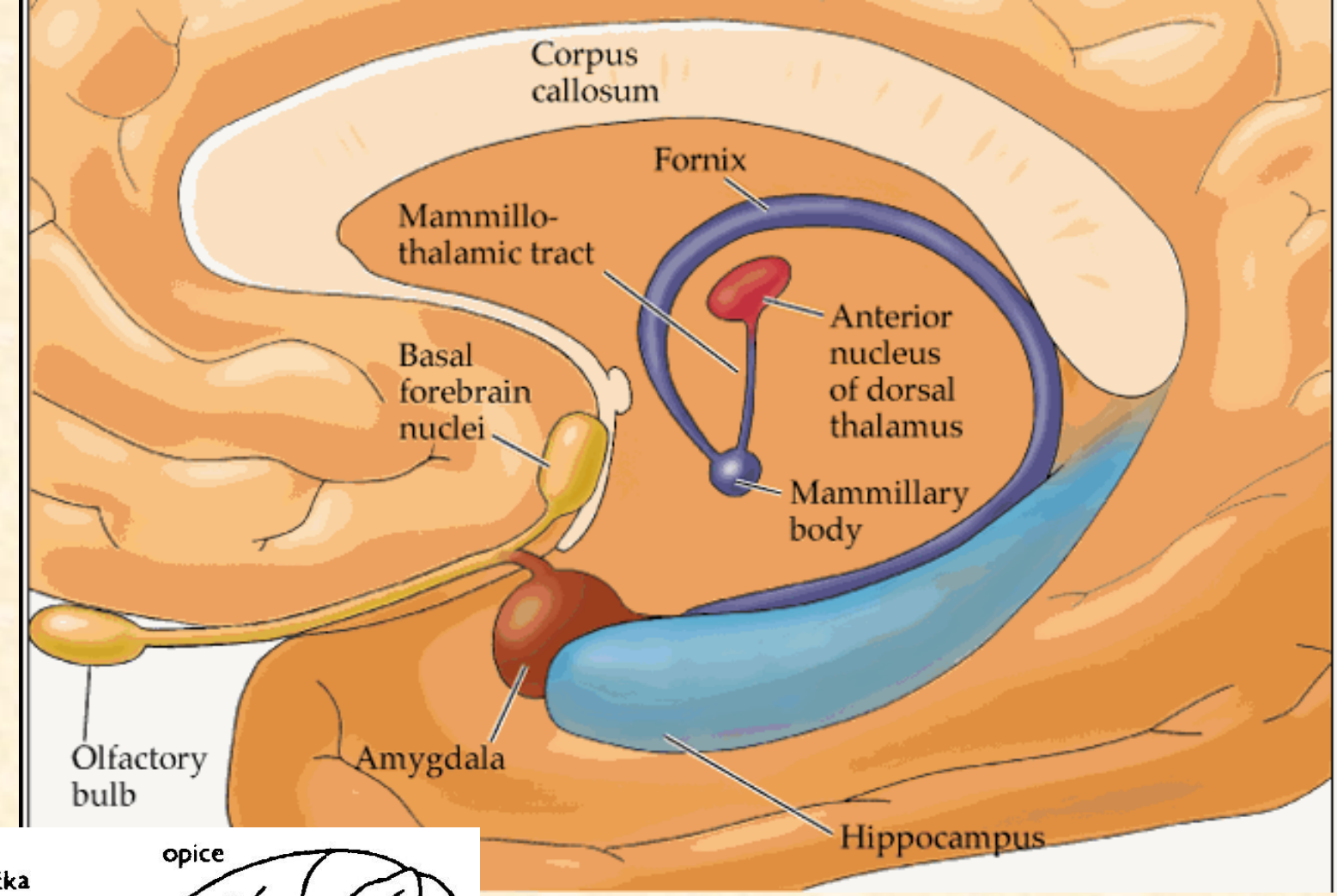
štruktúry odvodené od paleokortexu a archikortexu

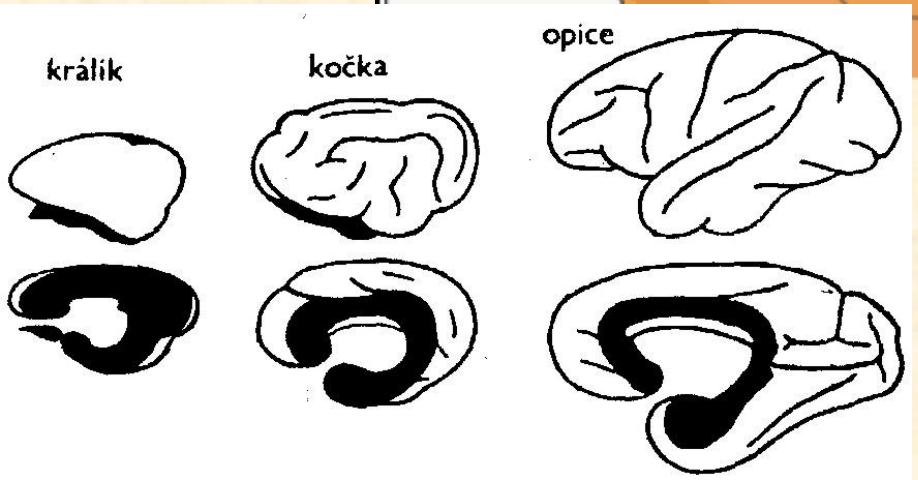
prostredníctvom limbického systému sa uskutočňuje komplexné inštinktívne a **emocionálne správanie, ukladanie pamäťových stôp** a vytváranie nových reakcií organizmu

- časti mozgovej kôry: orbitofrontálna oblasť, gyrus cinguli, hippocampus, parahipokampálny gyrus, gyrus pyriformis
- podkôrové oblasti: septum, amygdala, hypotalamus, predný talamus
- dostáva informácie aferentnými vláknami z autonómneho nervstva, kôrových senzorických oblastí a je citlivý na humorálne faktory
- výstupy smerujú do mozgovej kôry, retikulárnej formácie a cez hypotalamus je napojený na autonómny nervový systém

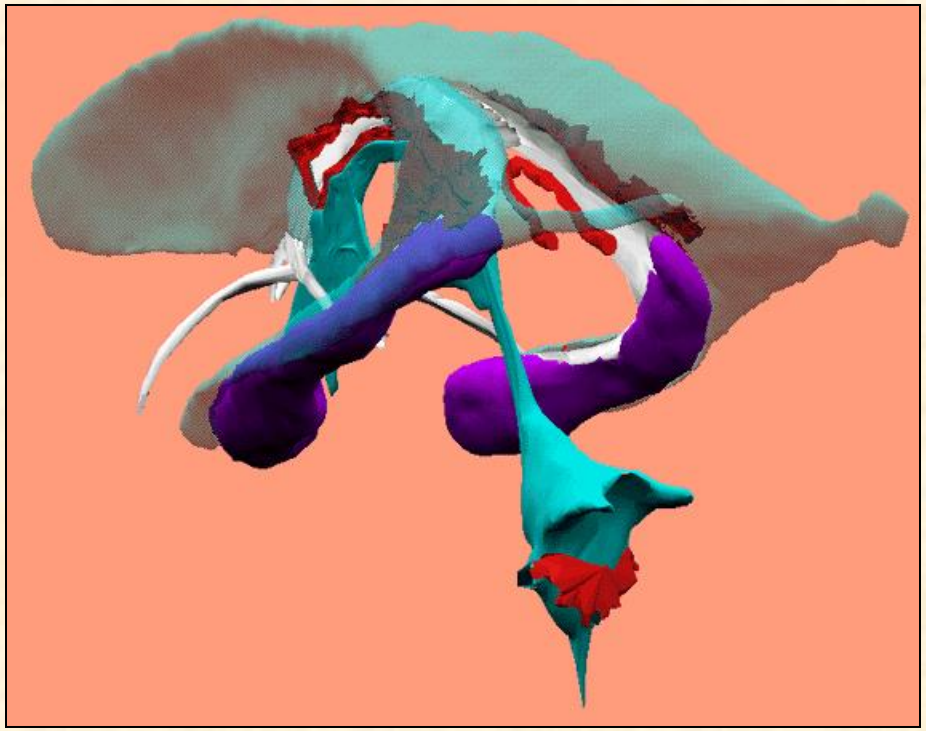


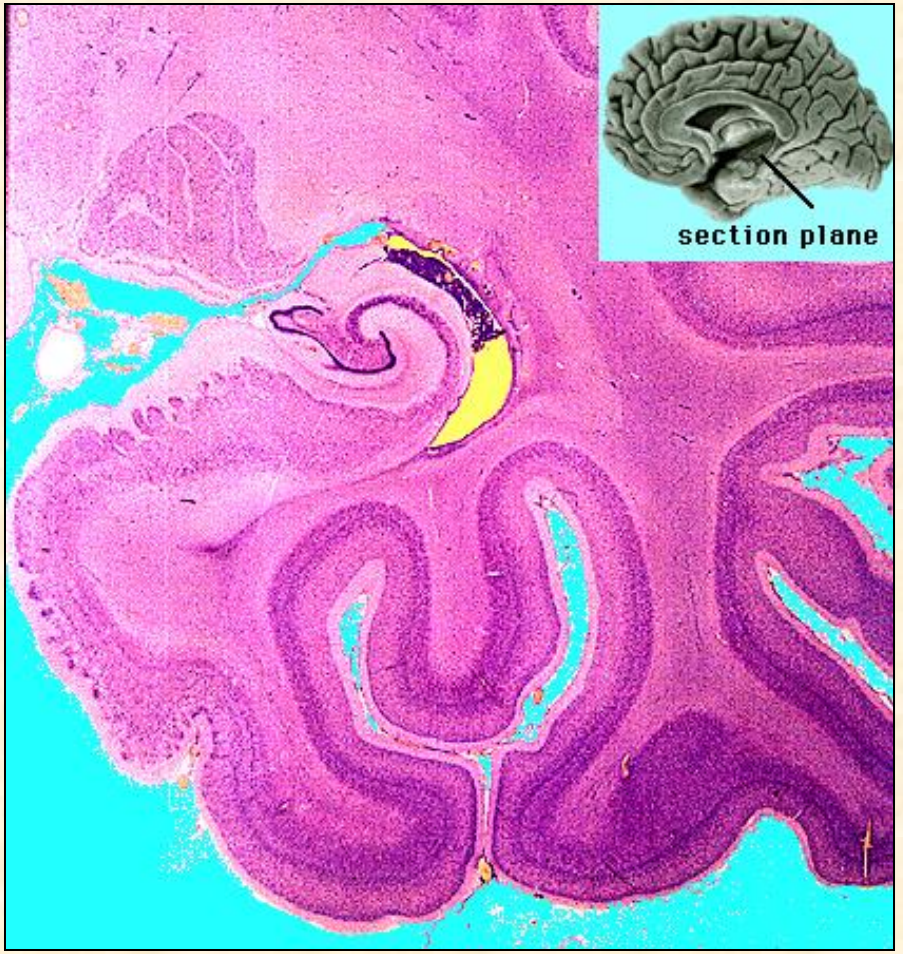



Corpus callosum
Fornix
Mammillo-thalamic tract
Anterior nucleus of dorsal thalamus
Basal forebrain nuclei
Mammillary body
Olfactory bulb
Amygdala
Hippocampus


králík
kočka
opice

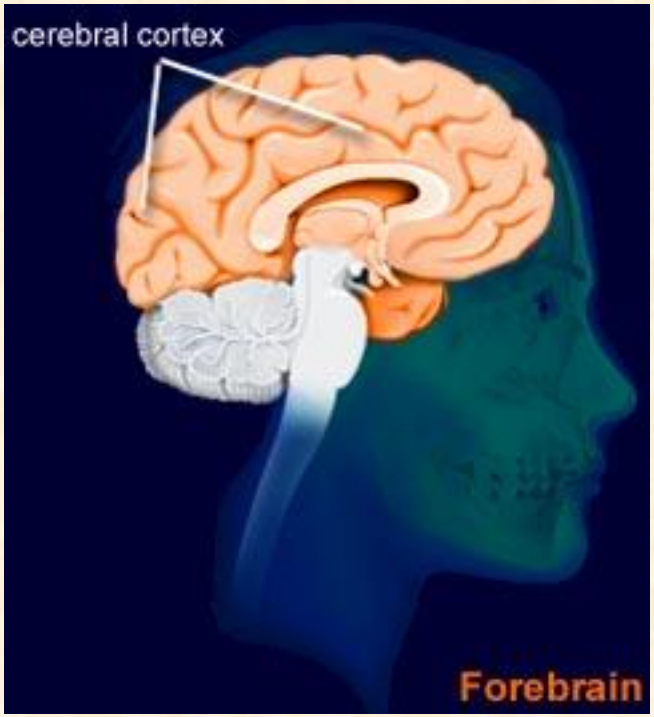
hippokampus





Mozgová kôra

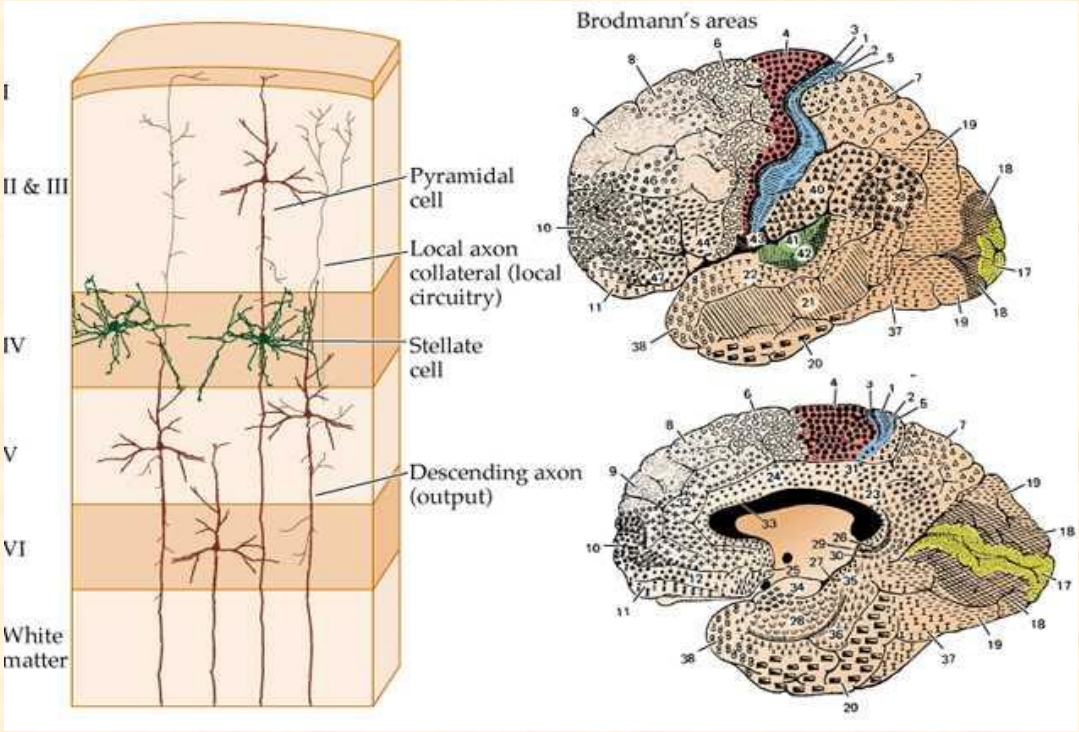
- Fylogeneticky a ontogeneticky najmladšia časť CNS
- Prítomná už u plazov, ale najmohutnejší rozvoj nastáva u cicavcov
- Kortikalizácia funkcií



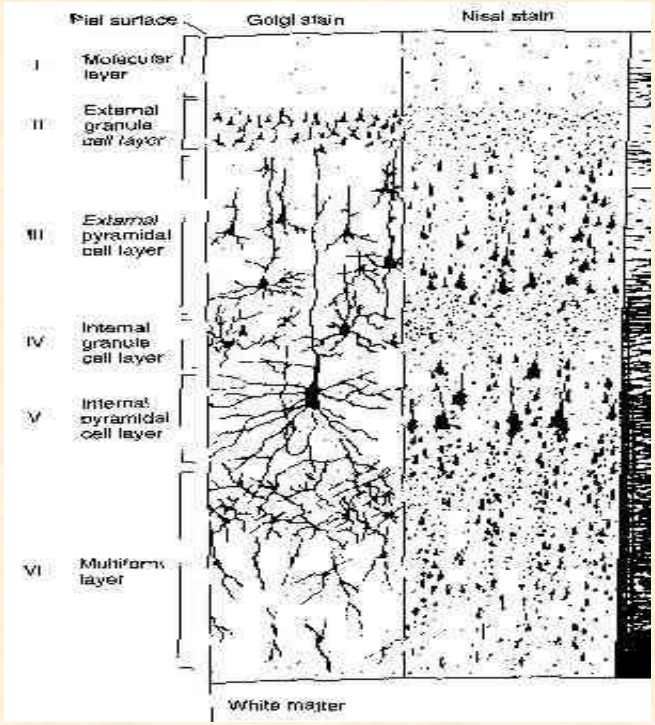
- **Celková plocha**: 2300 cm^2
  (1/3 – voľný povrch a 2/3 v brázdach)
- **Hrúbka:**
  - 1,5 mm v frontálnom a occipitálnom laloku
  - 4,5 mm v motorickej oblasti
- **Počet neurónov:** 14 miliárd

Stavba mozgovej kôry

Neuróny sú v mozgovej kôre usporiadané do šiestich vrstiev. Jednotlivé oblasti mozgovej kôry sa od seba odlišujú len počtom a tvarom neurónov a usporiadaním nervových vlákien. Na základe týchto mikroskopických odlišností boli vypracované cytoarchitektonické a myeloarchitektonické mapy mozgovej kôry (Brodmann, Economo-Koskinas)



Neokortex



I. molekulárna vrstva - žiadne bunky (b.), horizontálne prebiehajúce axóny a dendrity buniek nachádzajúcich sa v nižších vrstvách
II. vonkajšia granulárna vrstva - malé pyramídové b. (granulárne, sférické), spojenie nedzi kortikálnymi oblasťami
III. vonkajšia pyramídová vrstva - veľa typov buniek, veľa pyramídových b., ktoré sú väčšie ako v II. vrstve, výstup do iných oblastí kôry a druhej hemisféry
IV. vnútorná granulárna vrstva - veľa malých pyramídových (granulárnych) b., príjem informácií z talamu
V. vnútorná pyramídová vrstva – pyramídové b. väčšie ako v III. vrstve. výstup do subkortikálnych oblastí
VI. multiformná vrstva – heterogénna vrstva neurónov, výstup do talamu

