

Nervová soustava



Uzpůsobená na rychlé předávání informací
Rostoucí význam ve fylogenezi – jeden z hlavních trendů ve vývoji živočichů.
Vybavená schopností zpracovávat, učit se
Základem pro chování, až po řeč, paměť, vědomí...

Neuron – buňka schopná komunikovat elektricky, ale i chemicky (jako všechny buňky)

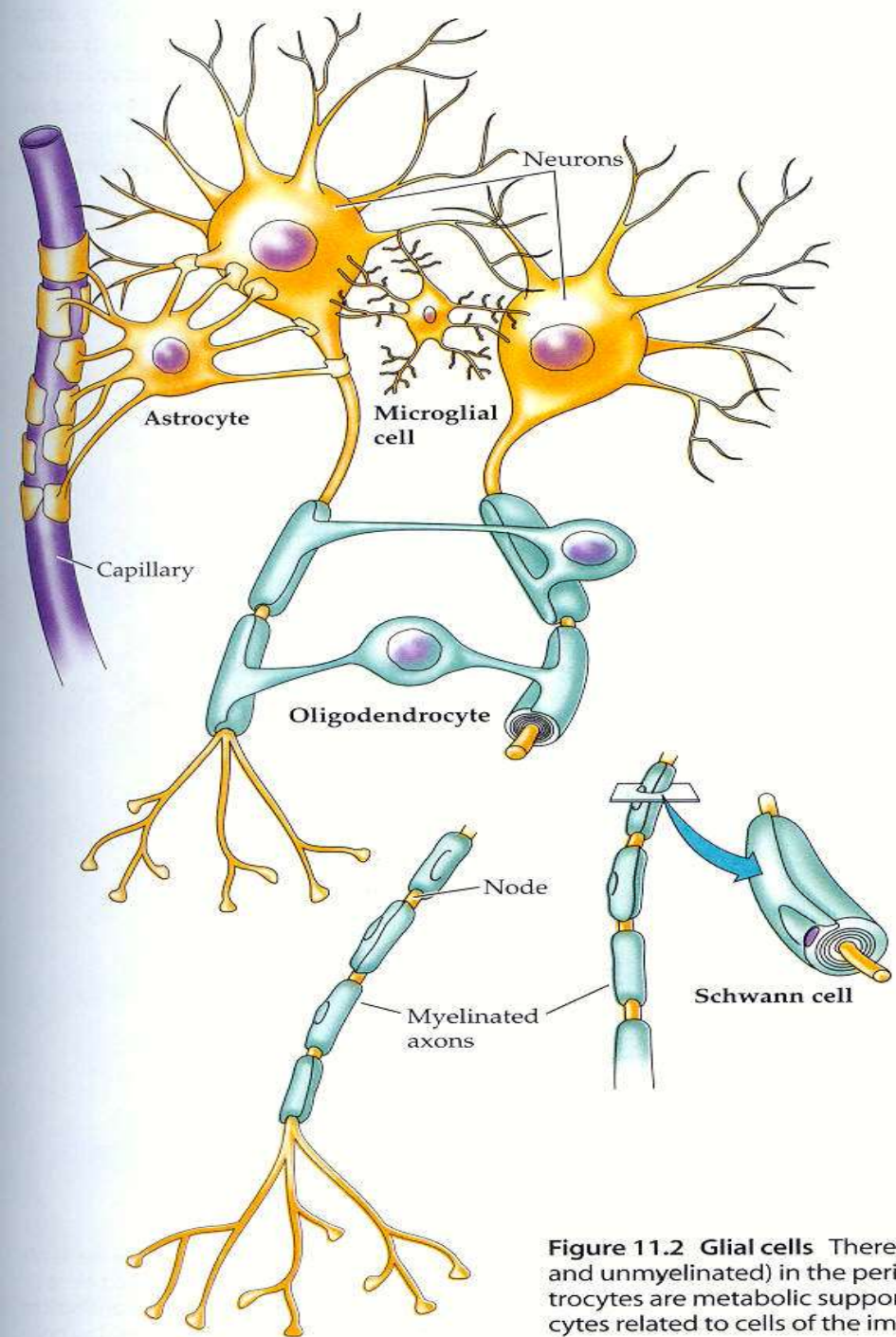
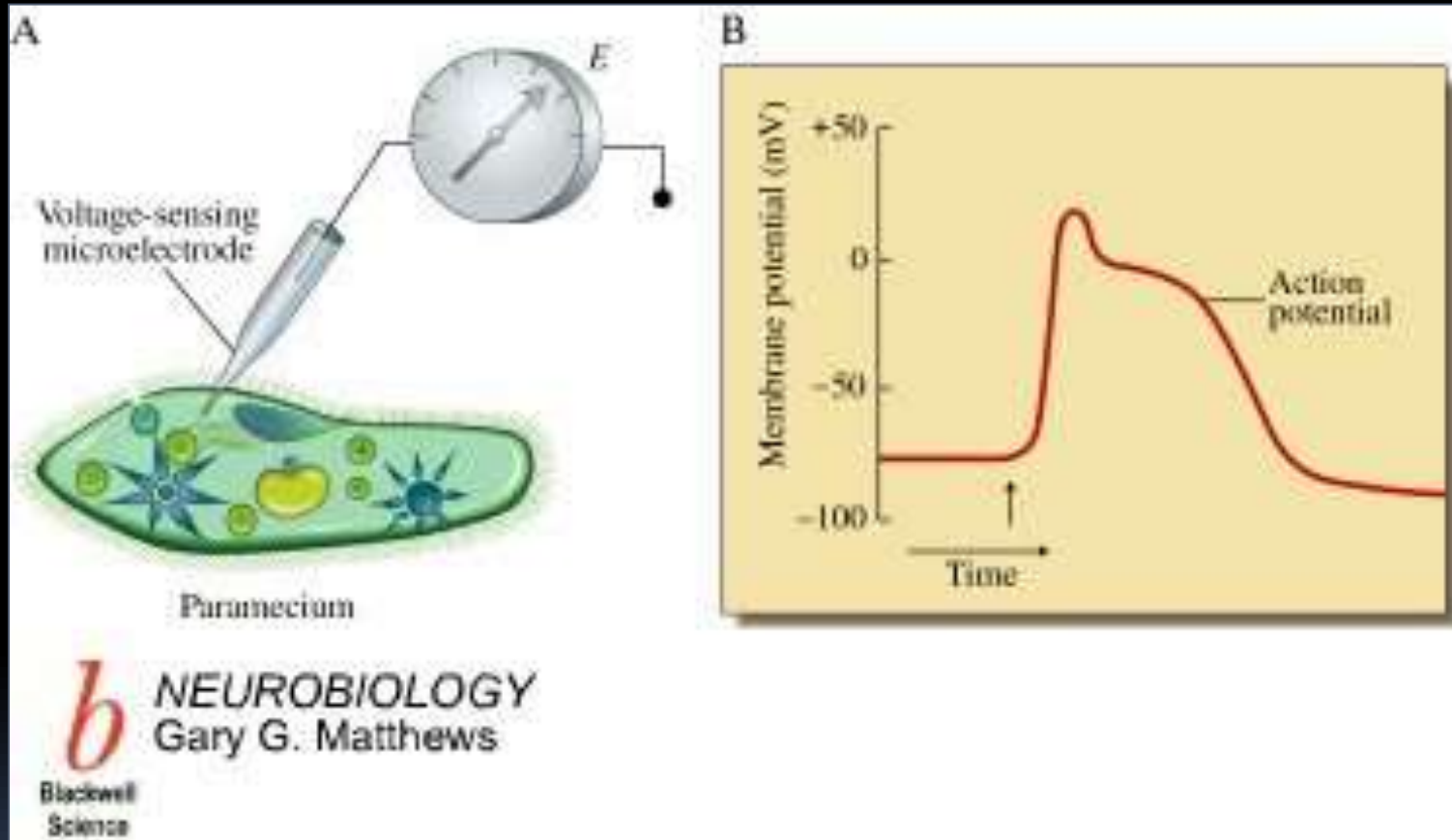


Figure 11.2 Glial cells There are (myelinated and unmyelinated) in the peripheral nervous system. Oligodendrocytes are metabolic support cells related to cells of the immune system.

Prvotní účel vzrušivých membrán.

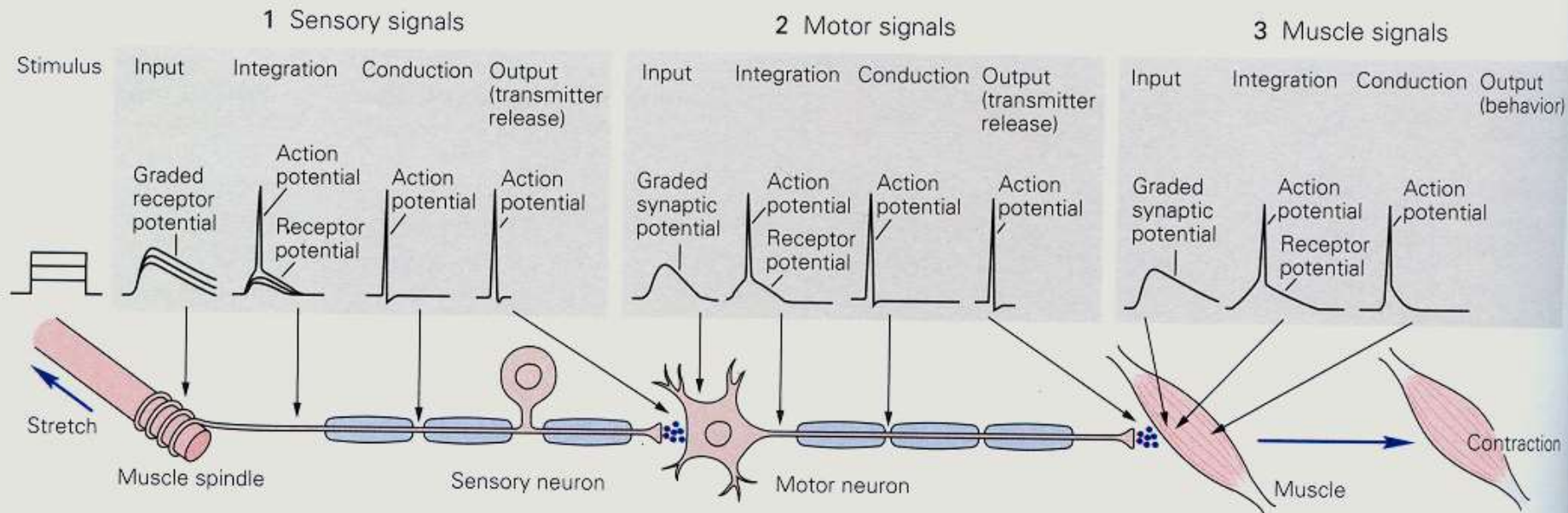
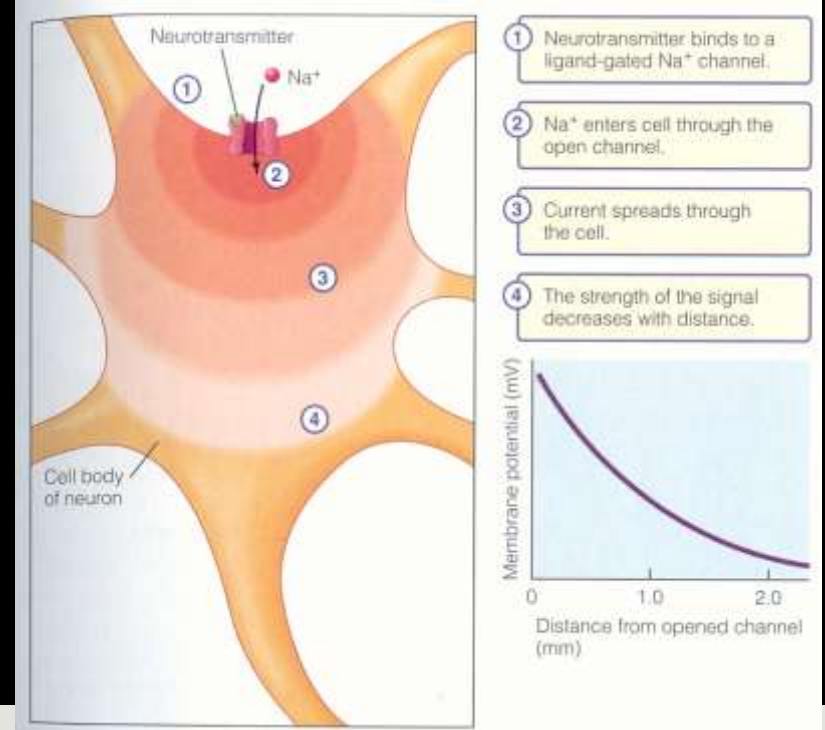
Využití elektrických impulzů pro koordinaci pohybů a signálů.