<u>Aferentné dráhy:</u>

1. zo zmyslových orgánov cez talamus – vedú do IV. vrstvy
2. nešpecifické dráhy z retikulárnej formácie (cez talamus) – do I. vrstvy

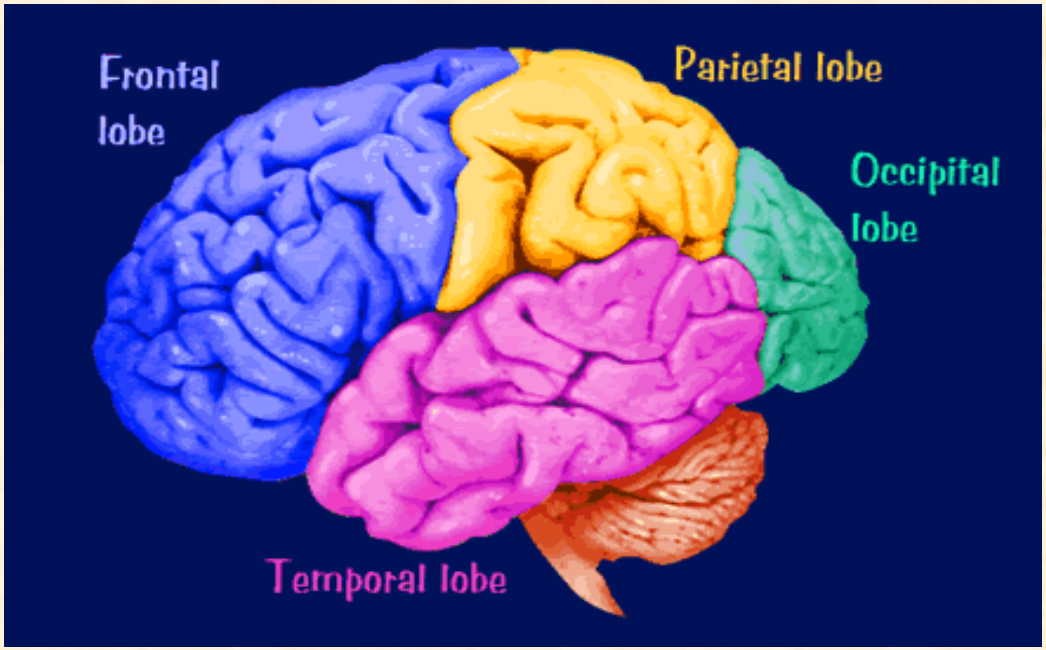
Najviac signálov prichádza z iných kôrových neurónov – z rovnakej vrstvy horizontálnymi spojmi alebo z inej vrstvy vertikálnymi spojmi

cytoarchitektonické mapy – štruktúra a hrúbka vrstiev nie je rovnaká v celom kortexe (Brodmanova mapa)
moduly – neokortex je organizovaný ako mozaika vertikálnych stĺpcov, vnútorná štruktúra je podobná

Neokortex - funkcie

- Ontogenetický vývin u človeka pokračuje ešte aj po narodení
- Dominancia – funkčná dominancia mozgových hemisfér
- Niektoré štruktúry a funkcie neokortexu sa vyskytujú (keďže ide o filogenegicky najmladšiu časť mozgu) len u človeka:

Morfologické rozdelenie neokortexu:



- 4 laloky:

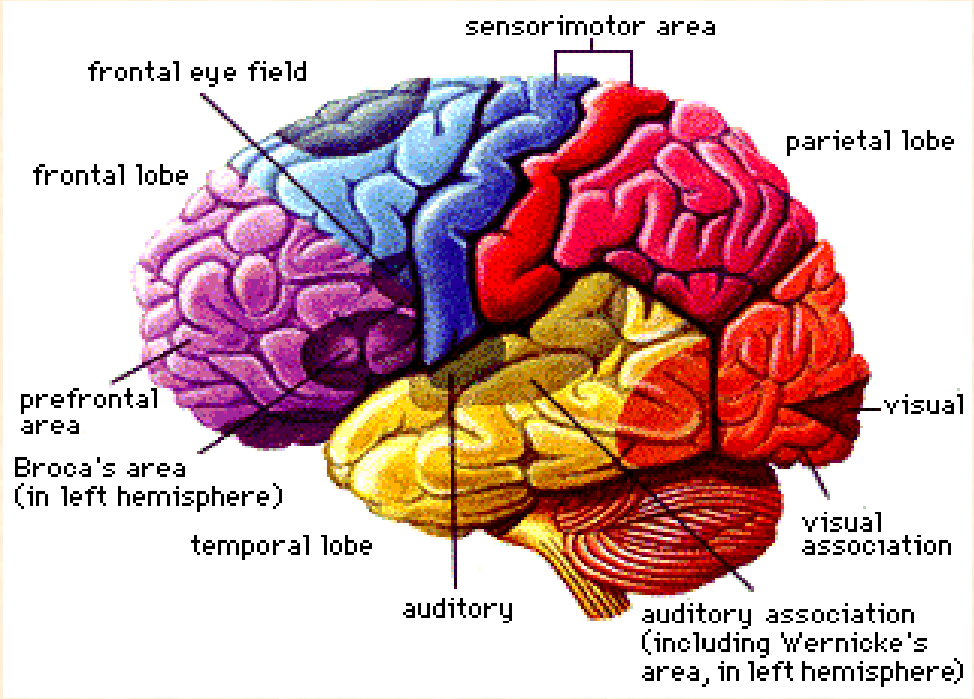
- *lobus frontalis*
- *lobus parietalis*
- *lobus temporalis*
- *lobus occipitalis*

Funkčné rozdelenie neokortexu:

1. Senzorické oblasti – projekčné
2. Výkonné oblasti – efektorové
3. Asociačné oblasti – z nich sa samostatne vyčlenili dve oblasti
   prefrontálna kôrová oblasť
   kôrová lokalizácia ľudskej reči

Senzorické a výkonné oblasti zaberajú len malú časť hemisfér.

Najväčšiu časť tvoria asociačné oblasti na spracovanie informácii



Niektoré senzorické oblasti tvoria jeden funkčný celok s výkonnou a motorickou oblasťou. Napr. senzomotorická kôra – oblasť v okolí *gyrus centralis*

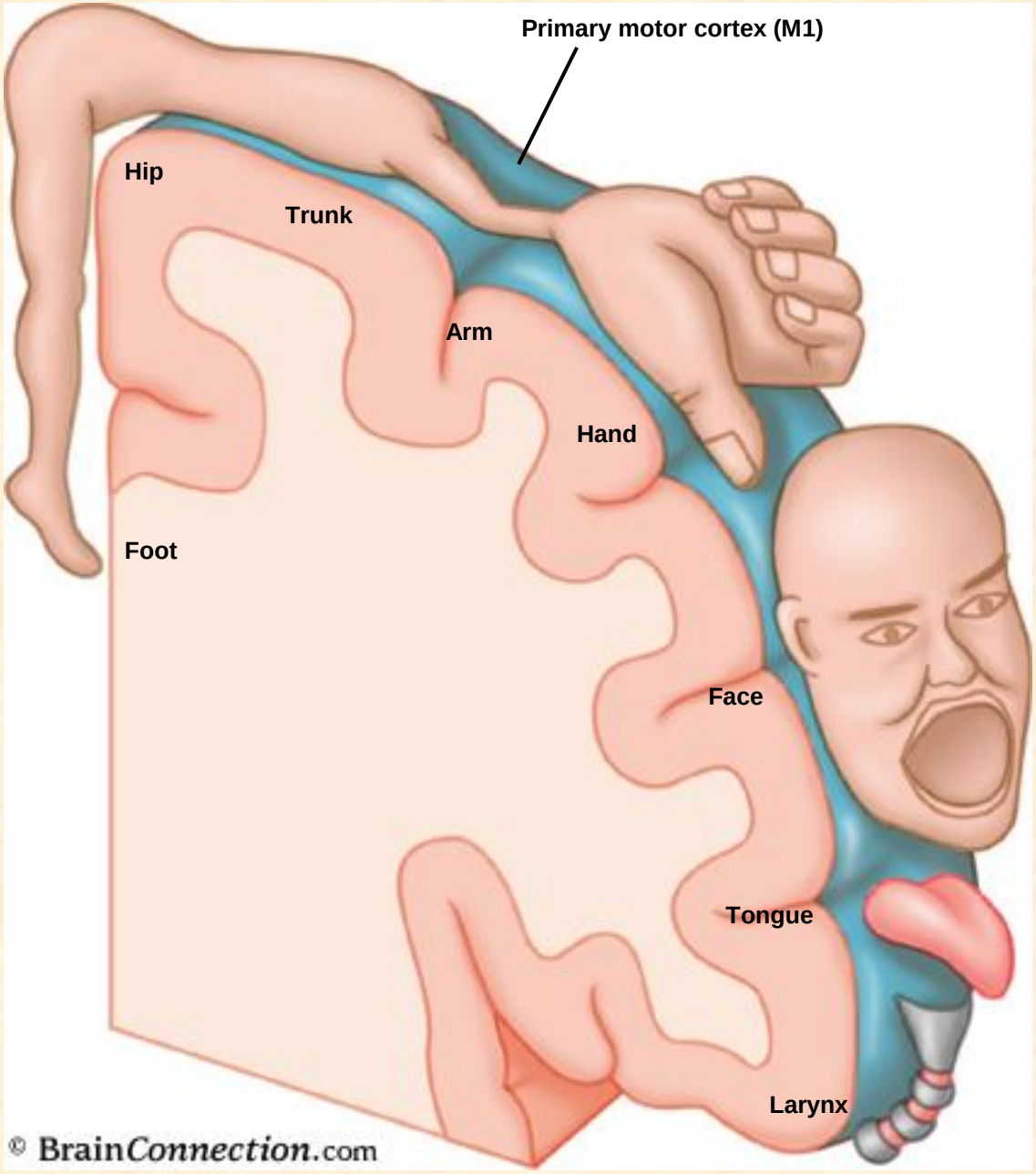
Prepojenie medzi jednotlivými senzorickými oblasťami zabezpečujú podkôrové centrá.

Motorické dráhy

- u cicavcov vychádzajú najvýznamnejšie motorické dráhy z neokortexu
- najskôr sa vo fylogenéze uplatňujú viacneurónové motorické dráhy, ktoré využívajú fylogeneticky staršie mechanizmy talamostriatovej sústavy
- s rozvojom mozgovej kôry vznikajú priame kortikospinálne dráhy vedúce bez prerušenia až do miechy
- signály vychádzajúce z kôry eferentnými dráhami sú výsledkom zložitých interakcií rôznych oblastí kôry a zároveň iných oblastí mozgu
- neuróny mozgovej kôry sú početnými asociačnými vláknami prepojené vrámci tej istej aj medzi dvoma hemisférami.
- historicky sa motorický výstup z kôry delí na:
  viac neurónovú – extrapyramídovú
  priamu dráhu – pyramídovú

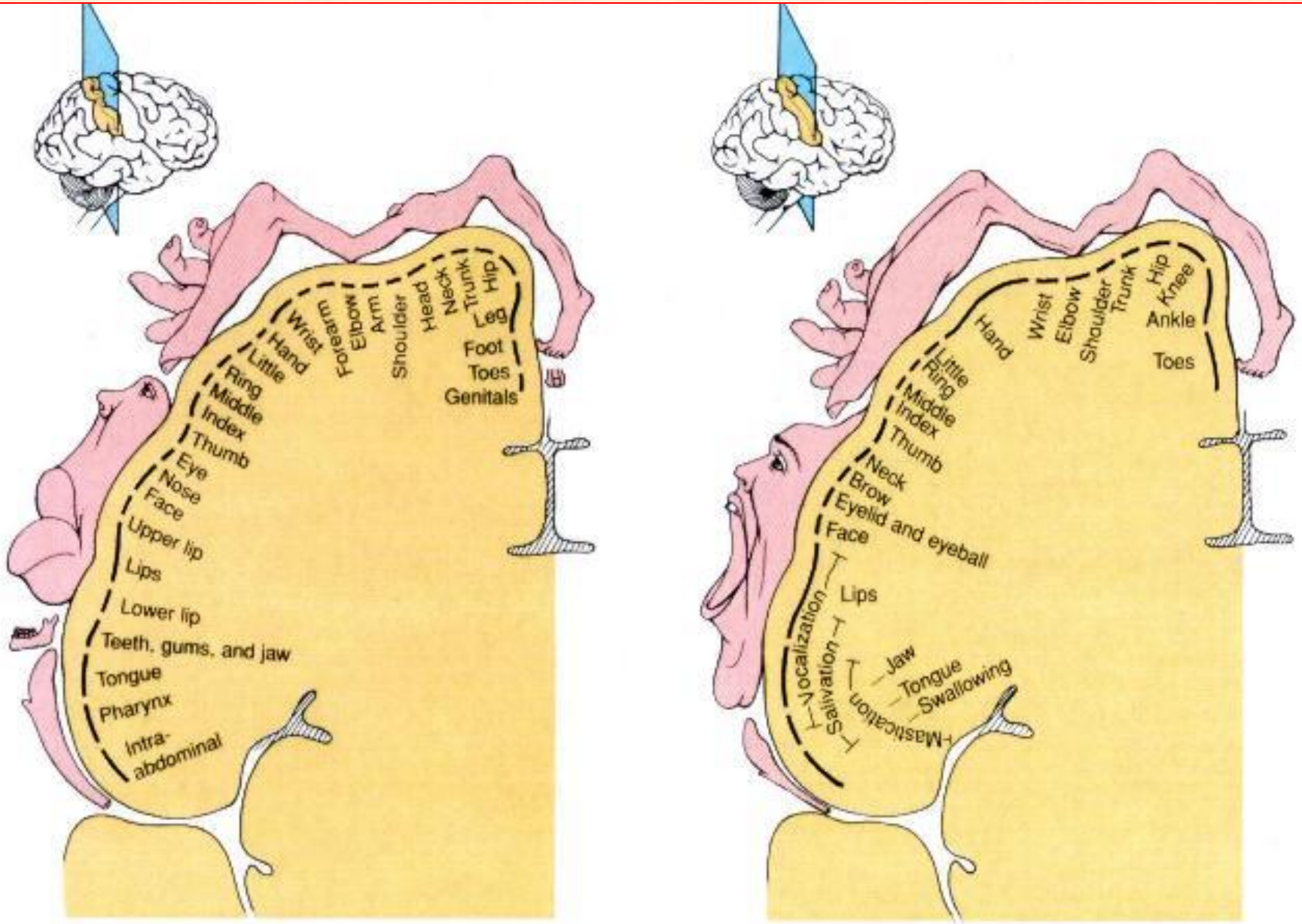
Extrapyramídová dráha I

- vychádzajú z viacerých častí kôry
- z podkôrových štruktúr sa na nich podieľajú najmä bazálne gangliá, ktoré tvoria početné spätné väzby s motorickou kôrou a motorickými jadrami v medzimozgu a strednom mozgu
- kaudálnu časť extrapyramídovej sústavy tvorí z fylogenetického hľadiska starý koordinačný aparát retikulárnej formácie v tegmente predĺženej miechy
- je zložená v vývojovo rôzne starých štruktúr
- je hlavnou sústavou motorickej koordinácie u všetkých cicavcov okrem primátov
- dôležitú časť extrapyramídovej dráhy tvoria bazálne gangliá: *nucleus caudatus*, *putamen* a *globus pallidus*
- niekedy sa medzi bazálne gangliá počíta aj *nucleus subtalamicus*, *substancia nigra* a *nucleus ruber*
- u cicavcov vedie stále viac eferentných vlákien vedie z palida do talamu a späť do kôry
- vytvárajú sa tak nervové obvody: kôra-neostriatum-palidum-talamus-kôra


Primary motor cortex (M1)
Hip
Trunk
Arm
Hand
Foot
Face
Tongue
Larynx
© BrainConnection.com

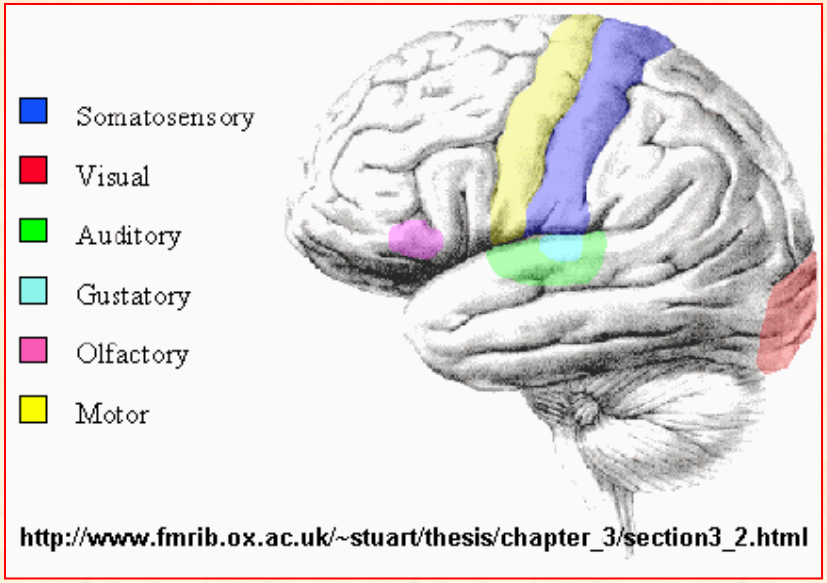
Reflexná motorika Statické reakcie

- Až na niekoľko výnimiek sa manifestuje organizmus vo svojom okolí prostredníctvom svalovej činnosti - vôľová hybnosť „motor-move“ systém.
- Základom vôľovej hybnosti je tzv. „motor-hold“ systém, ktorý kontroluje udržanie rovnováhy tela a jeho postavenie v priestore tzv. posturálne reflexy, statické reakcie – reflexná motorika