Dva druhy kódování informace

Dálkové šíření – digitálně

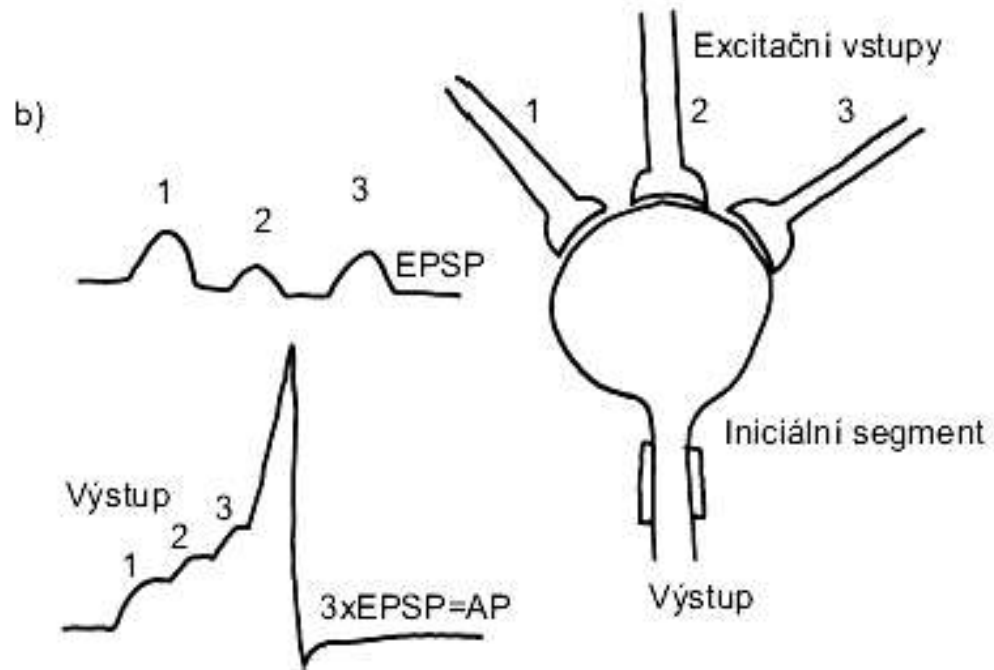
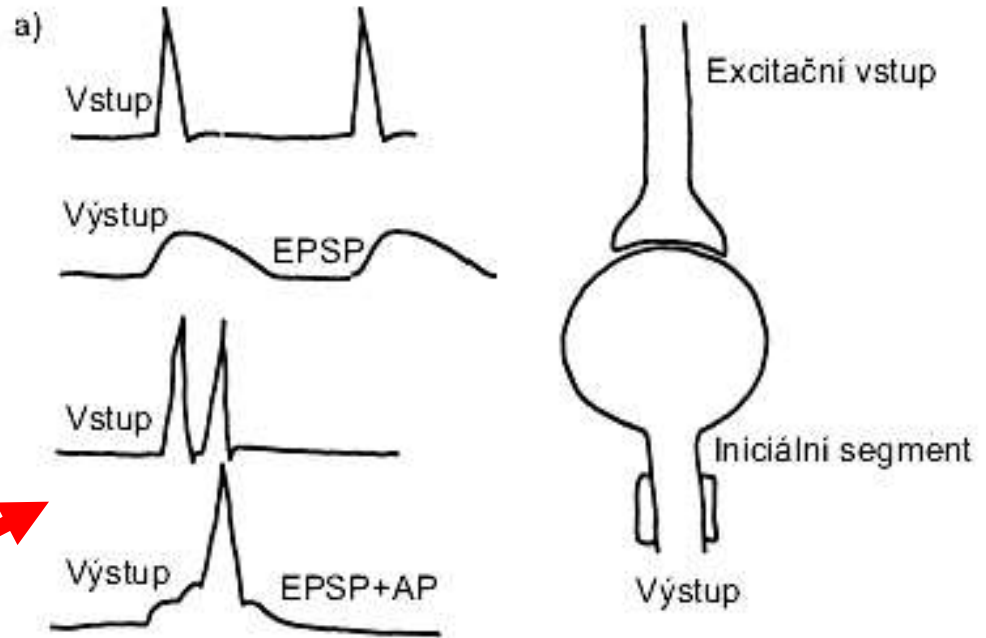
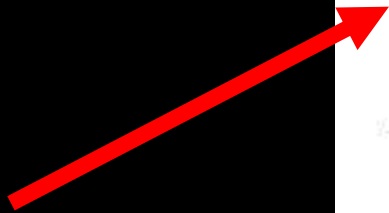
Zpracování - analogově



Smysl:

Zpracování - analogově

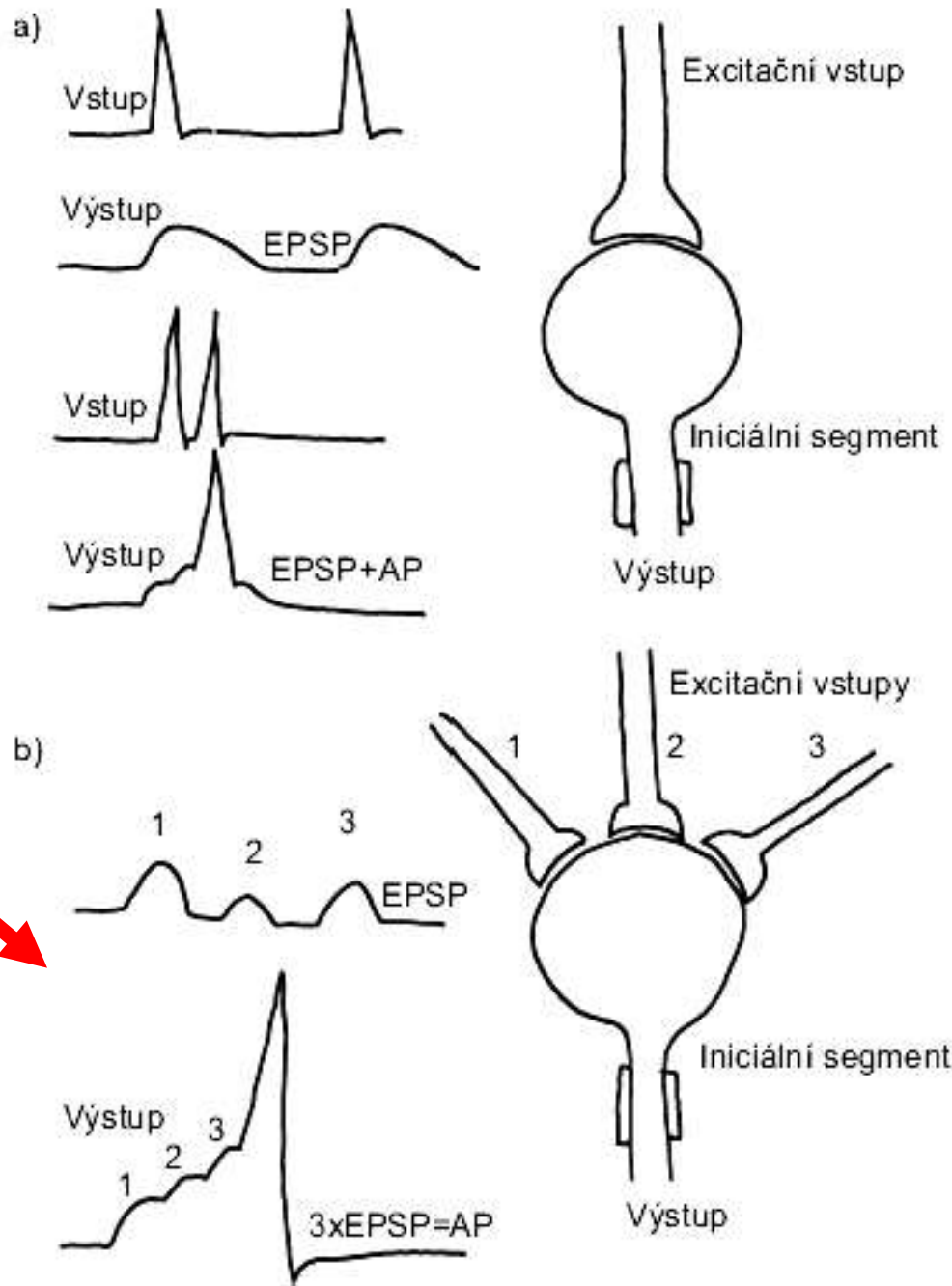
Časová sumace



Smysl:

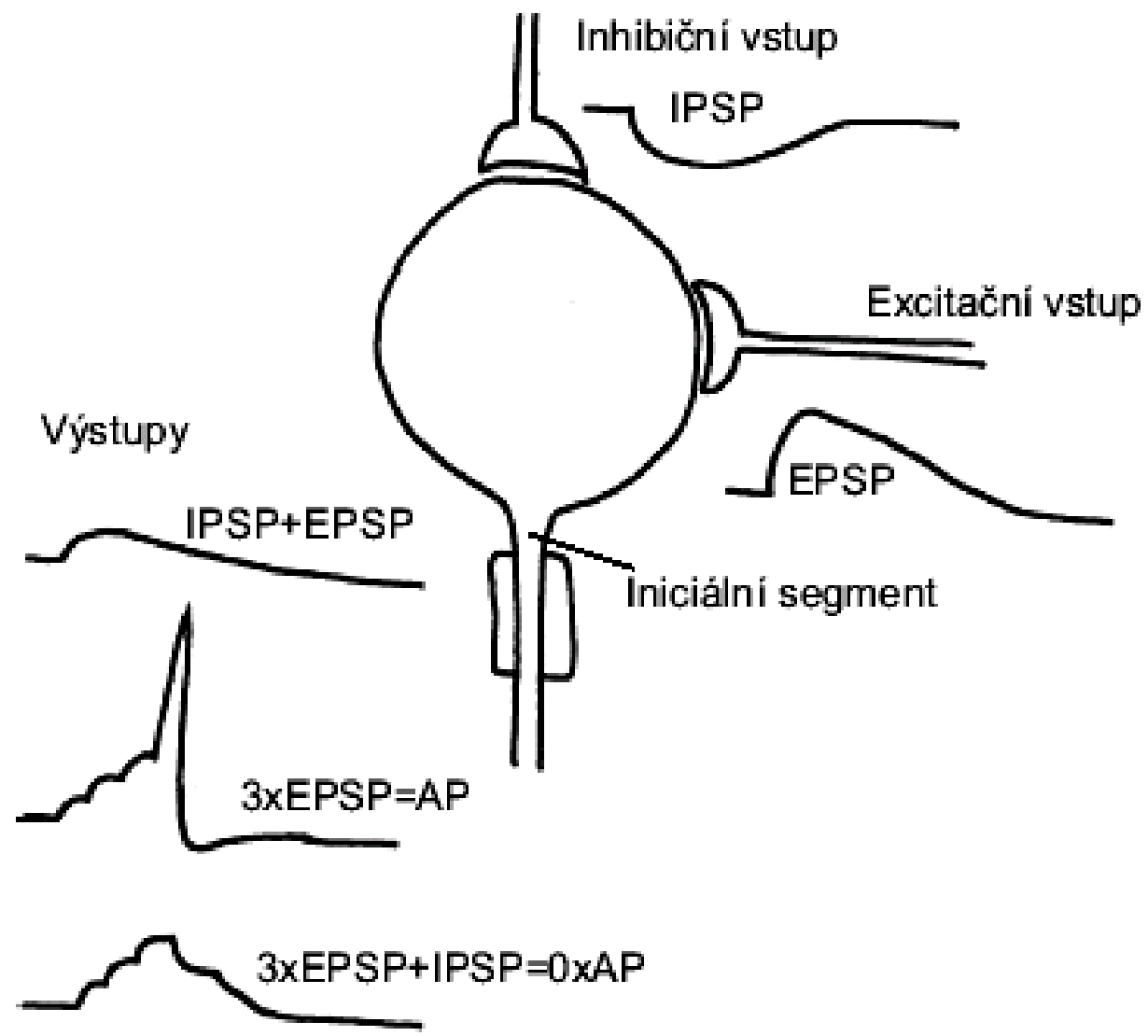
Zpracování - analogově

Časová sumace
Prostorová sumace

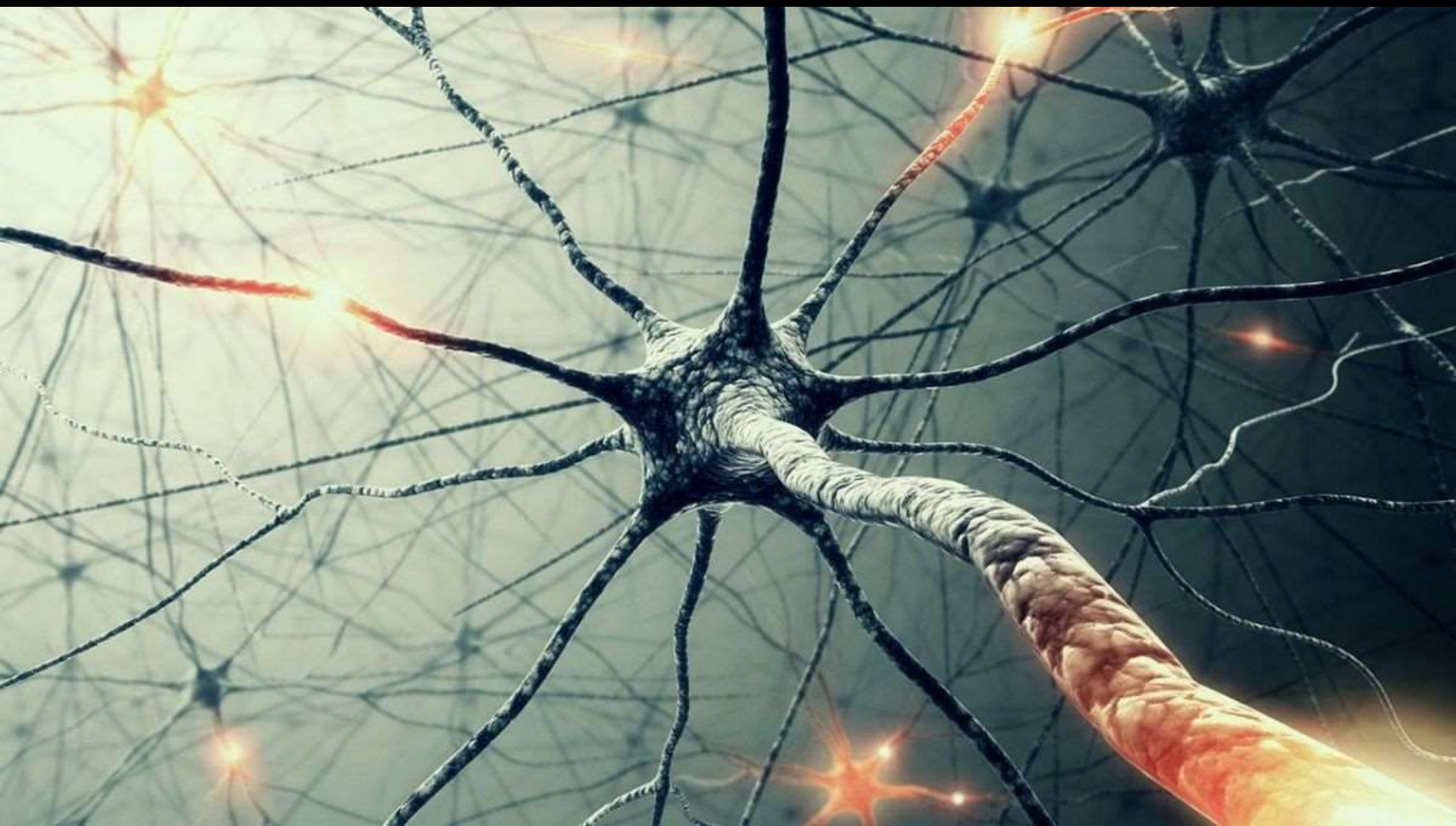


Některé synapse inhibiční
Některé excitační

Facilitace
Inhibice



Využívá elektrických potenciálů pro zpracování informace.