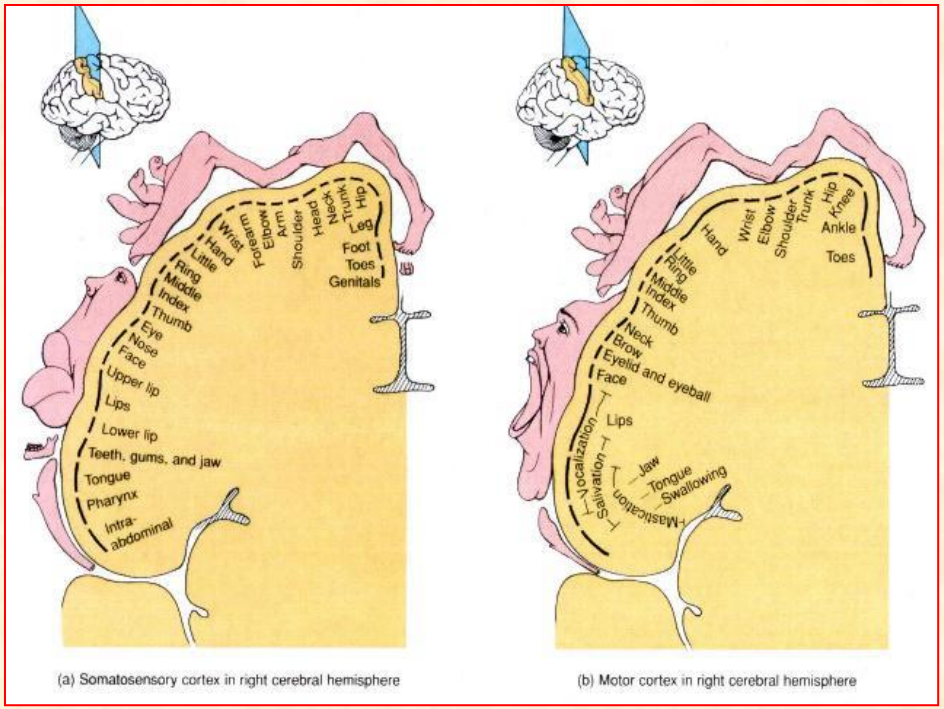


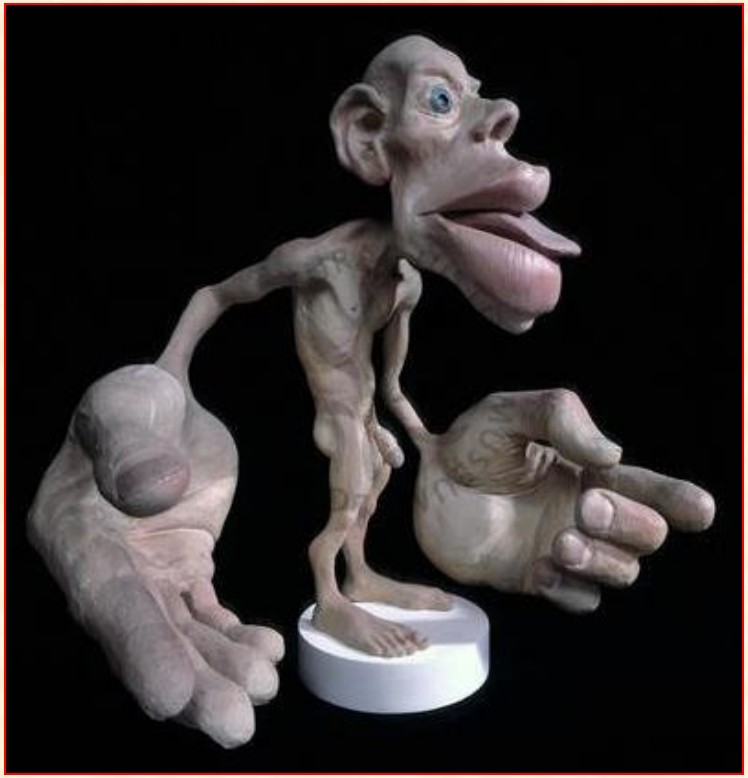
(a) Somatosensory cortex in right cerebral hemisphere

(b) Motor cortex in right cerebral hemisphere



senzorický kortex

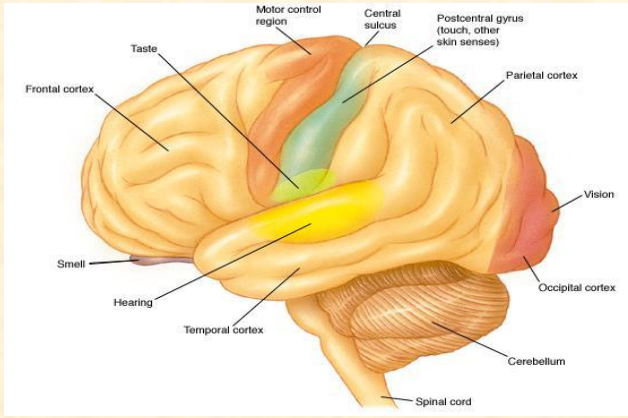




psychlops.psy.uconn.edu/ eric/pics/homunc.gif

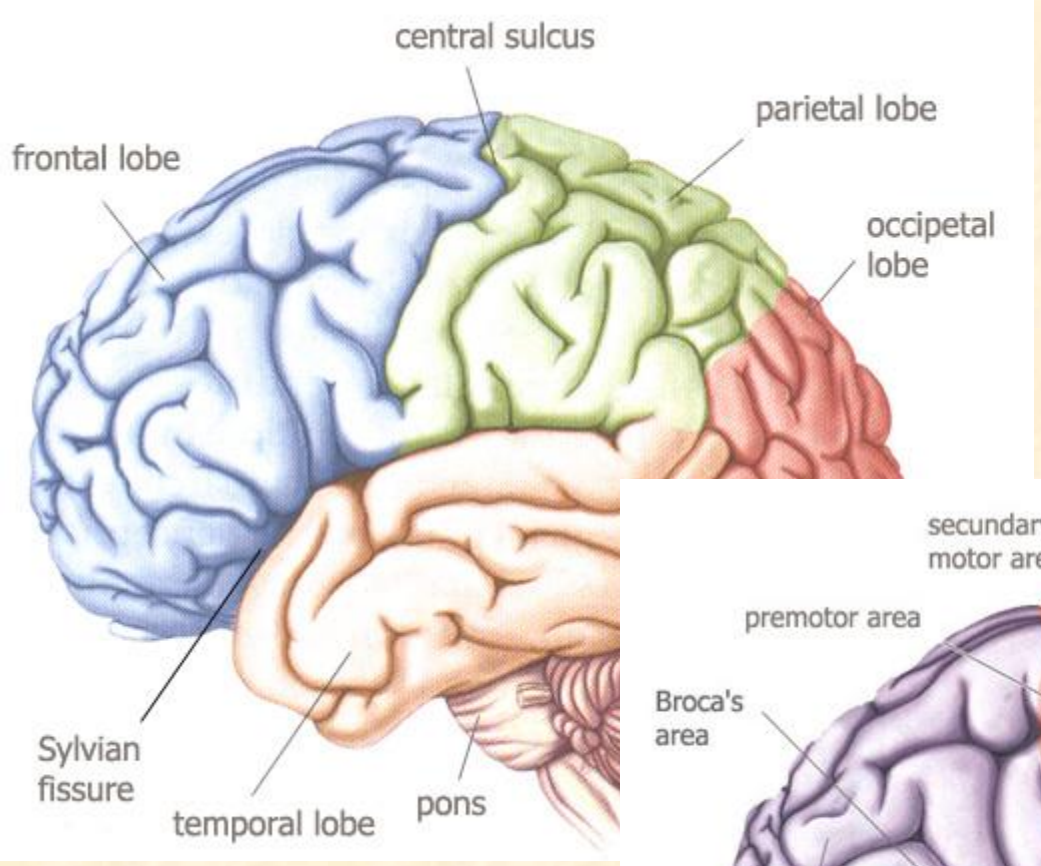
Zhrnutie

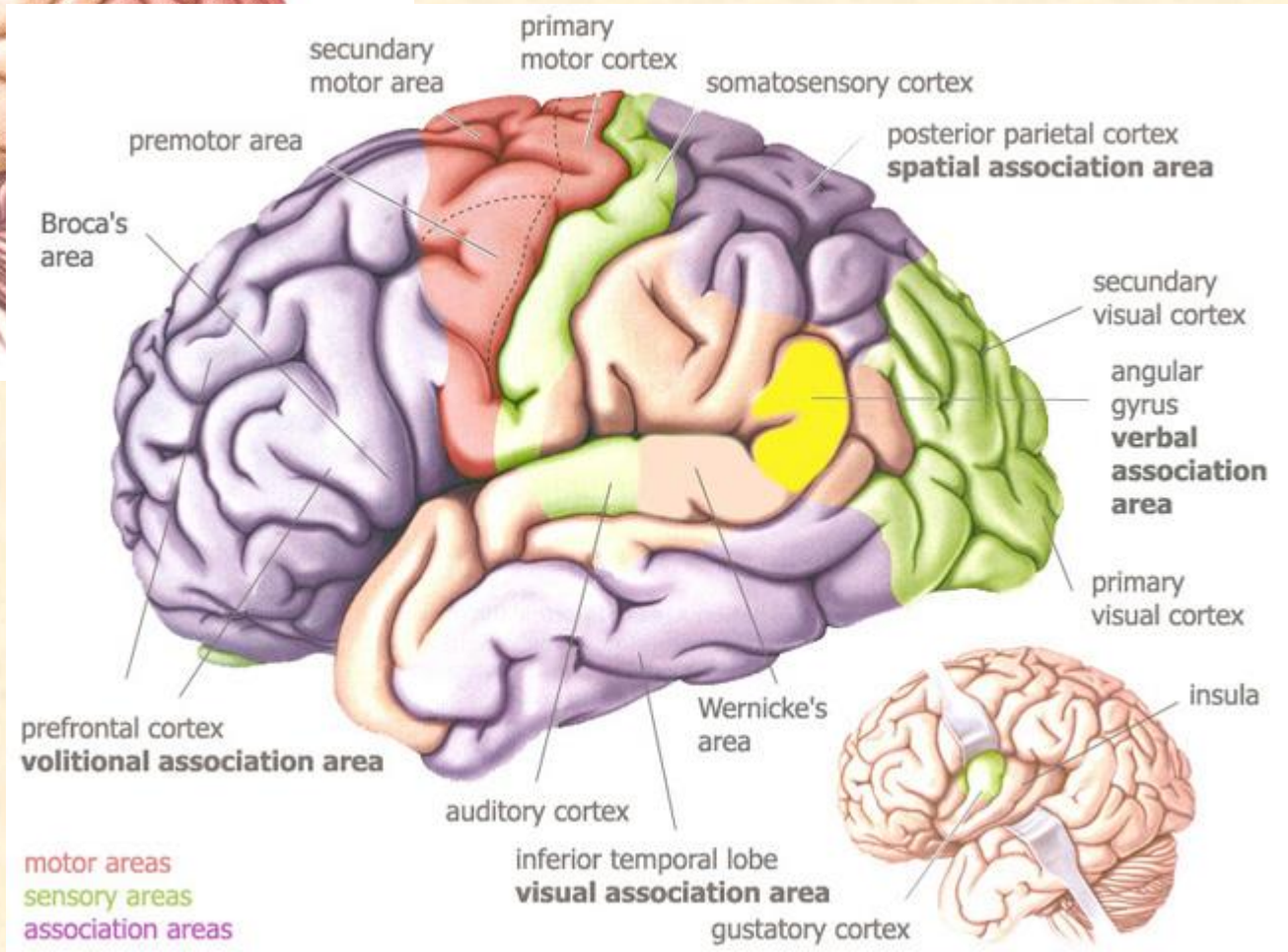
<u>senzorické oblasti</u>
- somestetický analyzátor (kožné a útrobné aferencie prichádzajúce cez talamus) S1= gyrus postcentralis, S II = parietálny lalok, insula
- chuťový analyzátor = v blízkosti kôrovej somatosenzitívnej kôrovej projekcie tváre (S I)
- zrakový analyzátor = okcipitálny a temporálny lalok
- sluchový analyzátor = spánkové laloky (3 oblasti)
- polohový analyzátor = za projekciou tváre v gyrus poscentrális
- čuchový analyzátor = v prepyriformnej oblasti



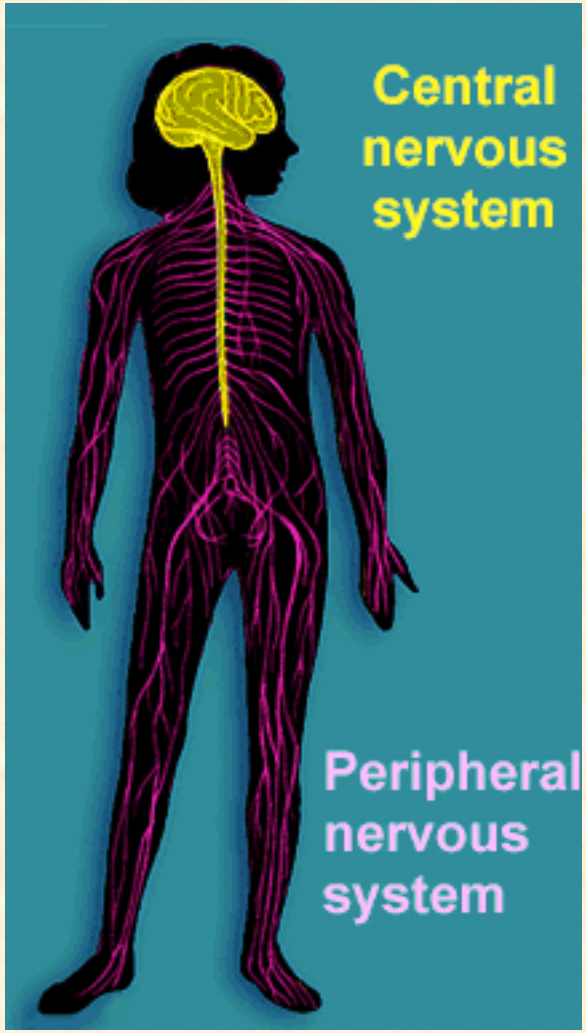
<u>výkonné oblasti</u>
- primárna motorická oblasť pred gyrus centrális
- sekundárna motorická oblasť frontálne pred primárnou

<u>asociačné oblasti</u>
- prefronálna kôrová oblasť
- kôrová lokalizácia ľudskej reči = Brocovo motorické centrum reči v zadnej časti gyrus frontalis, Wernickeho senzorické centrum reči na rozhraní parietálneho a okcipitálneho laloka v blízkosti sluchového centra poškodenie Wernickeho centra – senzorická hluchota, poškodenie Brocovnho centra – motorická afázia


central sulcus
parietal lobe
frontal lobe
occipetal lobe
Sylvian fissure
temporal lobe
pons

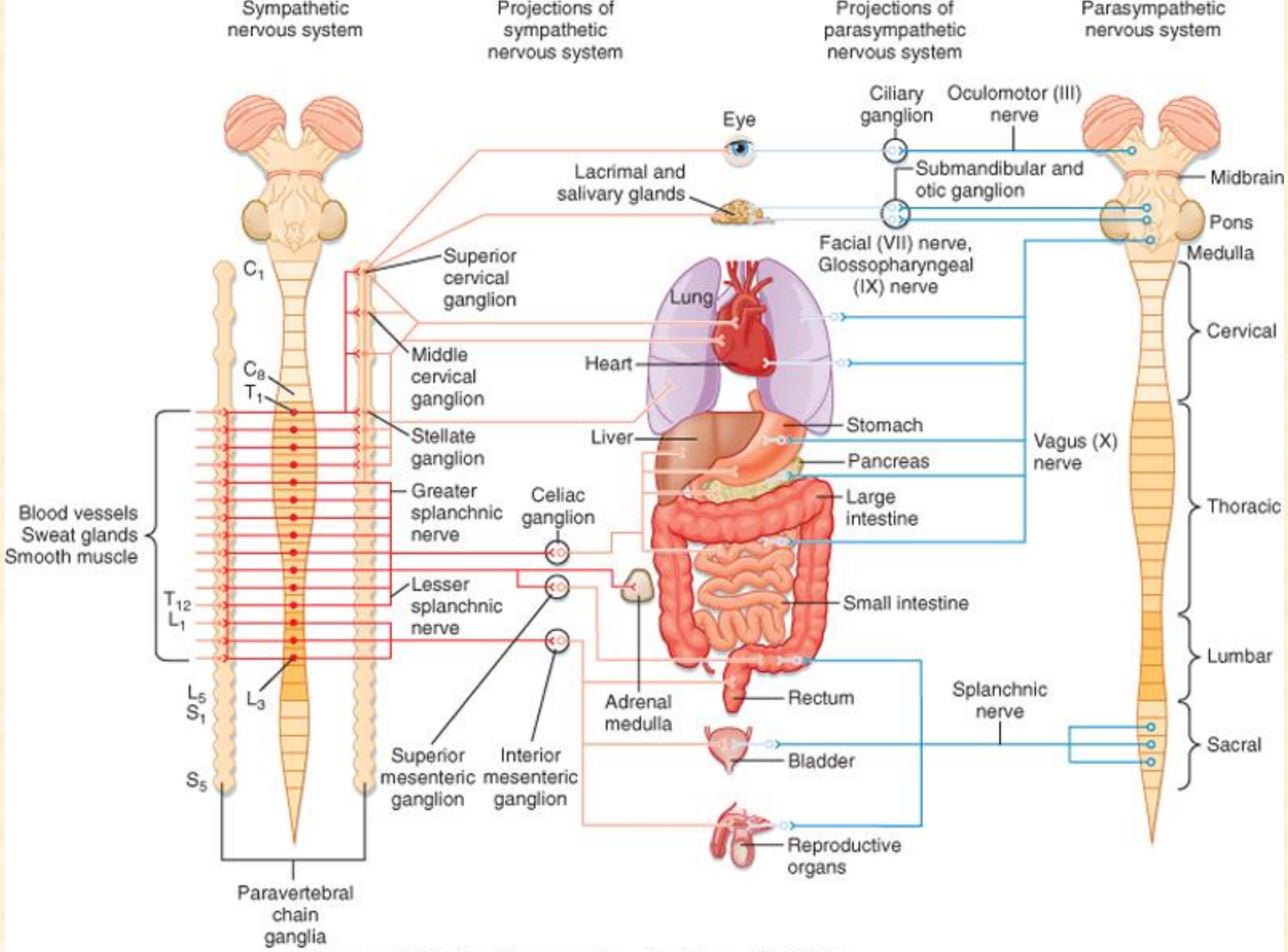

secundary motor area
primary motor cortex
somatosensory cortex
premotor area
posterior parietal cortex
spatial association area
Broca's area
secundary visual cortex
angular gyrus
verbal association area
primary visual cortex
insula
Wernicke's area
prefrontal cortex
volitional association area
auditory cortex
inferior temporal lobe
visual association area
gustatory cortex
motor areas
sensory areas
association areas

Organizácia centrálneho nervového systému



• **CNS** = mozog + chrbtová miecha
- miecha je segmentálne rozdelená podľa stavcov, je však kratšia ako chrbtica
- napriek tomu miechové nervy odstupujú z chrbtice vo výške príslušných stavcov
- spinálny nerv obsahuje aferentné vlákna zo zadných koreňov aj eferentné vlákna z predných koreňov – je to teda zväzok nervových vlákien s rôznou funkciou aj smerom priebehu