Inputs

Weights

Net input
function

Activation
function

1

w_0

x_1

w_1

x_2

w_2

⋮

w_m

x_m

Σ

f

output

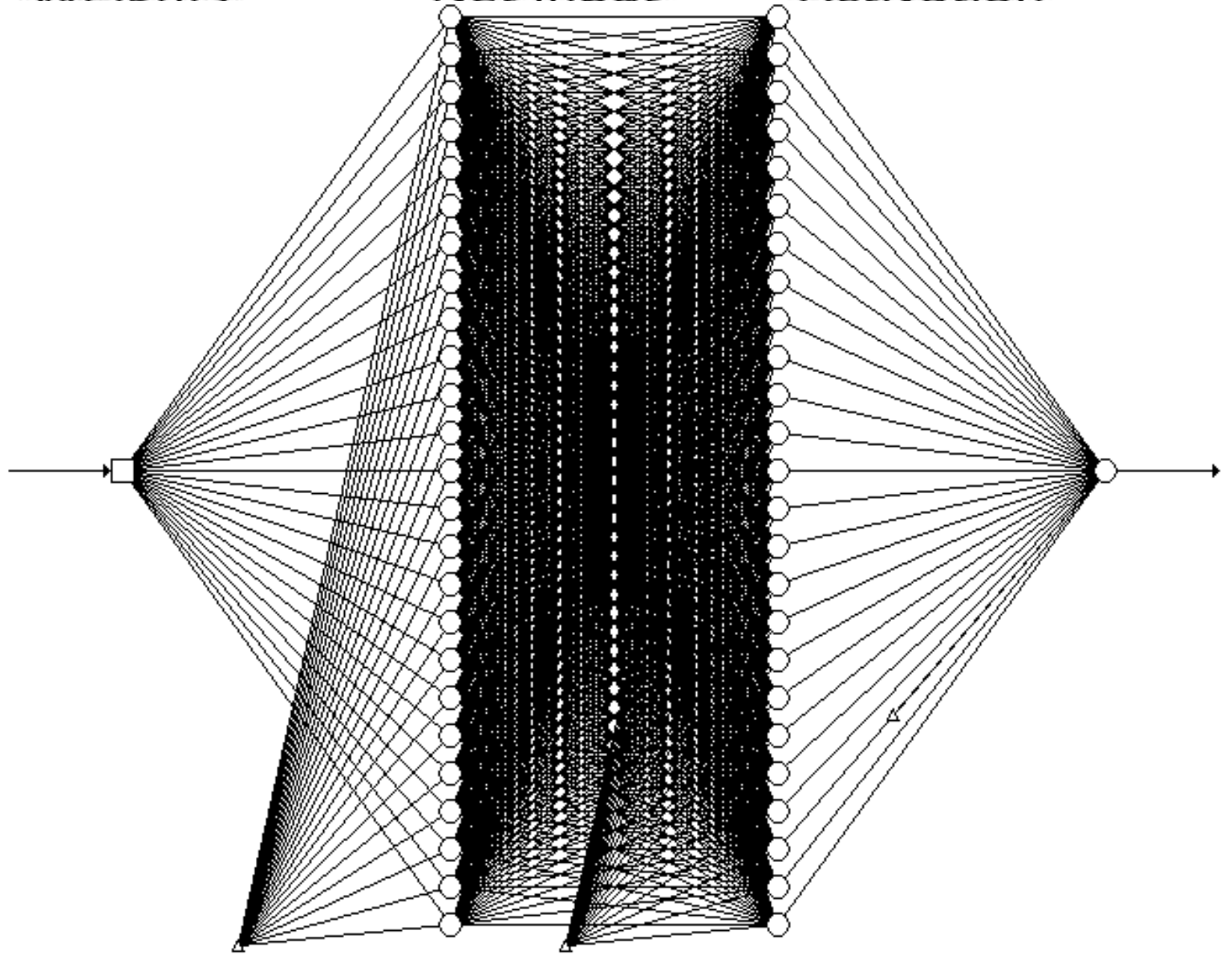
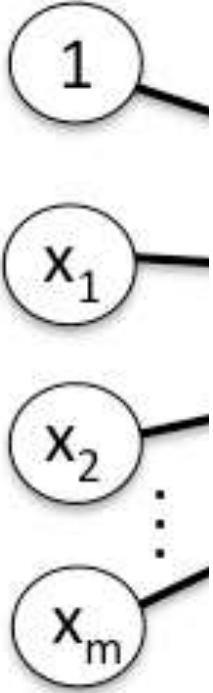


Inputs

Weights

Net input

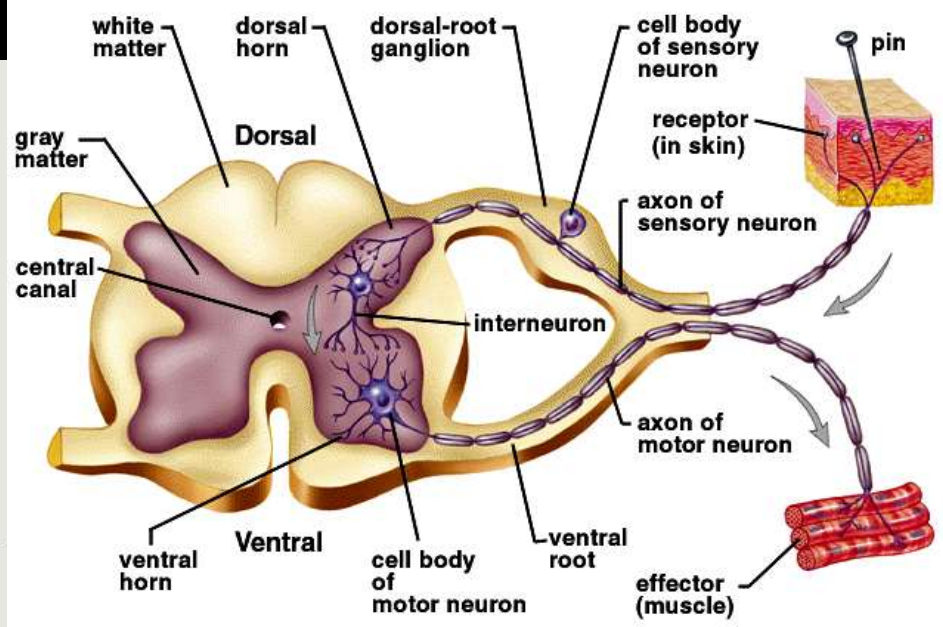
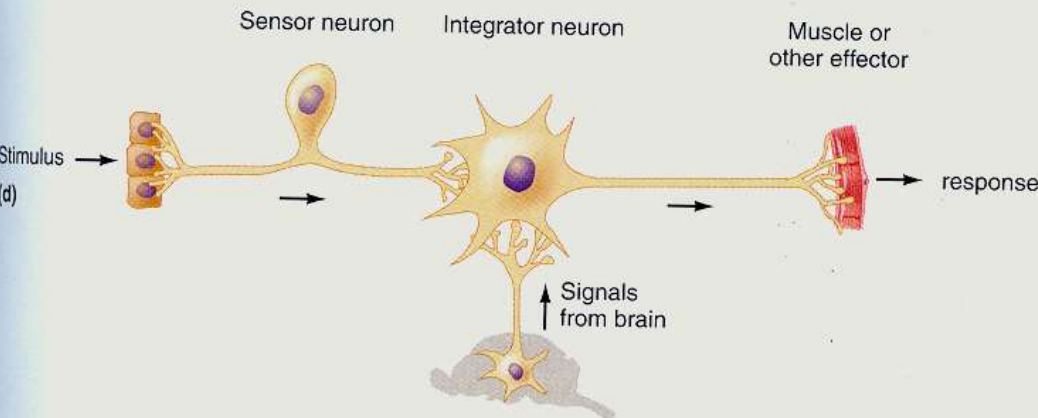
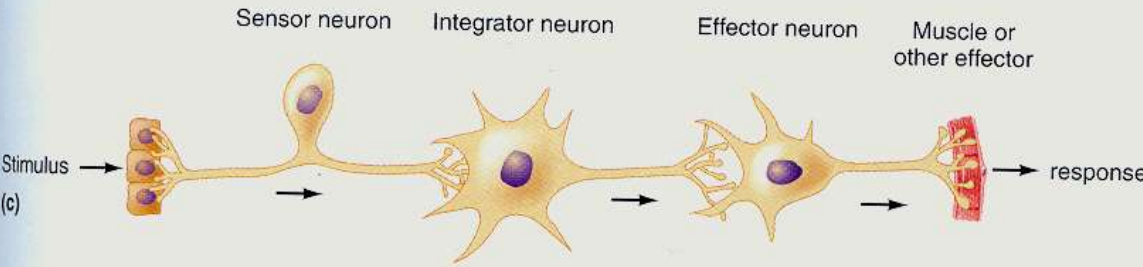
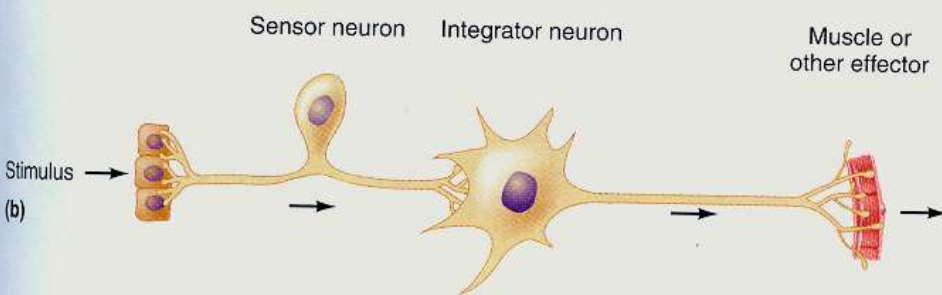
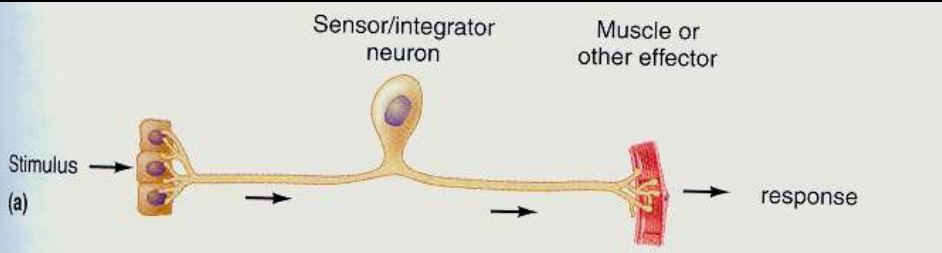
Activation