•**PNS**
- •Somatický
  riadi predovšetkým kostrové svalstvo a vedie aferentné signály zo zmyslových buniek
- •Autonómny
  riadi najmä obehovú sústavu a vnútorné orgány
  - •Sympatikus
  - •Parasympatikus
  - •Enterický
    - •Črevná motilita a sekrécia



Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved

Parasympatikus

-kraniálny parasympatikus

-III. hlavový nerv – nervus okulomotorius, akomodácia a zrenicový reflex

-VII. hlavový nerv – nervus facialis, riadenie sekrécie sĺz a slín

-IX. hlavový nerv – inervácia príušnej slinnej žľazy

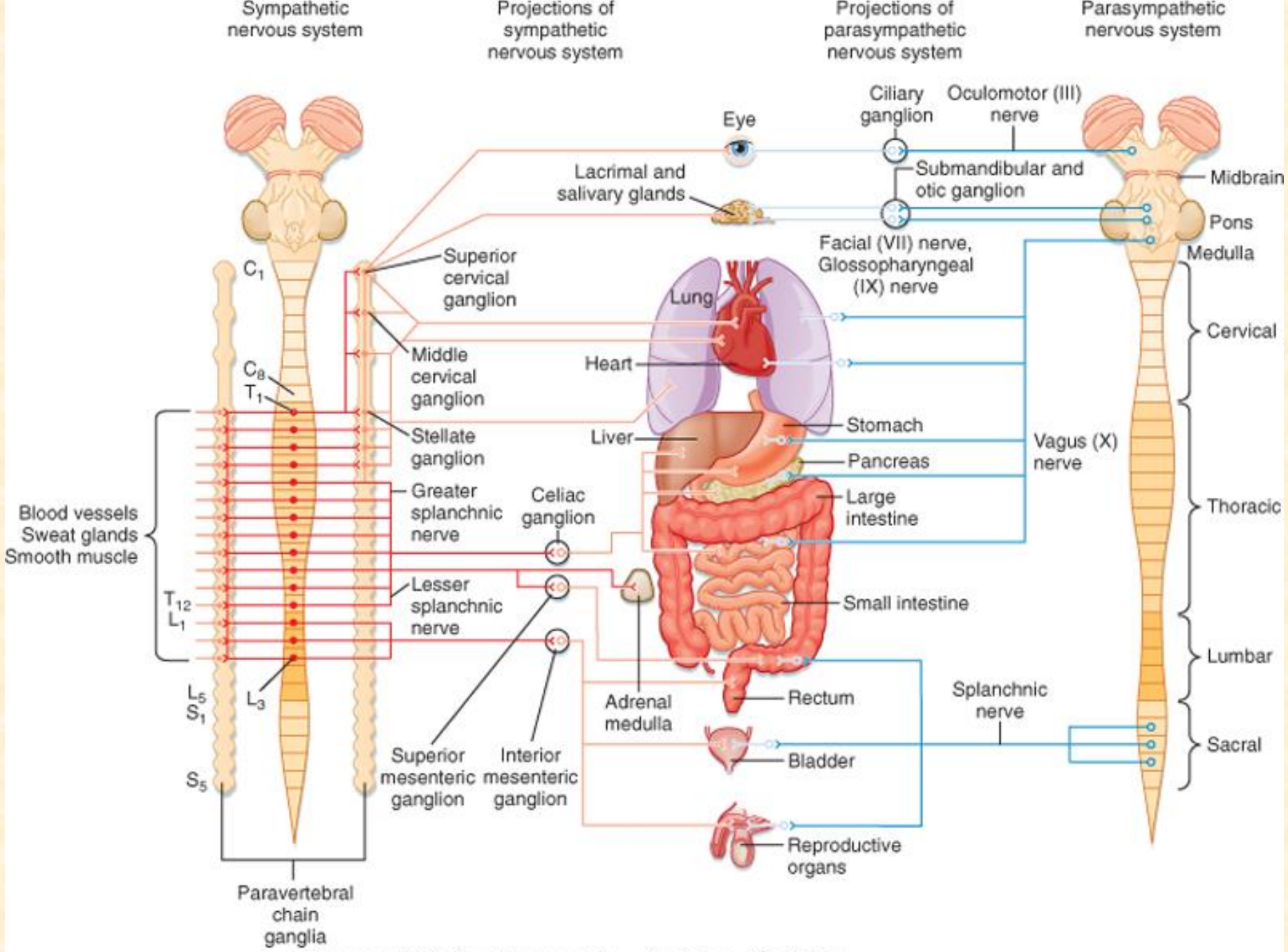
-X. hlavový nerv – nervus vagus - 75% z eferentných vlákien, tlmí činnosť sinoatriálneho uzla v srdci, spomaľuje prevod vzruchov z predsiení do komôr, zvyšuje motilitu tráviaceho traktu, podnecuje sekréciu tráviach štiav

-sakrálny parasympatikus

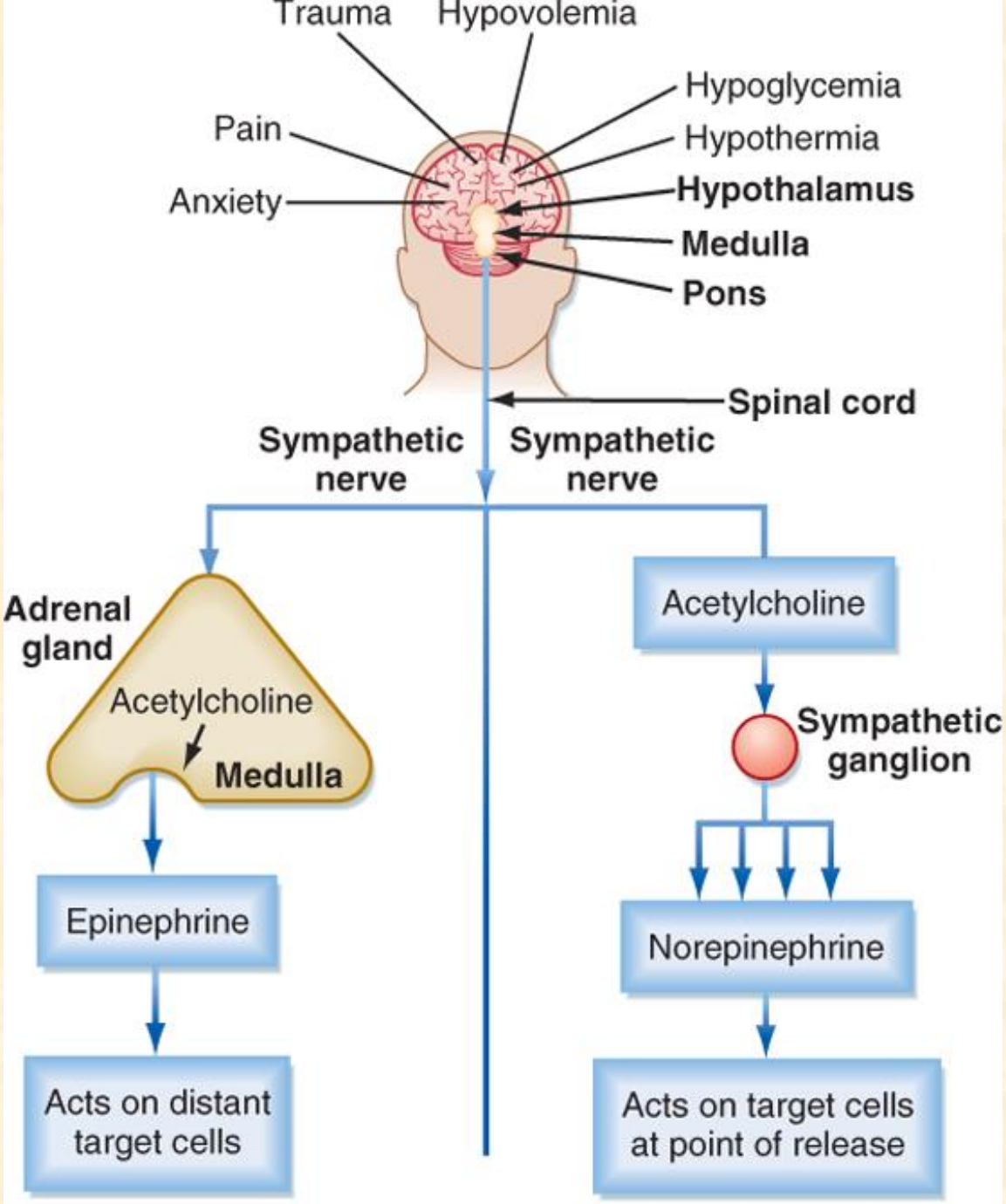
-začína sa v bočných rohoch sivej hmoty miechových segmentov S2-S4, inervuje hrubé črevo, močový mechúr a pohlavné orgány

Sympatikus

- torakolumbálna časť miechy
- axóny vystupujú z miechy prednými koreňmi a pokračujú do *truncus sympaticus* (jeden na každej strane chrbtice)
- truncus sympaticus má viac ganglií ako je miechových segmetov, z ktorých vystupujú vlákna a zasahuje aj do krčnej a sakrálnej oblasti
- z ganglií vystupujú postgangliové vlákna
- zvyšuje srdcovú frekvenciu, silu sťahov, prevod vzruchov, vazokonstrikciu v hlavnom krvnom obehu a dilatuje artérie v kostrových svaloch
- bronchodilatácia
- tlmí činnosť tráviaceho traktu
- podnecuje tvorbu potu



Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved



Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved

Parasympaticus
preganglionové vlákna: acetylcholín
postganglionové vlákna: acetlycholín
pomer vlákien pre vs. postganglionové: 1:1

gangliá ležia blízko inervovaných orgánov

receptory:
nikotínové:
- všetky autonómne postganglionové neuróny (dendrity)
- dreň nadobličiek
- neuromuskulárny prenos

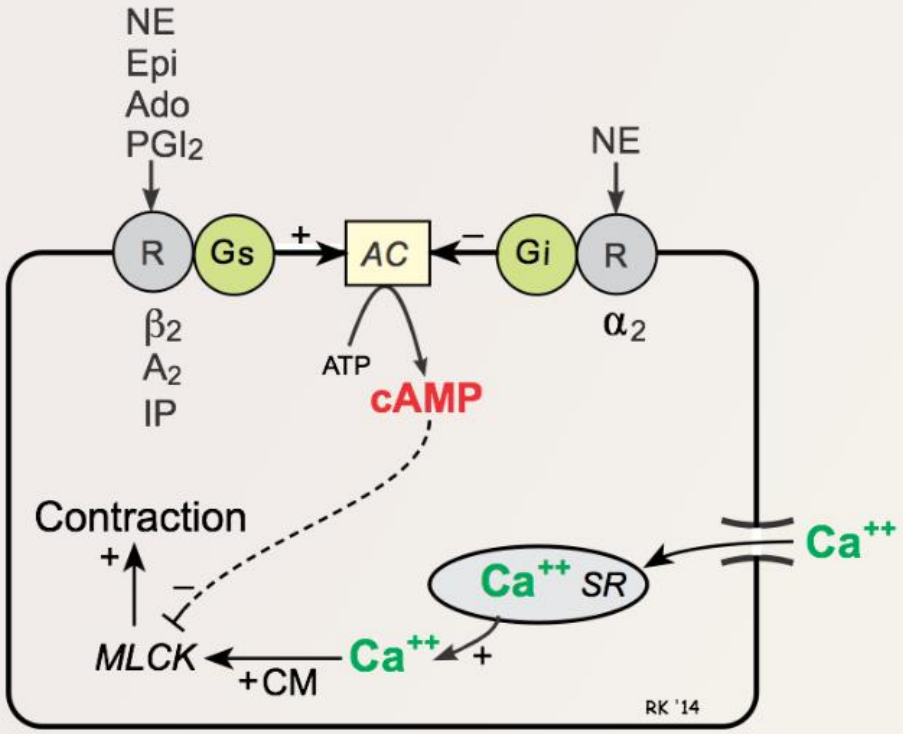
muskarínové:
všetky cieľové orgány inervované postganglionovými cholinergnými vláknami

Sympaticus
preganglionové vlákna: acetylcholín
postganglionové vlákna: noradrenalín
pomer vlákien pre vs. postganglionové: 1:20

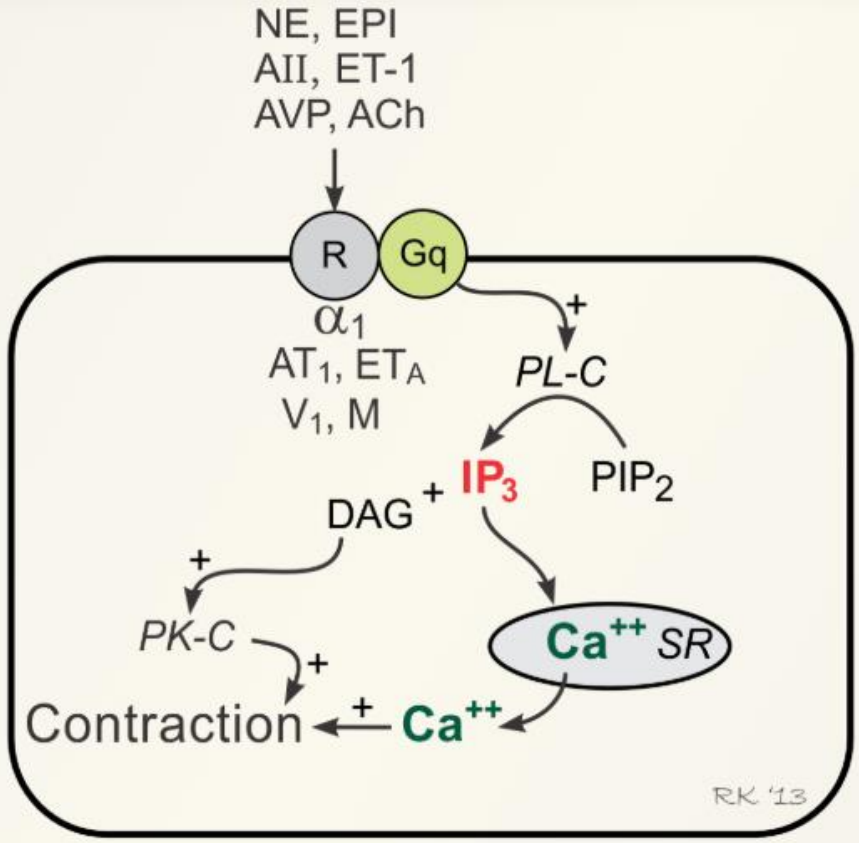
gangliá ležia blízko miechy

receptory:
alfa
beta

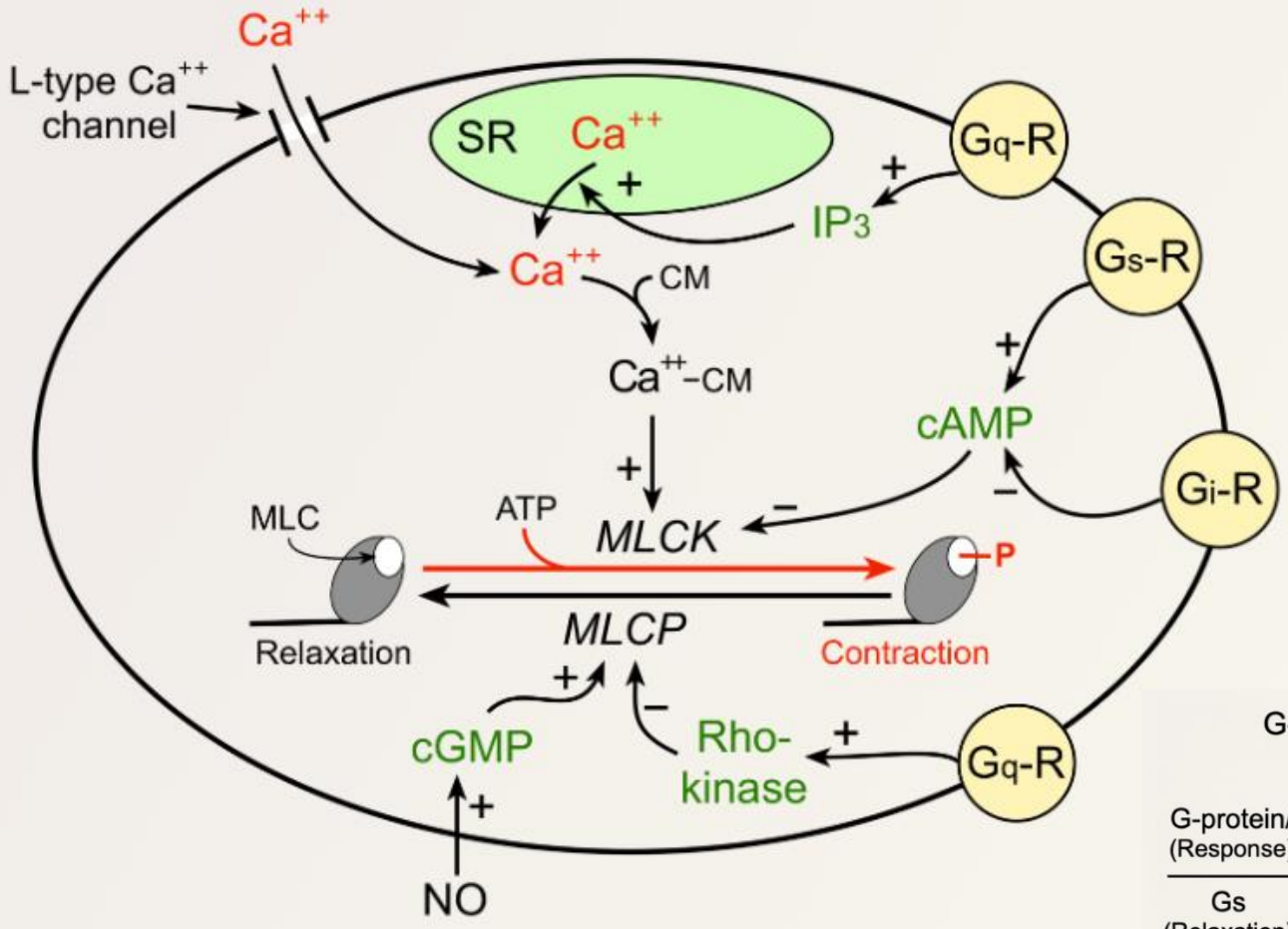
Alpha Receptors		Beta Receptors	
1. Vasoconstriction of a. Coronary arteries b. Veins 2. ↓motility of GIT smooth muscle cells			
α1 (postsynaptic)	**α2 (presynaptic)**	**β1 (postsynaptic)**	**β2 (postsynaptic)**
Gq protein coupled Activates **Phospholipase C** **PIP2 → IP3 + DAG**	**Gi protein** coupled Inhitbits **Adenyl Cyclase** **ATP → X → cAMP**	**Gs protein** coupled Activates **Adenyl Cyclase** **ATP → cAMP**	
1. Vasoconstriction of blood vessels of a. Skin b. GIT c. Kidney d. Brain 2. Contraction of smooth muscles of a. Ureter b. Vas deferens c. Urethral spinchter d. Uterus e. Cilliary body (mydiarisis) 3. Glucose metabolism a. Gluconeogenesis b. Glucolysis	1. Glucose metabolism a. Inhibits insulin release b. Stimulates glucagon release 2. Contraction of anal spinchter 3. Inhibits release of Norepinephrine	1. The heart a. ↑heart rate (+ chronotropic) b. ↑impulse conduction (+dromotropic) c. ↑contraction (+ inotropic) d. ↑ejection fraction 2. ↑renin release by Juxtaglomerular cells 3. ↑hunger a. ↑ghrelin release by stomach	1. Smooth muscle relaxation of a. Bronchus b. Bronchioles c. Detrusor muscle d. Uterine muscle 2. Contraction of urethral spinchter 3. ↑renin release by Juxtaglomerular cells 4. Glucose metabolism a. Inhibits insulin release b. Stimulate i. Gluconeogenesis ii. Glucolysis 5. Lipolysis 6. Thickened salivary secretion



R, receptor; Gs, stimulatory G-protein; AC, adenylyl cyclase; CM, calmodulin; MLCK, myosin light chain kinase; SR, sarcoplasmic reticulum; NE, norepinephrine; Epi, epinephrine; Ado, adenosine; PGI , prostacyclin; β_2, beta-2-adrenoceptor; α_2, alpha-2-adrenoceptor; A_2, adenosine receptor; IP, prostacyclin receptor.



R, receptor; Gq, phospholipase C-coupled Gq-protein; PL-C, phopholipase C; PIP_2, phosphatidylinositol biphosphate; IP_3, inositol triphosphate; DAG, diacylglycerol; PK-C, protein kinase C; SR, sarcoplasmic reticulum; NE, norepinephrine; AII, angiotensin II; ET-1, endothelin-1; AVP, arginine vasopressin; ACh, acetylcholine; α_1, alpha$_1$-adrenoceptor; AT_1, type 1 angiotensin receptor; ET_A, type A endothelin receptor; V_1, vasopressin type 1 receptor; M, muscarinic receptor.



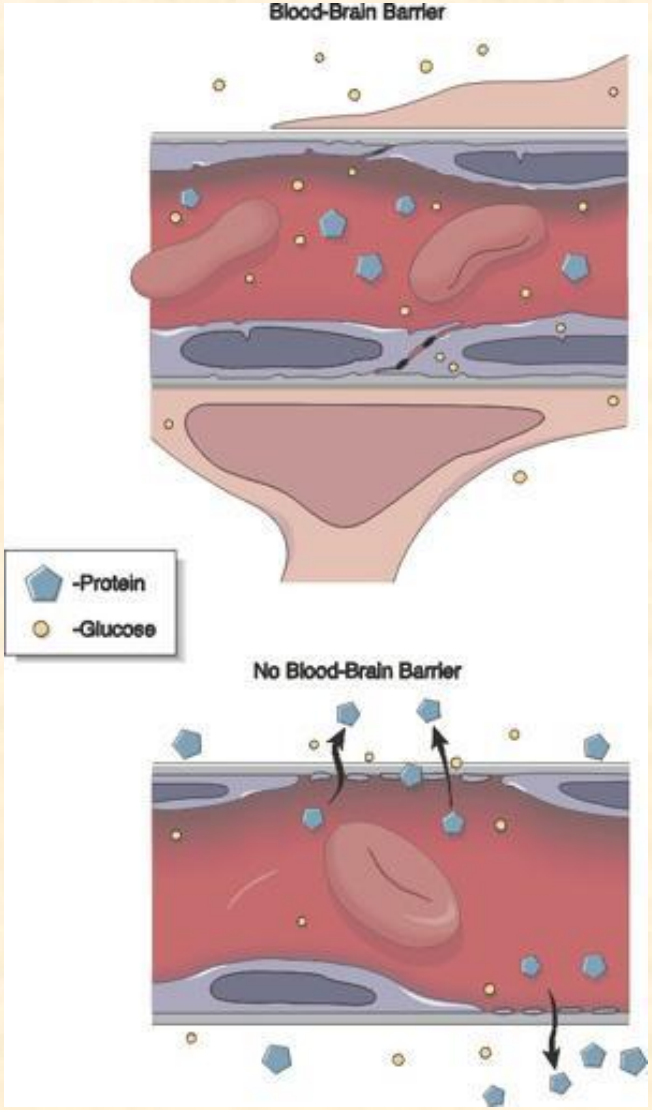
G-protein Linked Vascular Receptors and their Biological Agonists

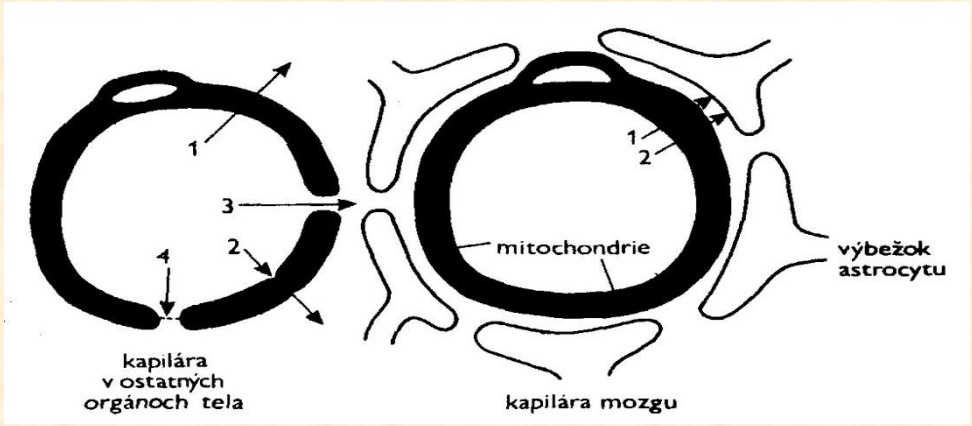
G-protein/ (Response)	2nd Messenger	Receptor	Biological Agonist
Gs (Relaxation)	↑cAMP	β_2	Epinephrine
		A_2	Adenosine
		IP	Prostacyclin
Gi (Contraction)	↓cAMP	α_2	Norepinephrine/ Epinephrine
Gq (Contraction)	↑IP_3 & ↑Rho-kinase	α_1	Norepinephrine/ Epinephrine
		ET_A	Endothelin-1
		AT_1	Angiotensin II
		V_1	Vasopressin
		M_3	Acetylcholine

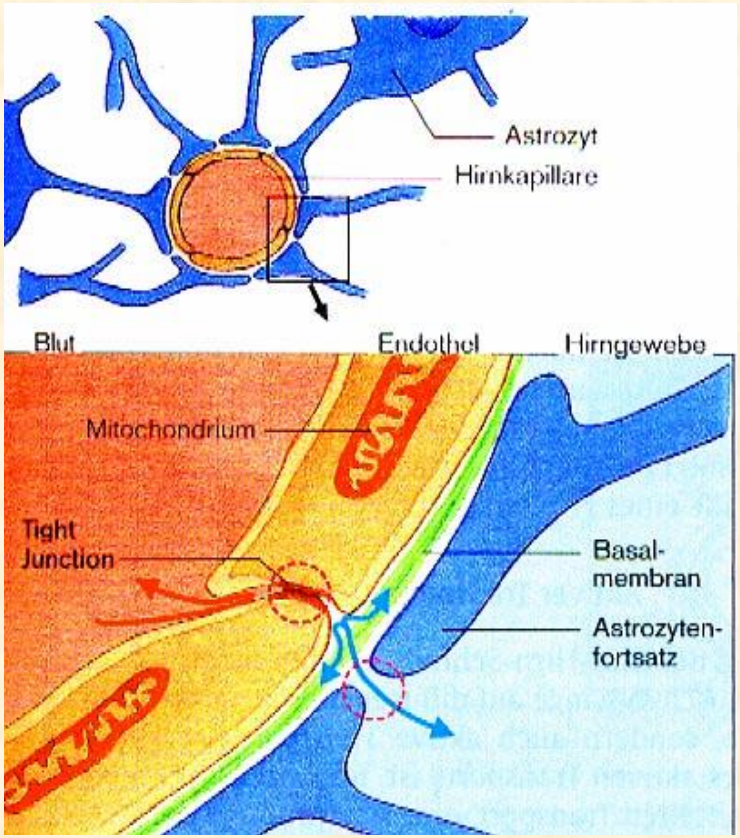
Vnútorné prostredie CNS

- špecifické funkcie CNS ako sú funkcie senzoricko-motorické, integračné a asociačné môžu byť vysvetlené vzájomnou interakciou neurónov
- aby tieto interakcie mohli byť účinné, musia byť neuróny chránené pred poškodením
- neuróny musia byť izolované predovšetkým od nežiadúcich elektrických signálov, musí byť pre ne vytvorené vhodné iónové prostredie a musí im byť zaistený prívod energie potrebný pre metabolické procesy a tvorbu vzruchov
- tieto podmienky sú zaisťované celým radom extraneuronálnych elementov vo vnútri a okolo CNS
- medzi tieto extraneuronálne komponenty patria predovšetkým mozgovomiechový mok, extracelulárny priestor a neuroglie

Hematoencefalická bariéra	
Morfologický podklad:	Funkčné súvislosti:
1. “tight junctions” medzi endotelovými bunkami kapilár 2. absencia fenestrácií 3. nízka aktivita transportných vezikúl a pinocytózy 4. veľmi tesný kontakt medzi výbežkami astrocytov a kapilárami (žiadny perikapilárny priestor)	→ bunková polarita a asymetria membrány (transport mozog – krv) → obmedzený prestup makromolekulárnych látok → transcelulárny transport nízkomolekulárnych látok


Blood-Brain Barrier
-Protein
-Glucose
No Blood-Brain Barrier

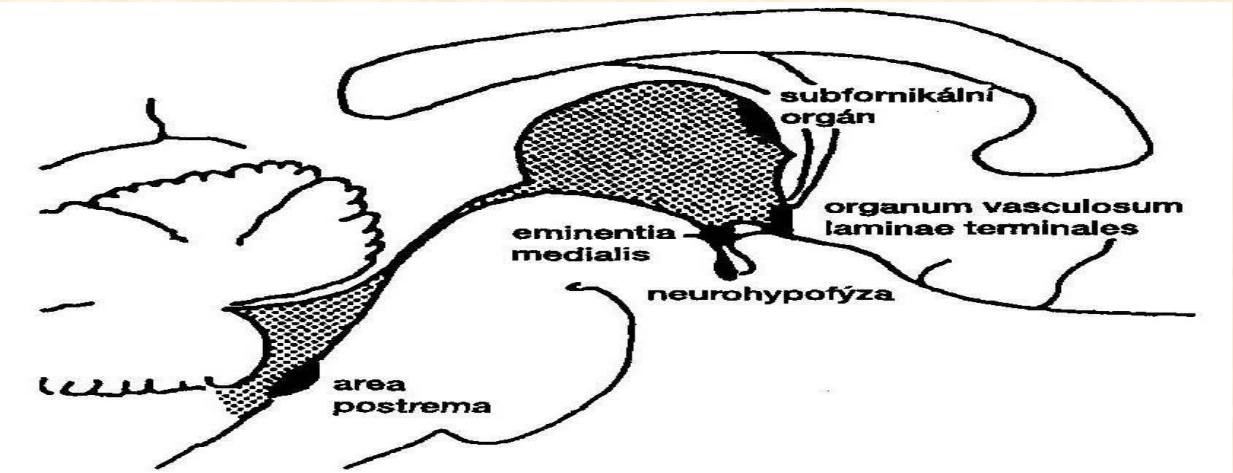

1
2
3
4
mitochondrie
výbežok astrocytu
kapilára v ostatných orgánoch tela
kapilára mozgu

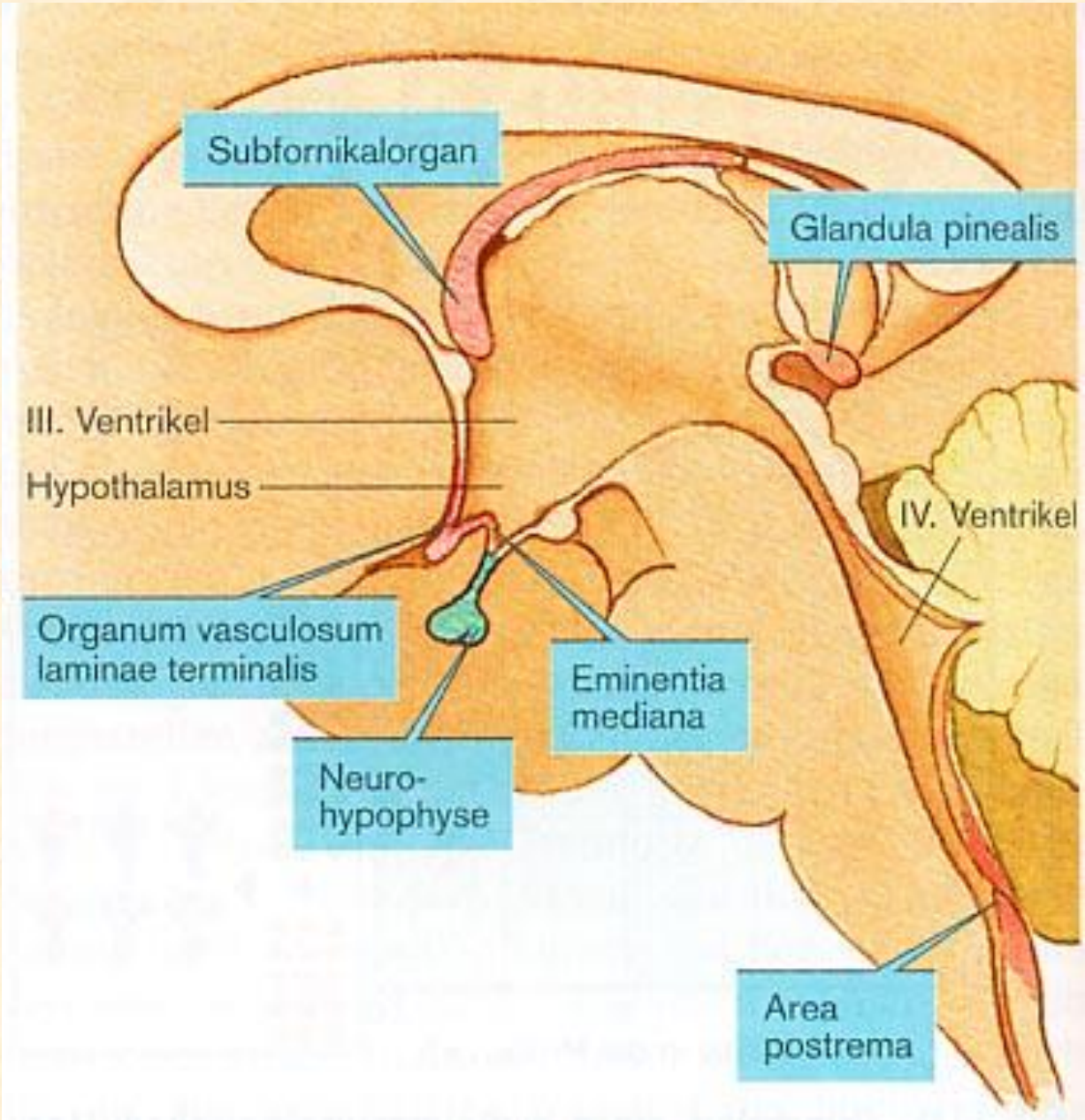

Astrozyt
Hirnkapillare
Blut
Endothel
Hirngewebe
Mitochondrium
Tight Junction
Basal-membran
Astrozyten-fortsatz

Regionálne rozdiely v hematoencefalickej bariére

- denzita kapilár je v šedej hmote asi 2-5 krát vyššia ako v bielej
- existujú rozdiely vo vaskularizácii oblastí šedej hmoty

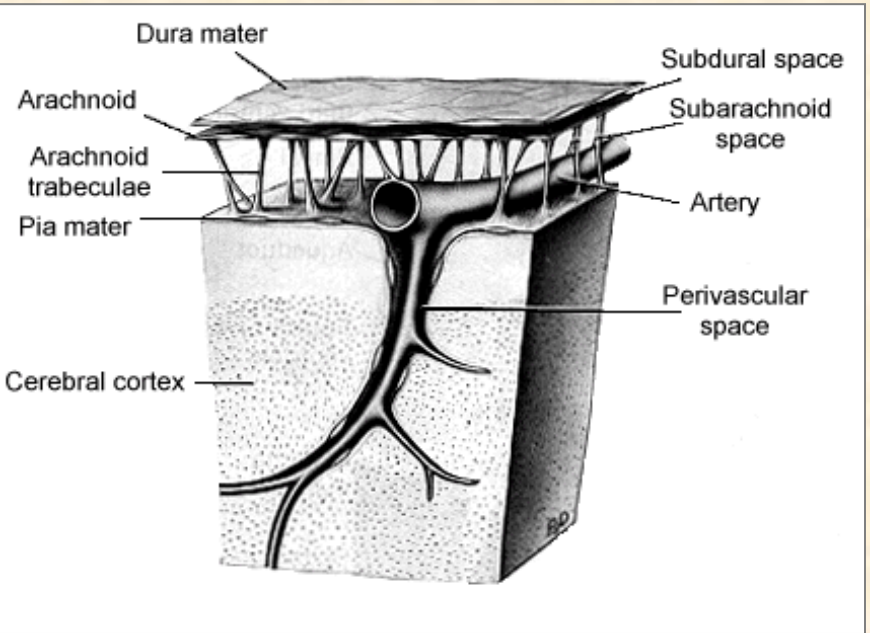
cirkumventrikulárne orgány: plexus chorioideus, subfornikálny orgán (chemoreceptívna oblasť, ktorá monitoruje hladinu angiotenzínu II), organum vasculosum, laminae terminales, eminentia medialis, area postrema, epifýza, neurohypofýza
(fenestrované kapiláry, gap junctions v endotelových bunkách)