it

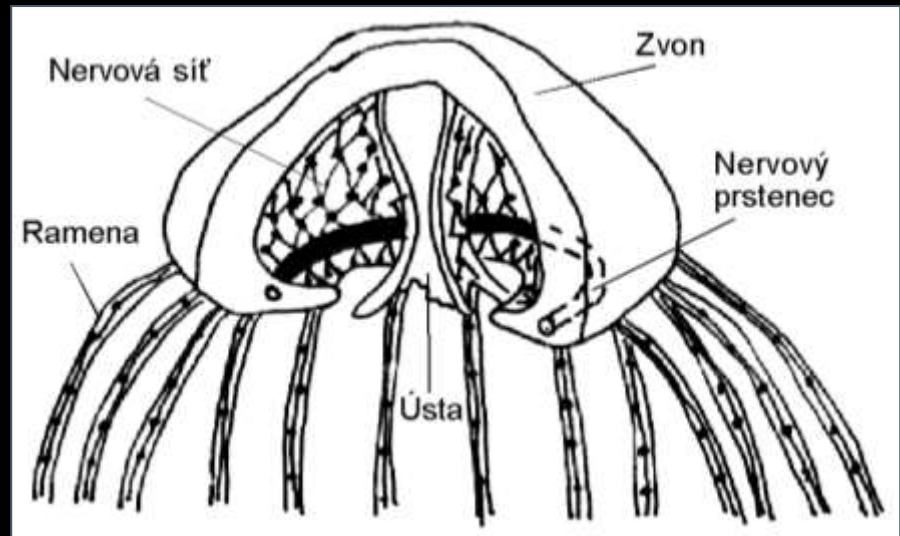
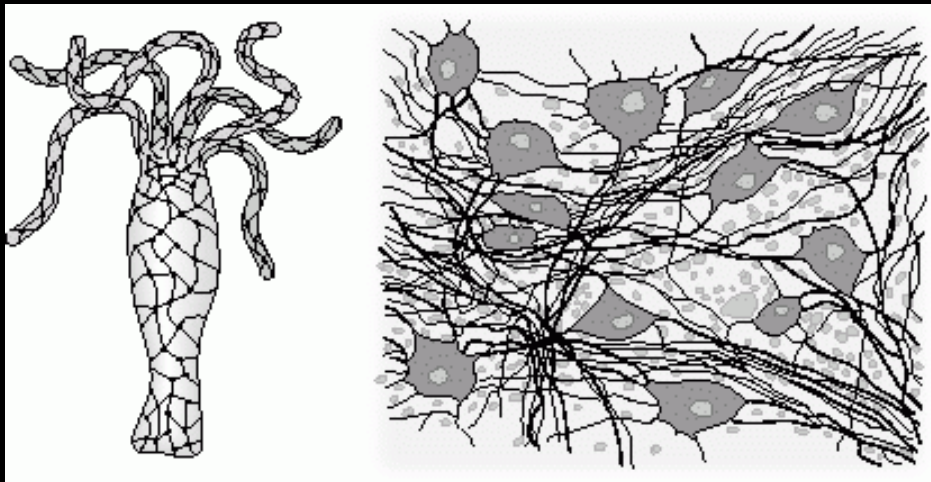


Reflexní oblouk – primární funkční jednotka.



Hromadění spojů a vstupů. Shluky (uzliny), mozek.

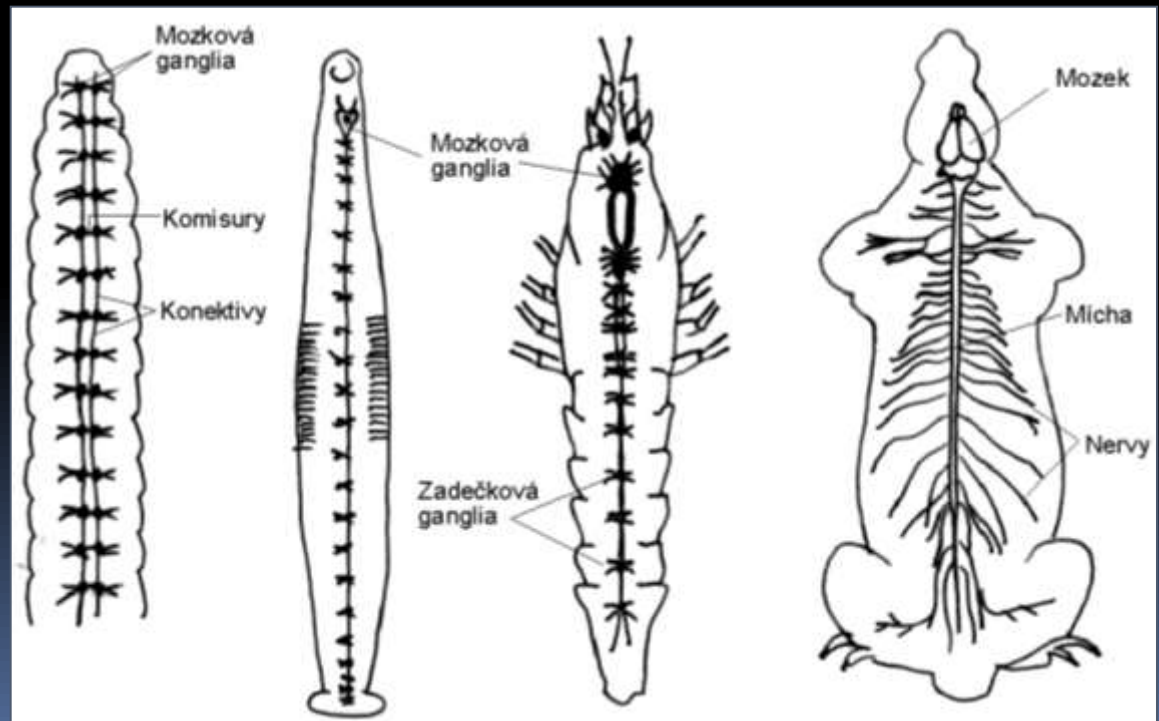
Přes mozek jdou informace o okolí, o stavu těla jako celku, naučené programy, anticipační programy, volně řízené chování...