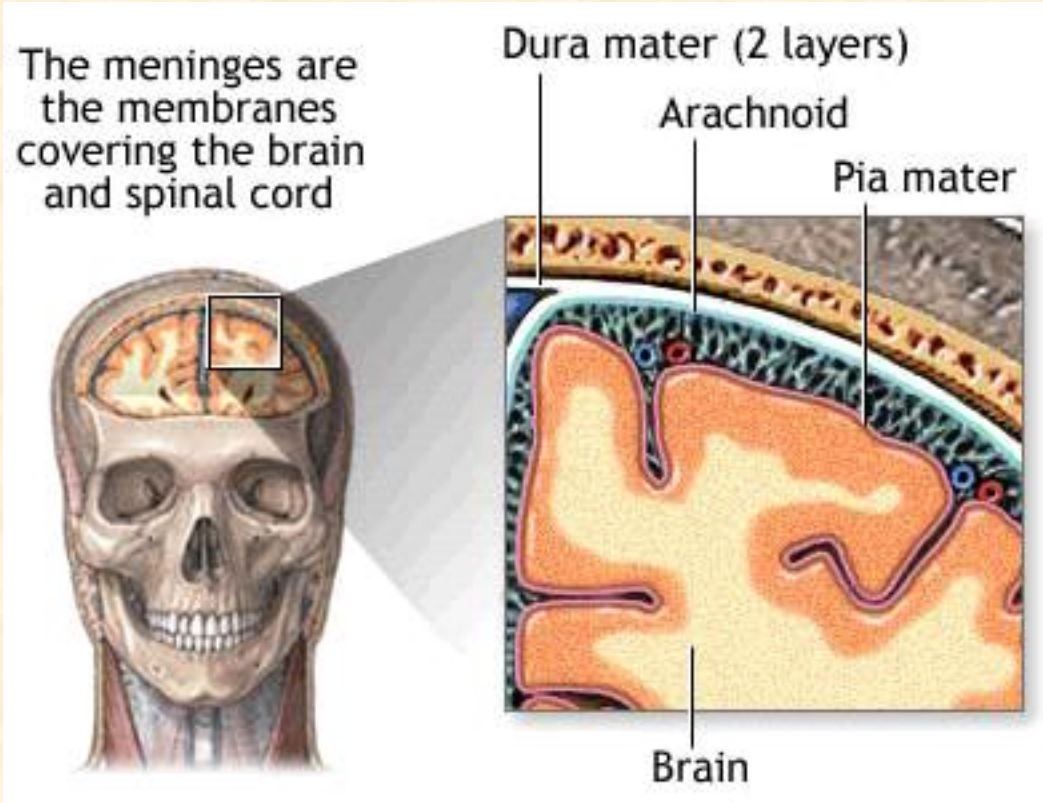



Subfornikalorgan
Glandula pinealis
III. Ventrikel
Hypothalamus
IV. Ventrikel
Organum vasculosum laminae terminalis
Eminentia mediana
Neuro-hypophyse
Area postrema

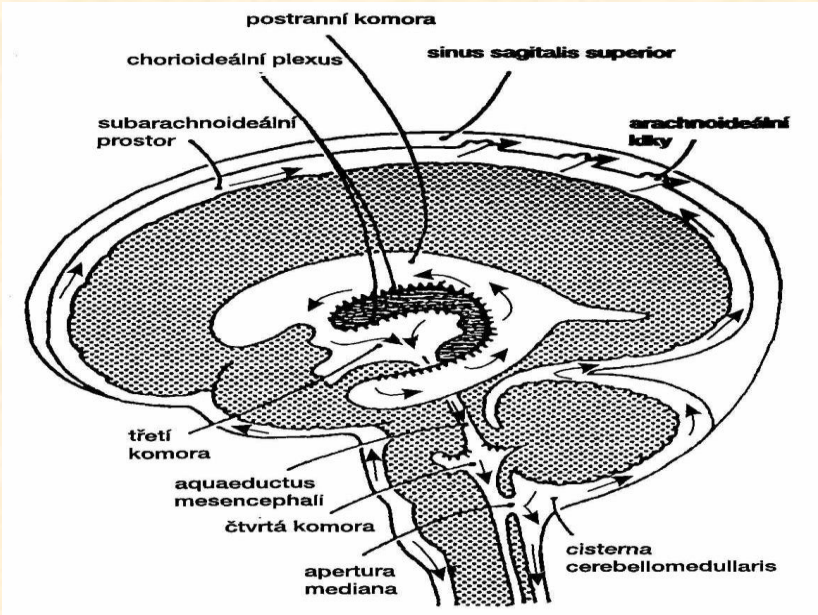
CNS je obklopený troma meningami: dura mater, subdurálny priestor s malým množstvom tkanivovej tekutiny, arachnoidea, subarachnoidálny priestor vyplnený mozgovomiechovým mokom (nachádzajú sa tu aj cievy), pia mater.

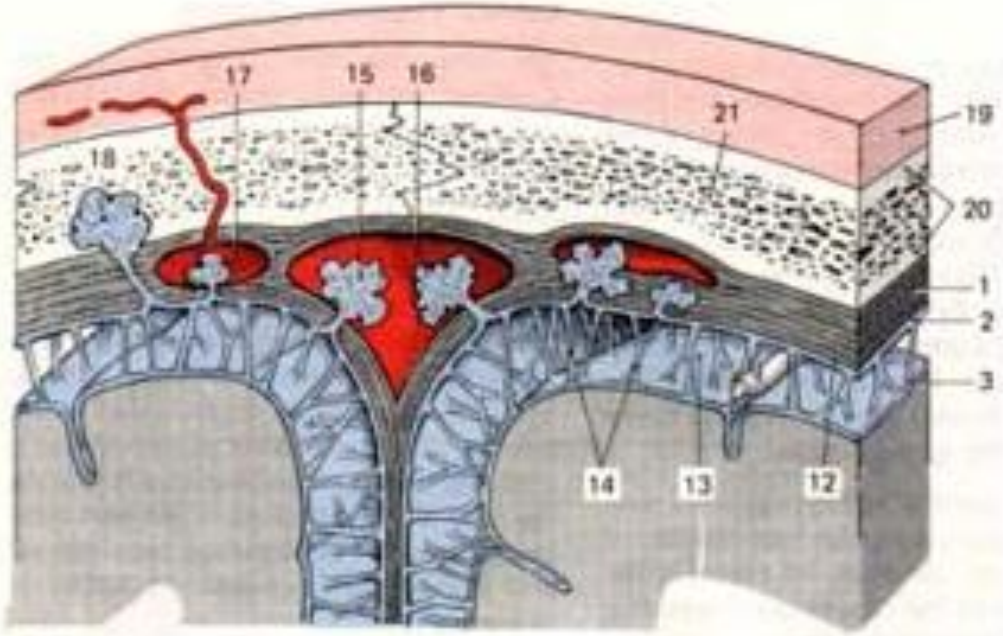
<u>mozgovomiechový mok:</u>
likvor - číra, bezfarebná tekutina
menej proteínov, lipidov a glukózy ako v plazme
100 – 180 ml vypĺňa intracerebrálny a subarachnoidálny priestor



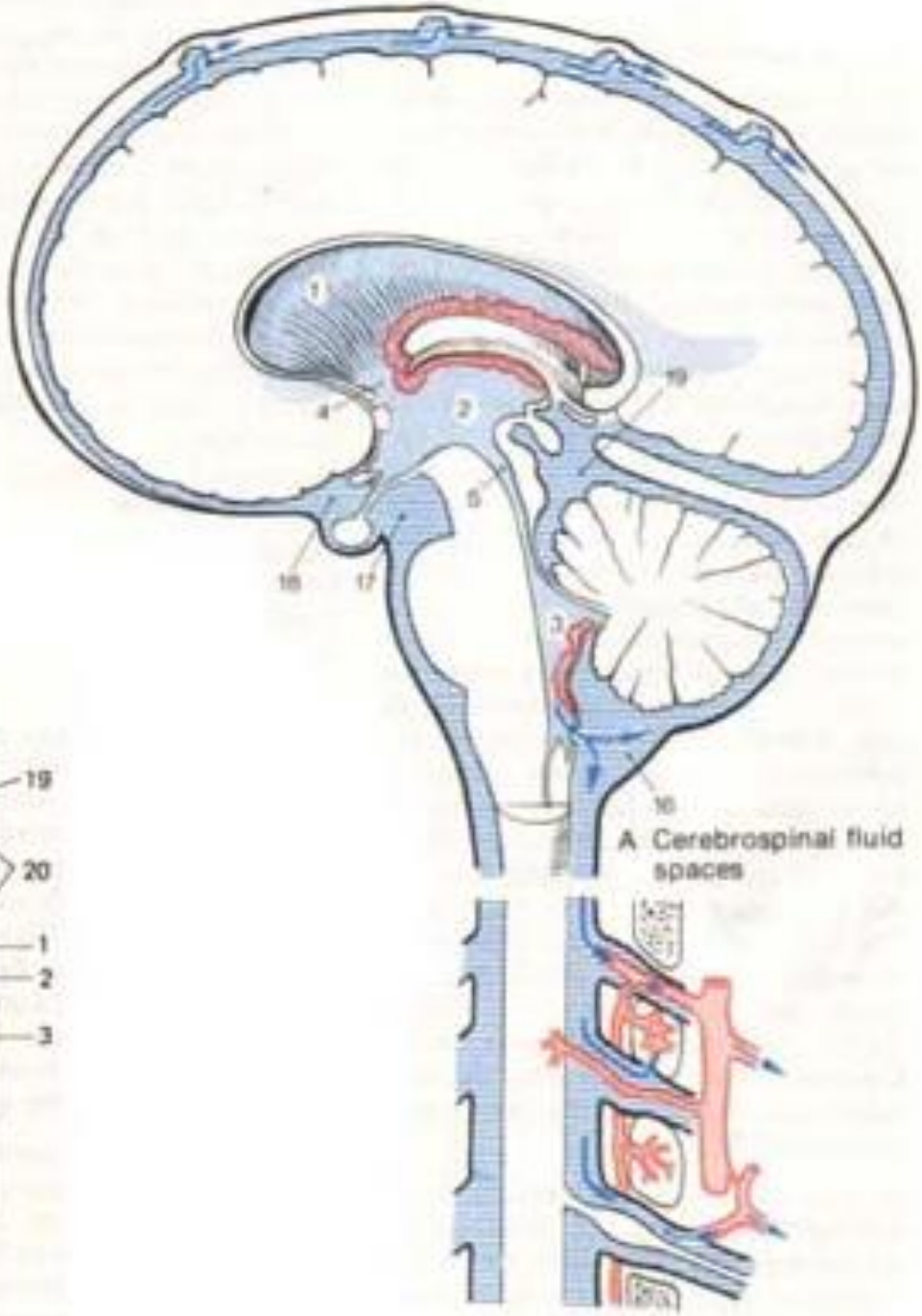


väčšina likvoru sa tvorí v plexus chorioideus – najmä v postranných komorách a v tretej komore
mozgovo miechový mok tvorený v postranných komorách cirkuluje cez interventrikulárny foramen do tretej komory a mozgový kanál do 4. komory. Odtiaľ prúdi do cistrien na báze mozgu a do subarachnoidálneho priestoru na povrchu mozgu a miechy.
- likvor sa tvorí rýchlosťou 0.5ml/min, celý objem sa vymení za 4 hodiny
- cerebrospinálna tekutina je reabsorbovaná do venózneho systému prostredníctvom arachnoidálnych klkov vo veľkých venóznych sínusoch

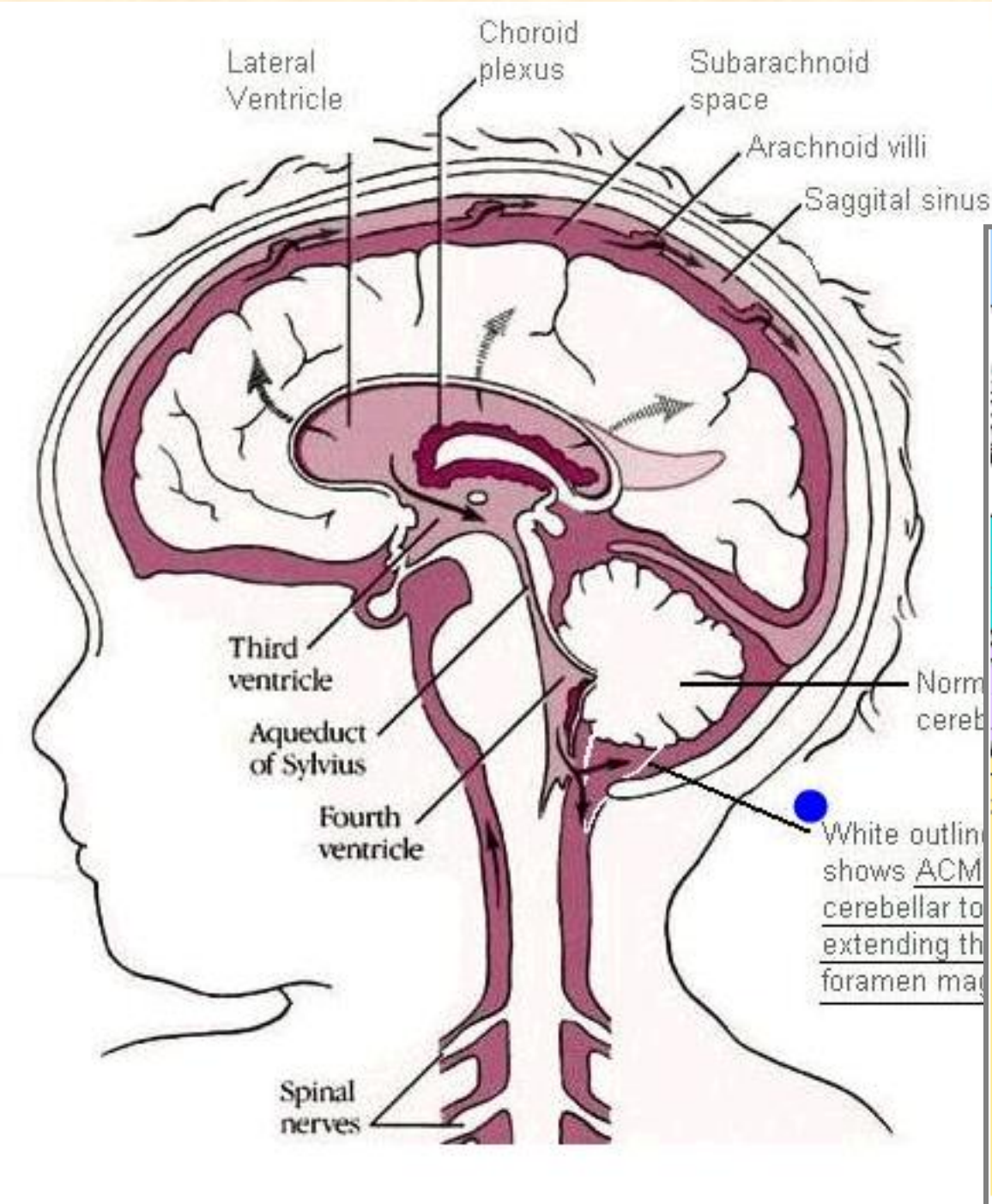


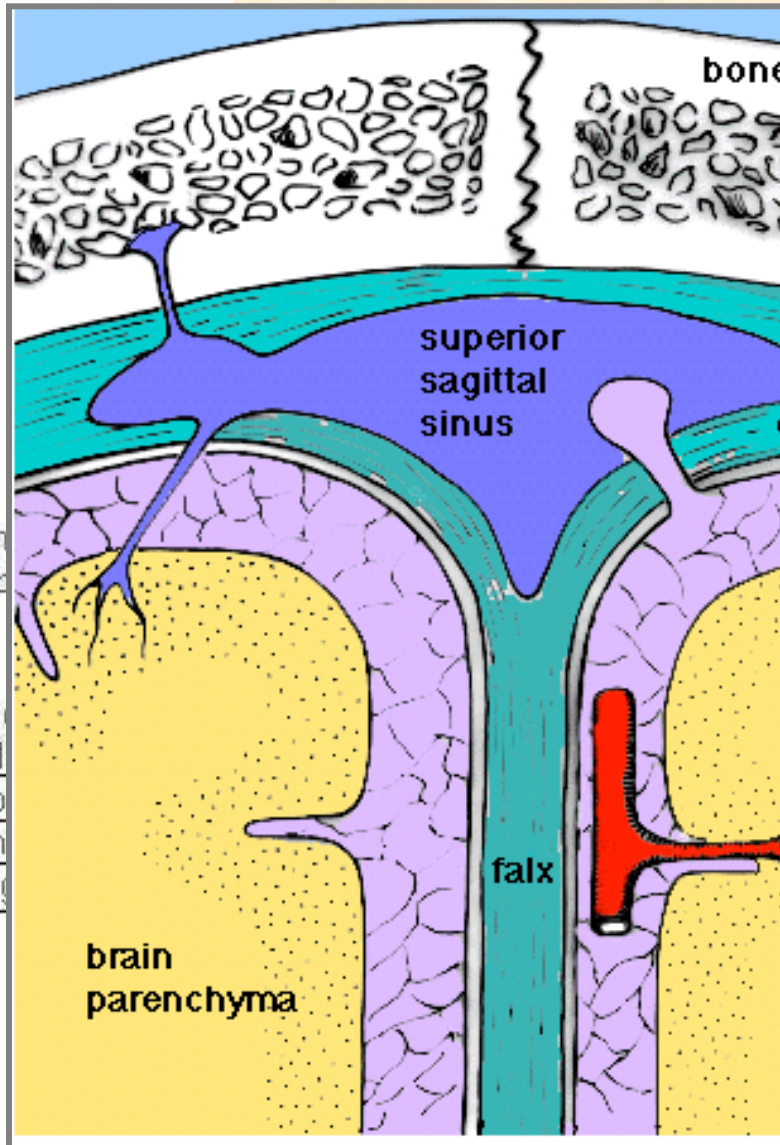


A Meninges and subarachnoid space

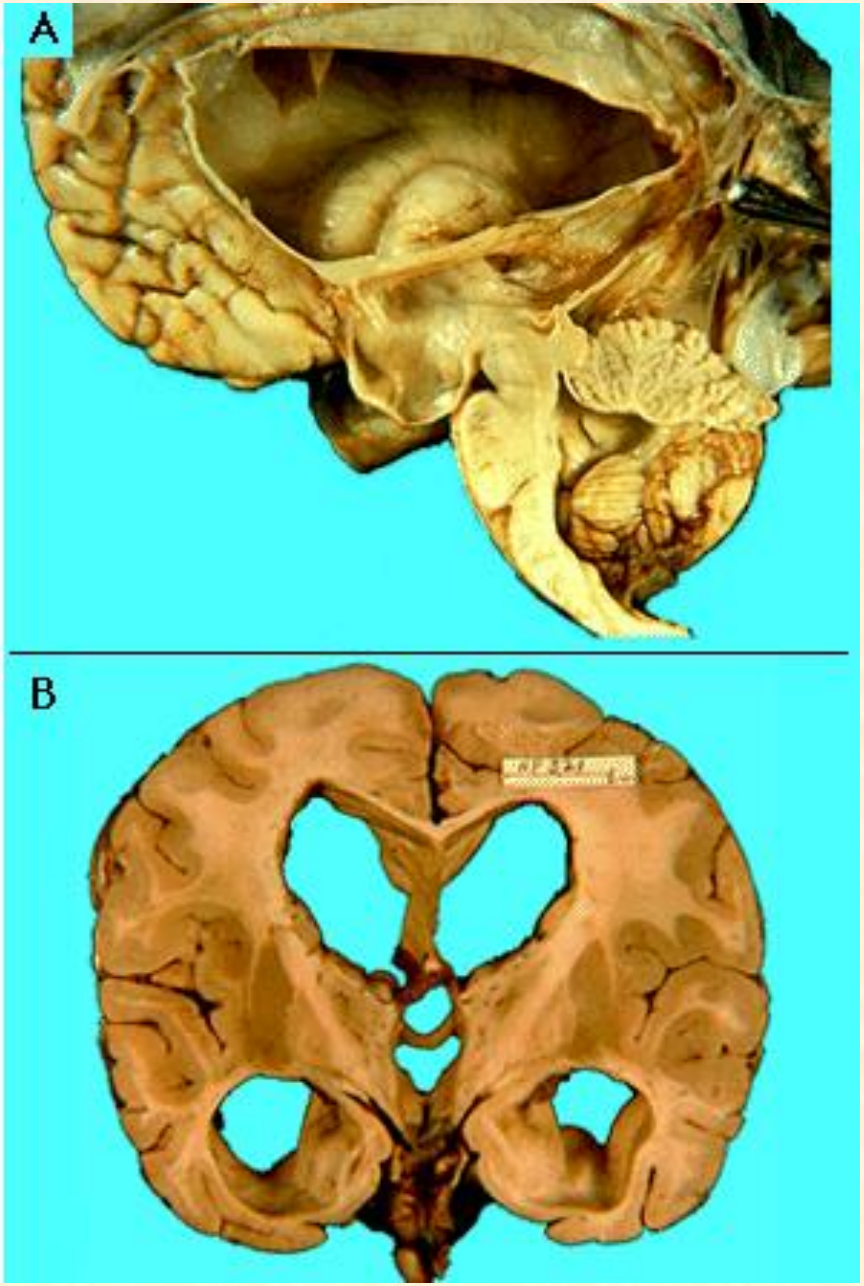


A Cerebrospinal fluid spaces


Lateral Ventricle
Choroid plexus
Subarachnoid space
Arachnoid villi
Saggital sinus
Third ventricle
Aqueduct of Sylvius
Fourth ventricle
Spinal nerves
Norm
cereb
White outlin
shows ACM
cerebellar to
extending th
foramen mag


bone
superior sagittal sinus
falx
brain parenchyma

Hydrocephalus



Charakteristika spánkového cyklu

- **Spánok** – aktívny fyziologický útlmový proces mozgu
- Spojený so zotavením nervových a somatických štruktúr a metabolickými zmenami podporujúcimi rast a tvorbu rezerv
- **Motorické zmeny**: redukcia pohybovej aktivity
- **Senzorické zmeny**: minimalizuje sa spracúvanie senzorických podnetov
- **Rýchla reverzibilita zmien**: organizmus sa môže aktívne a ľahko dostať do bdelého stavu

- Spánok prichádza **cyklicky**, obvykle súbežne s cirk.rytmom s periódou 24 h

- **Cykly -** striedajú sa 2 neurofyziologicky odlišné procesy: **ortodoxný a paradoxný spánok**.

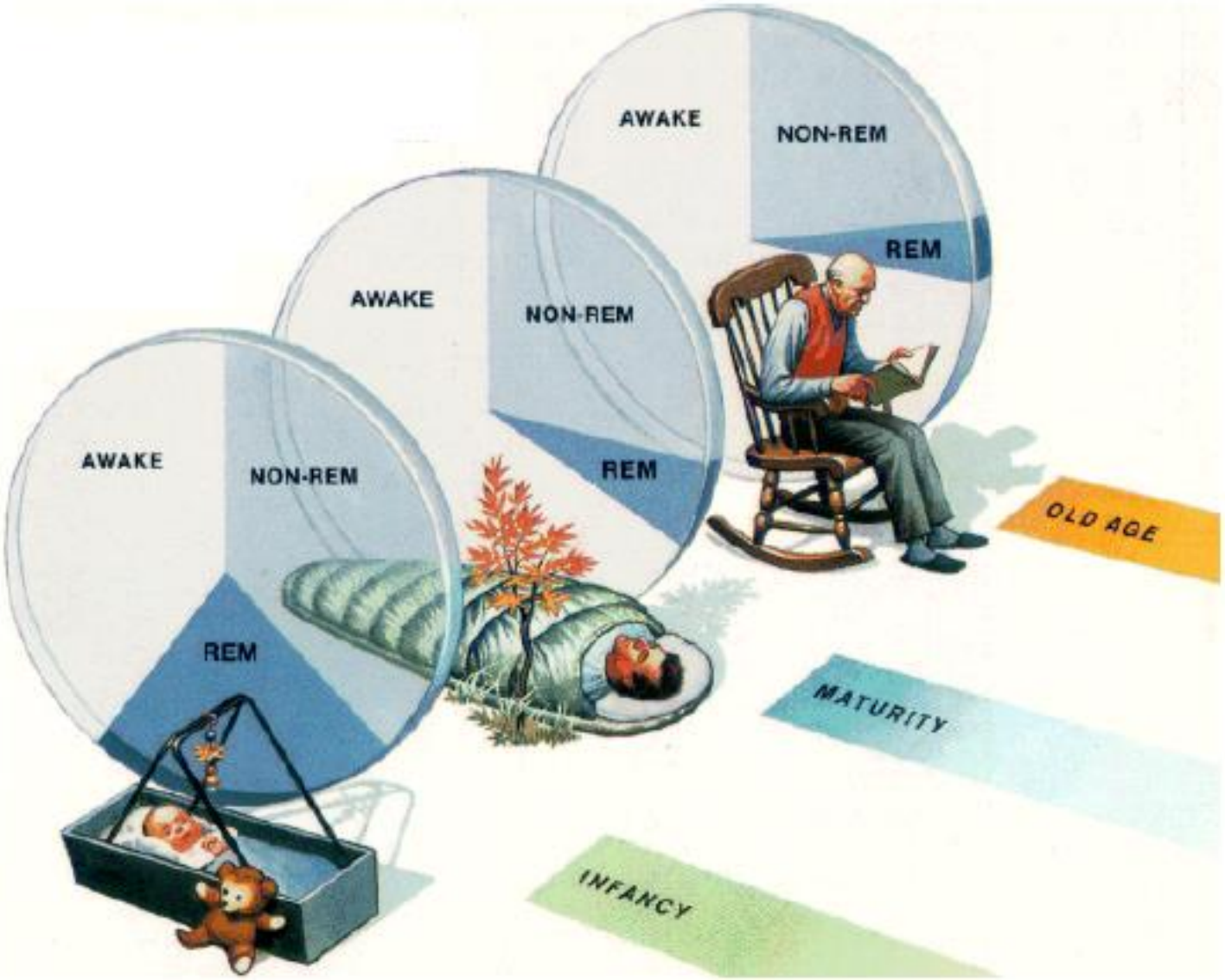
- **Spánkový cyklus -** v priemere 90 min (človek).
- Spánku predchádza a nasleduje ho stav bdenia = **3-fázový vzor behaviorálnej aktivity**

Základné prejavy spánku

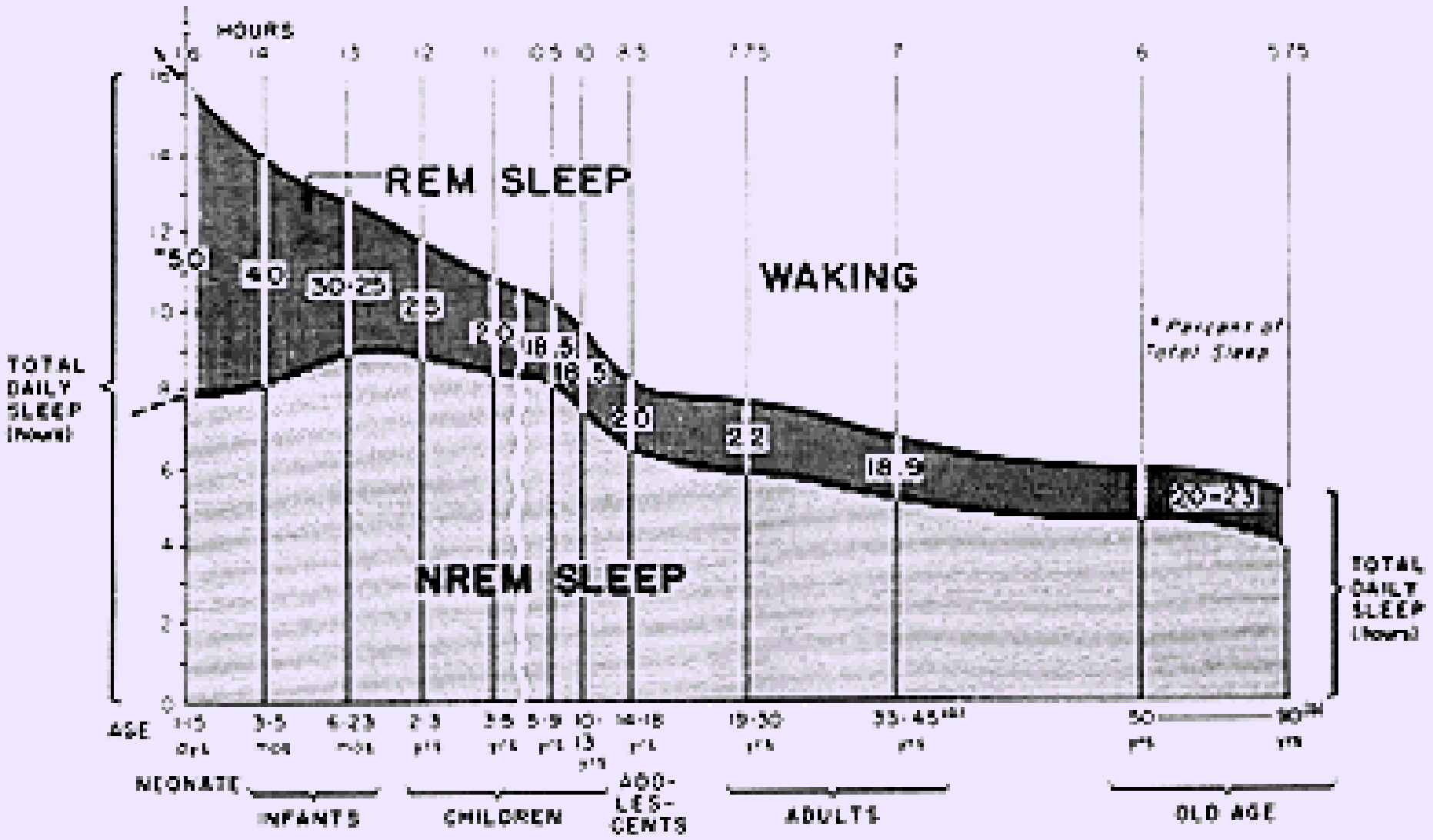
Základné štádie spánku - nomenklatúra:

- **REM spánok (REM)** = počas neho sa vyskytujú sklbavé pohyby očných buliev (rapid eye movements)
- **Non-REM spánok (NREM)** = bez uvedených prejavov

DĹŽKA SPÁNKU V REM A V NONREM FÁZE POČAS RÔZNYCH OBDOBÍ ŽIVOTA ČLOVEKA

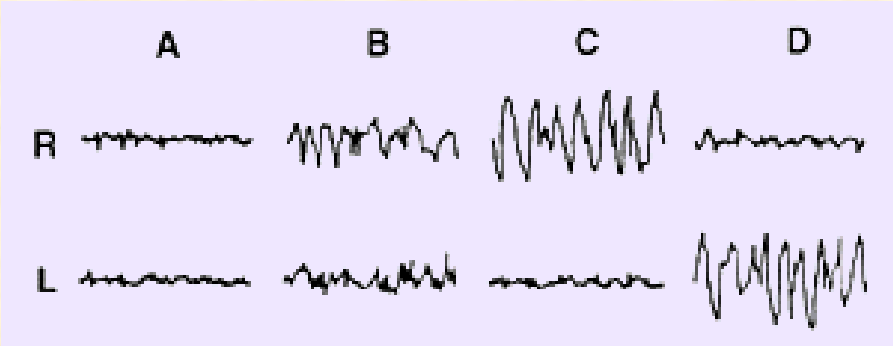


Ako sa mení wtruktúra spánku počas života

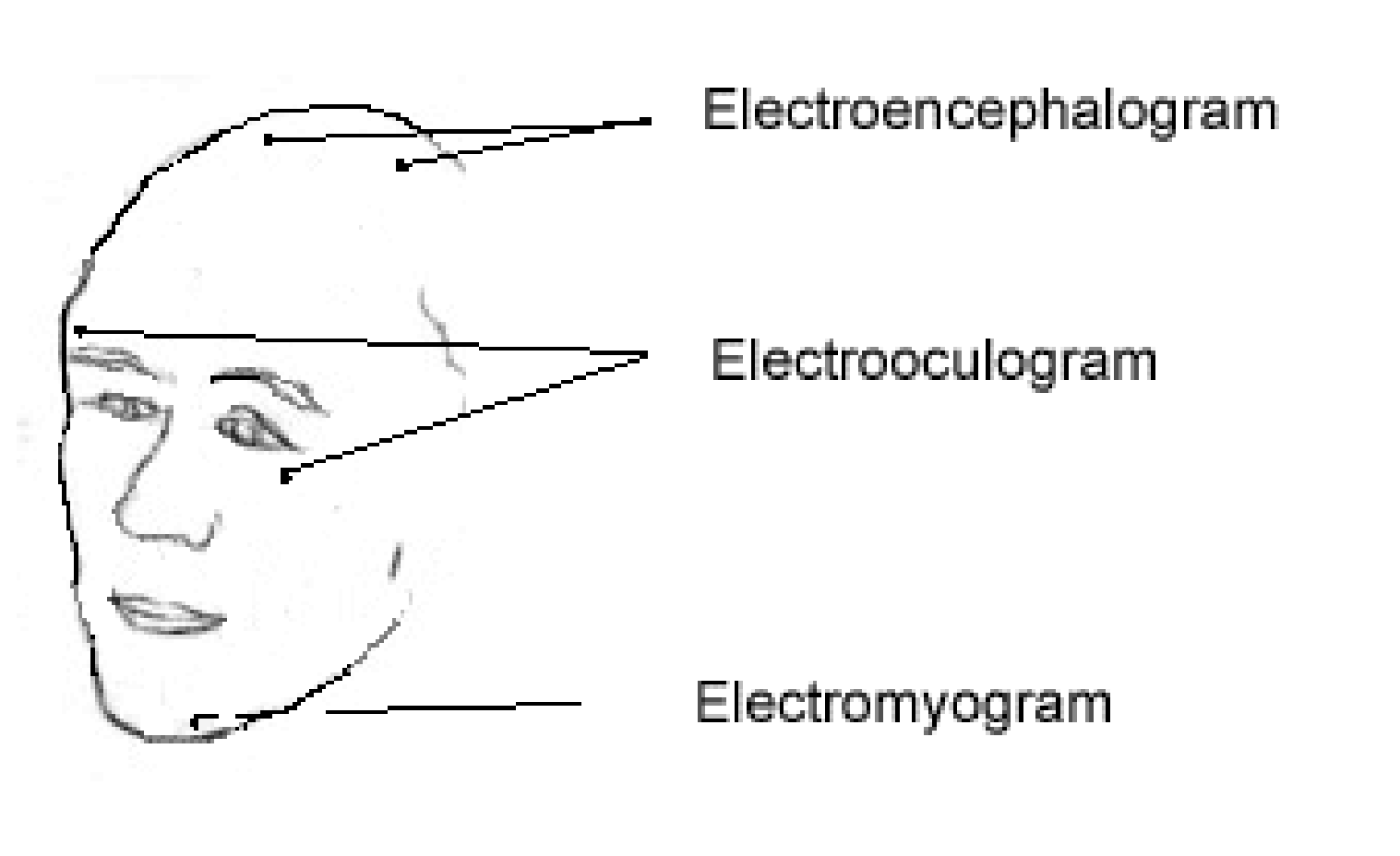


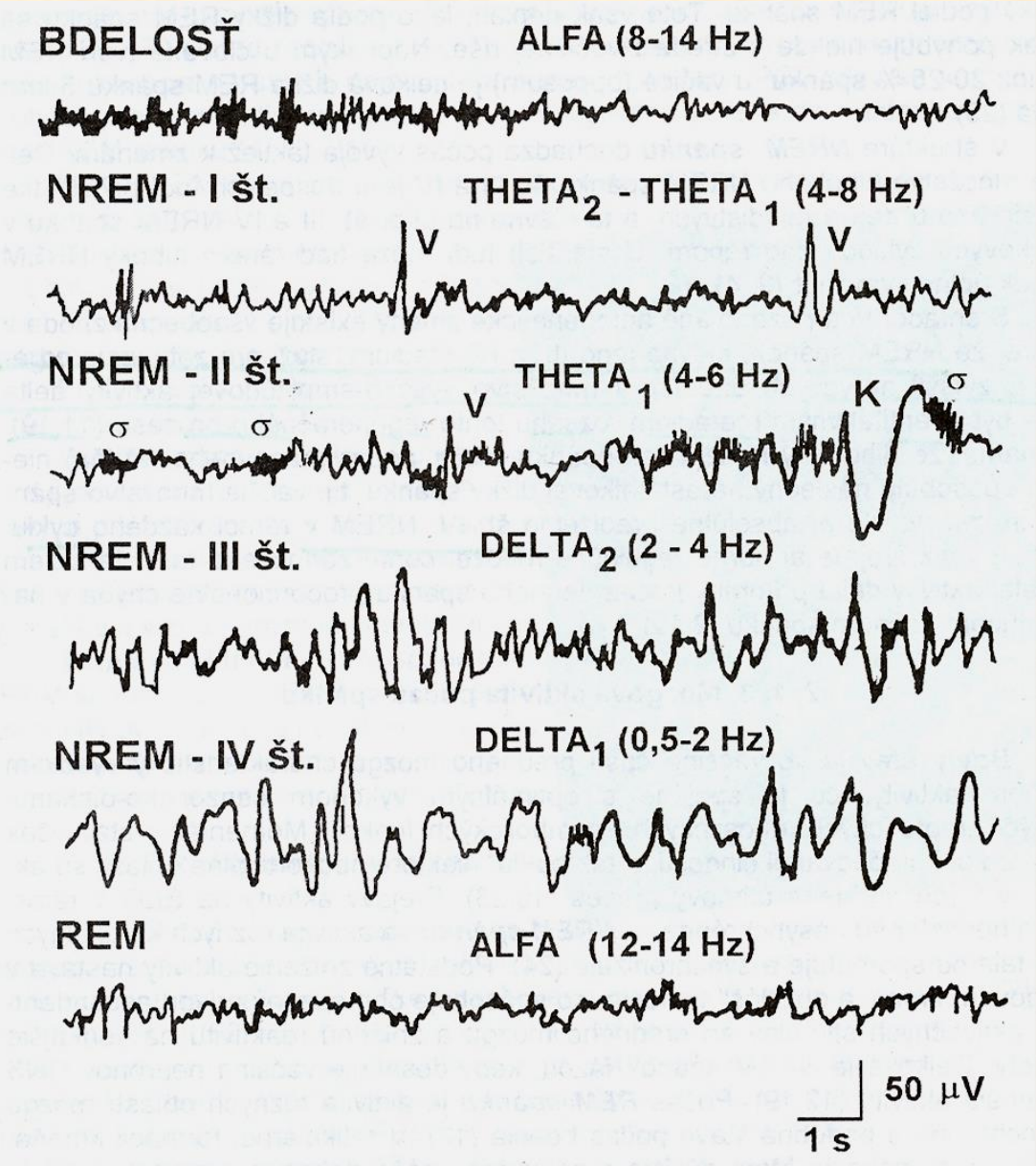
Delfín dokáže spať na striedačku raz jednou raz druhou hemisférou