Vývojové trendy:

Agregace
 Centralizace
 Cefalizace

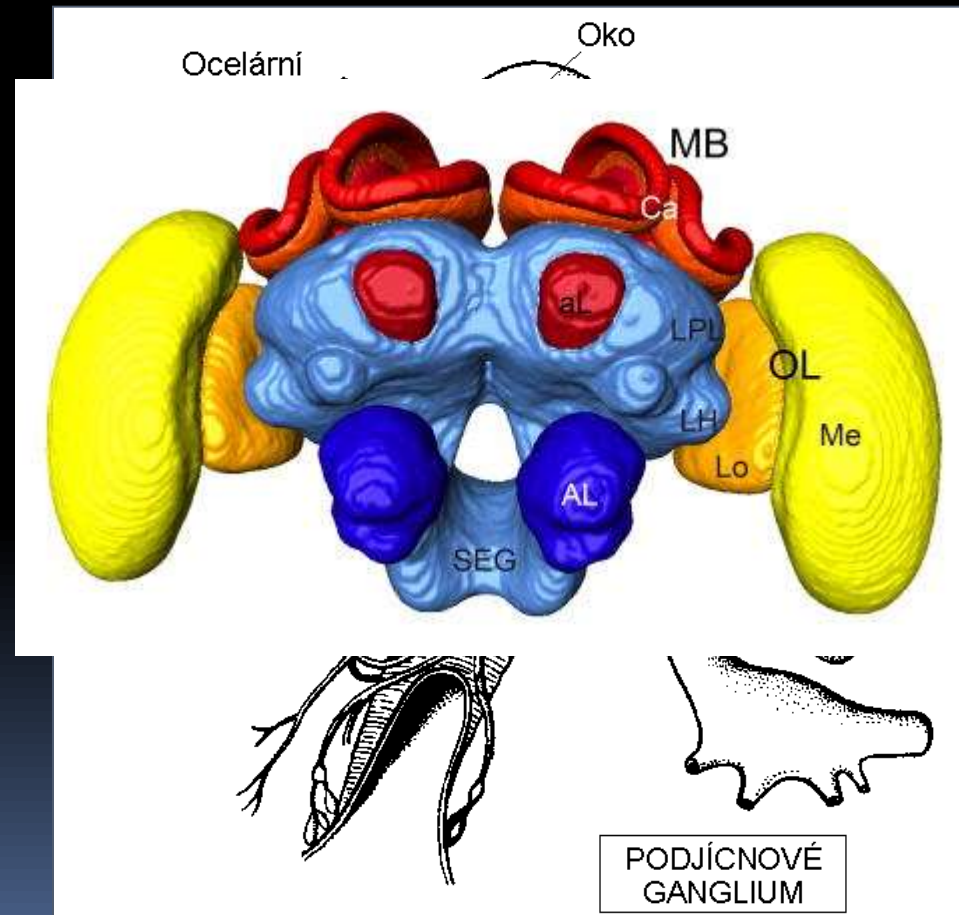
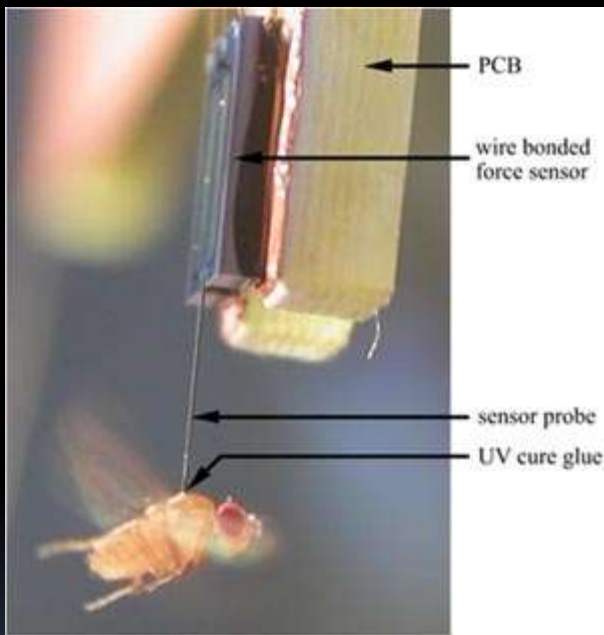
Klesající, ale významná
 autonomie periferie.
 Smysly, pacemakery,
 nervové „dálnice“



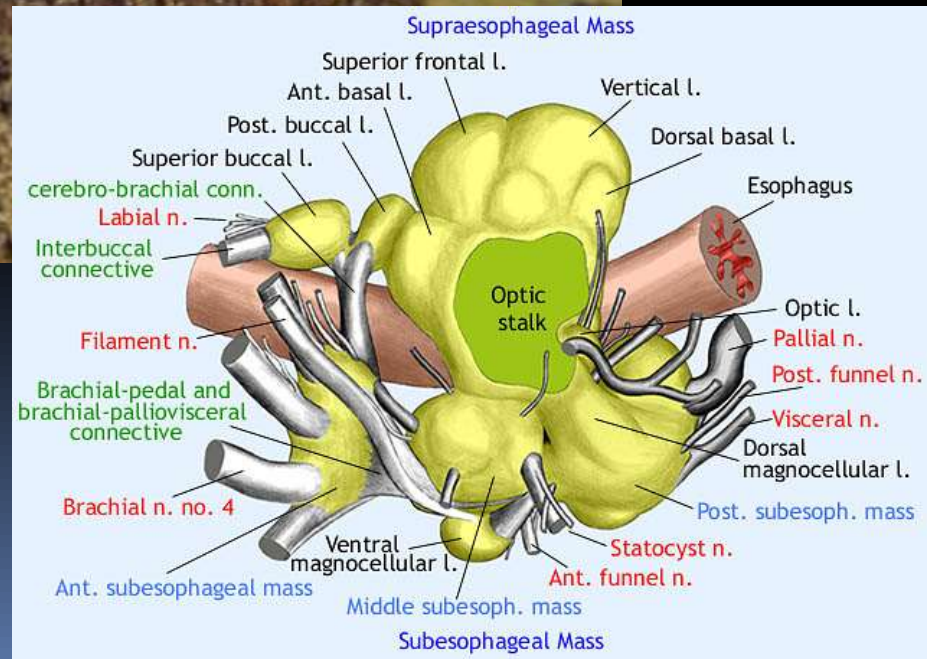
Hmyz

Mozek integruje informace ze smyslů.

Málo místa v těle, ale přitom nutnost rychlých reakcí a tedy i rychlého vedení, přitom bez myelinu. Musí být větší průměry neuronů => omezení počtu spojů a tedy i zpětnovazebné kontroly. Výsledek někdy „strojové chování“. Ale mnozí se učí, komunikují, složitě chovají.