Each hemisphere takes turns sleeping



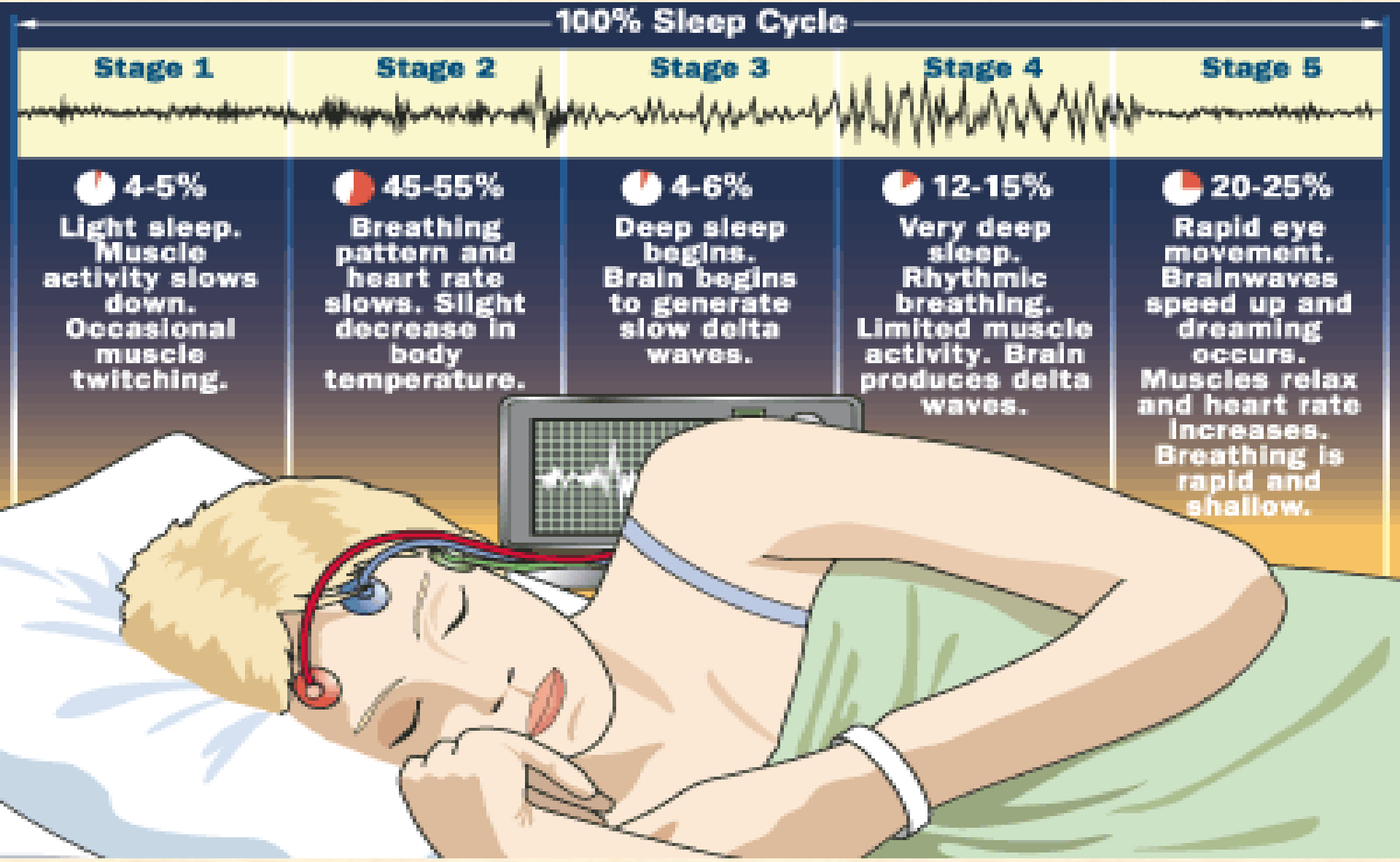
Ako sú umistnené elektródy pri polysomnografickom meraní spánku

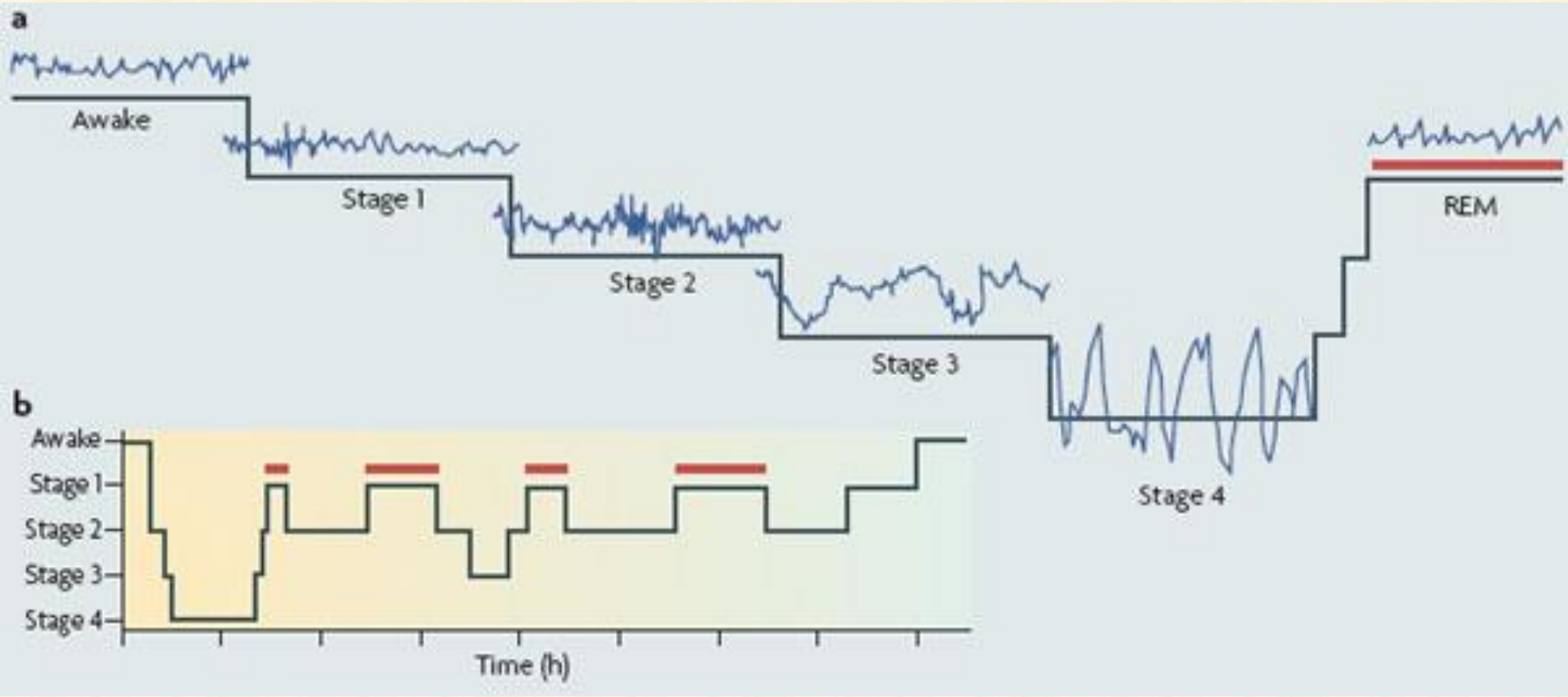




Obr. 2: Podľa Tomori a kol., 1999. Charakteristické prejavy rôznych štádií spánku na zázname EEG.

Fázy spánku – 1 cyklus trvá cca 90 min.





The awake stage is characterized by high frequency activity with variable amplitude, combined with active electromyography (EMG). The REM stage is characterized by high frequency activity with high amplitude and no active EMG. Non-REM sleep consists of four stages:

Stage 1: light or drowsy sleep, dominated by theta frequency (4–7 Hz).

Stage 2: unconsciousness, lower EMG, EEG contains sleep spindles (12–15 Hz events).

Stage 3: deep sleep, slow-wave sleep (0.5-4 Hz) occurs less than 50% of time.

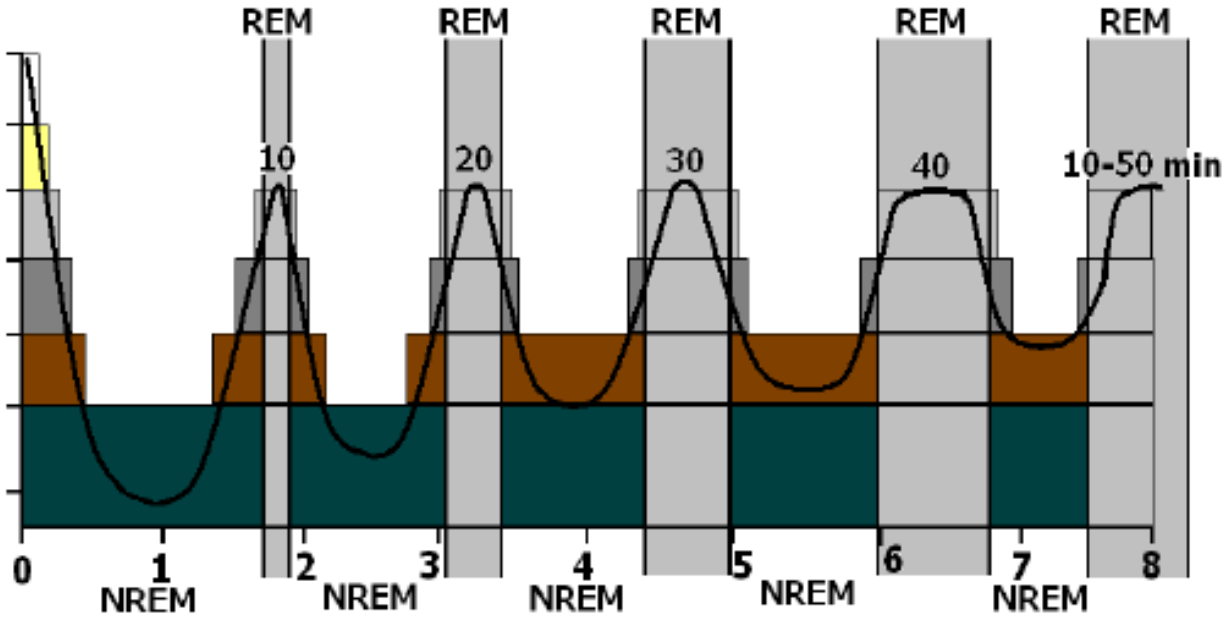
Stage 4: deep sleep, slow-wave sleep occurs more than 50% of the time.

ŠTÁDIÁ SPÁNKU

Spánok - reverzibilný stav zníženej reakcie na podnety a zníženej interakcie s prostredím

REM - rapid eye movement
Rýchle pohyby očí
Paradoxný spánok
Aktívny mozog
v paralyzovanom tele
Bujné sny
Zvýšený metabolizmus

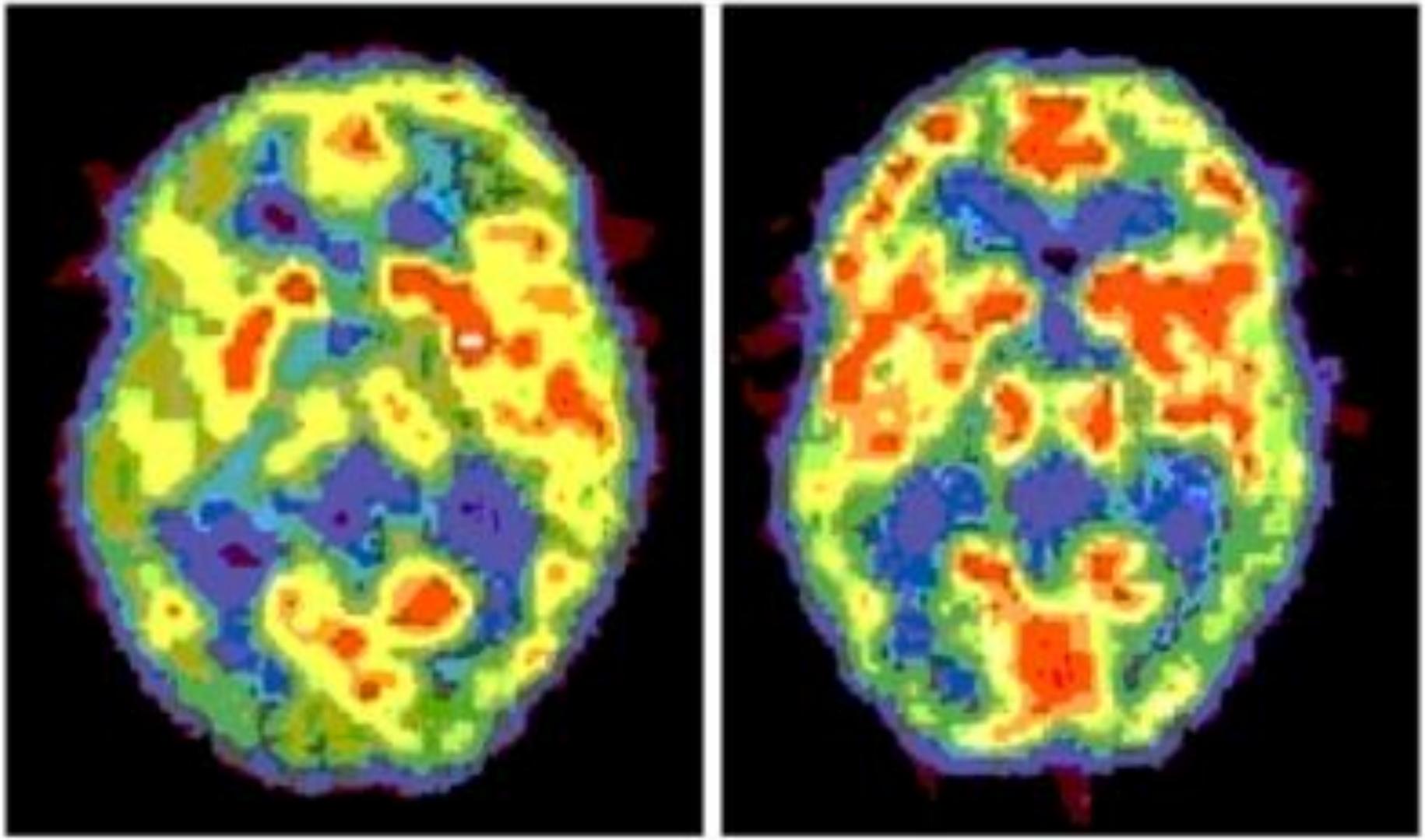
NonREM
SWS - slow wave sleep
Ortodoxný spánok
Zaháľajúci mozog
v pohyblivom tele
Znížený metabolizmus
Somnambulizmus
somnilokvia



Mozgová aktivita počas spánku

- **NREM spánok**: aktivita rôznych kortikálnych polí a talamu sa spomaľuje a synchronizuje
- Zníženie mozgovej aktivity

- **REM spánok**: aktivita rôznych oblastí mozgu je nesynchrónna a podobná stavu počas bdenia
- Nervový systém je pripravený na príjem vonkajších podnetov, ale reakcie na tieto podnety sú blokované
- Jedinec sa nachádza v hlbokom útlme vedomia = **„paradoxný spánok“**


NREM
REM
= least active
= most active

Spánková deprivácia

Niekoľkodňová spánková deprivácia u človeka:

- pokles telesnej teploty
- pokles adaptácie na chlad
- v mozgu sa znižuje sa metabolický obrat
- klesá psychická výkonnosť, sústredenosť, rýchlosť reakcií, schopnosť zapamätania nových údajov
- vznik emočnej instability
- epizódy mikrospánku

- Ani dlhodobejšia absencia spánku u človeka nevedie k tak markantným následkom ako u niektorých zvierat
- Potkan – progresívna strata hmotnosti, hypotermia, smrť z vyčerpania

Deficint REM spánku nemá výrazné prejavy, ale znižuje kapacitu učiť sa komplexné zadania. Je významný hlavne v detstve, kde tvorí väčší podiel spánku ako v dospelosti. REM spánok sa čiastočne kompenzuje po prerušovaní alebo skracovaní.

V tejto fáze dochádza ku konsolidácii pamäte, hlavne procedurálnej a priestorovej.

Človek sa ľahšie zobudí s REM spánku ako s non-REM spánku. Po ukončení tejto fázy sa často uskutočňuje mikro-zobudenie, ktoré si človek nepamätá.
Ak je však priveľa vonkajších podnetov, môže sa človek zobudiť úplne a potom trvá jeden celý cyklus (1,5-2 hodiny) kým znovu zaspí.

Ďakujem za pozornosť