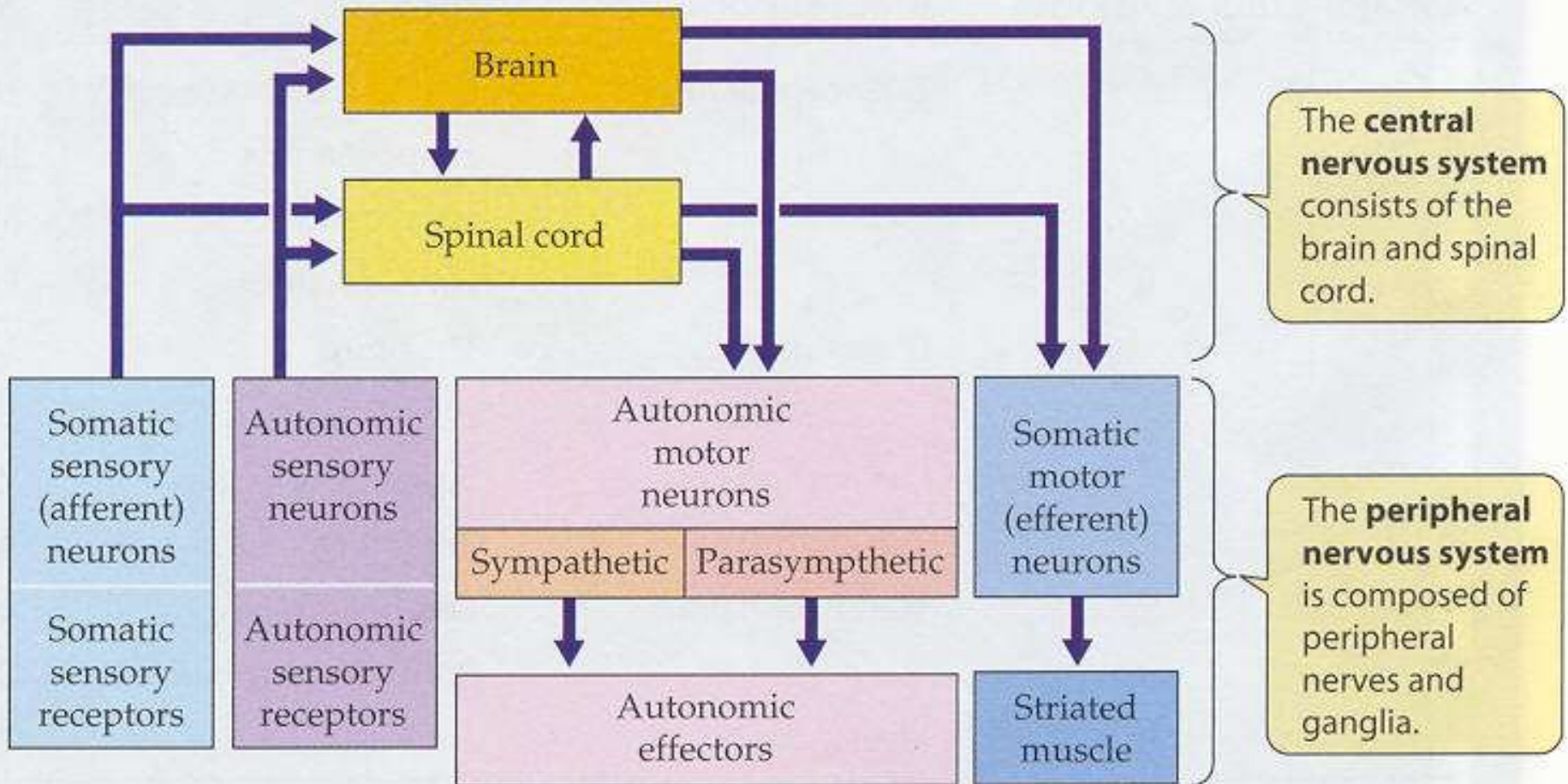


Hlavonožci – inteligence srovnatelná se savci

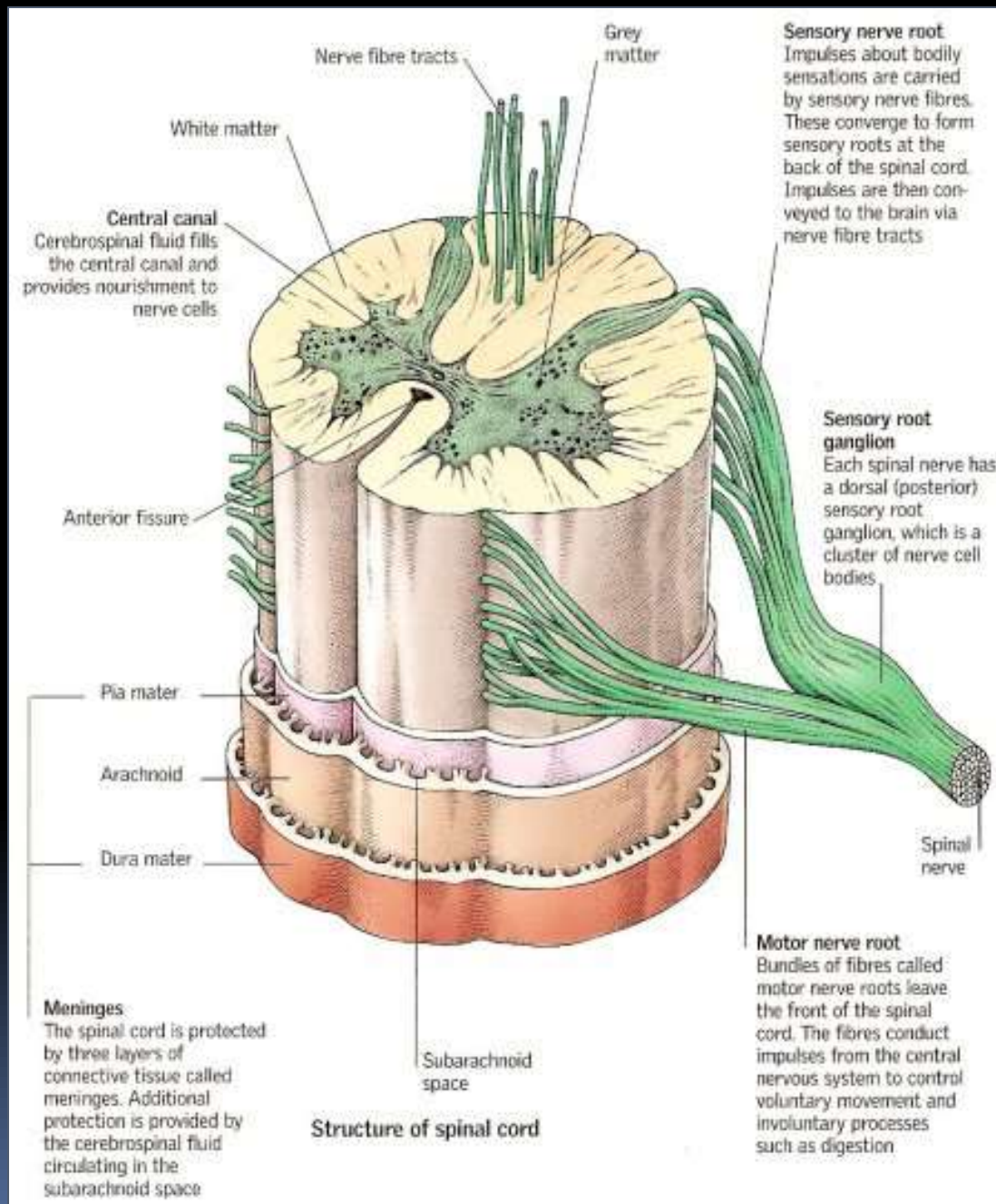


Členění nervového systému obratlovců

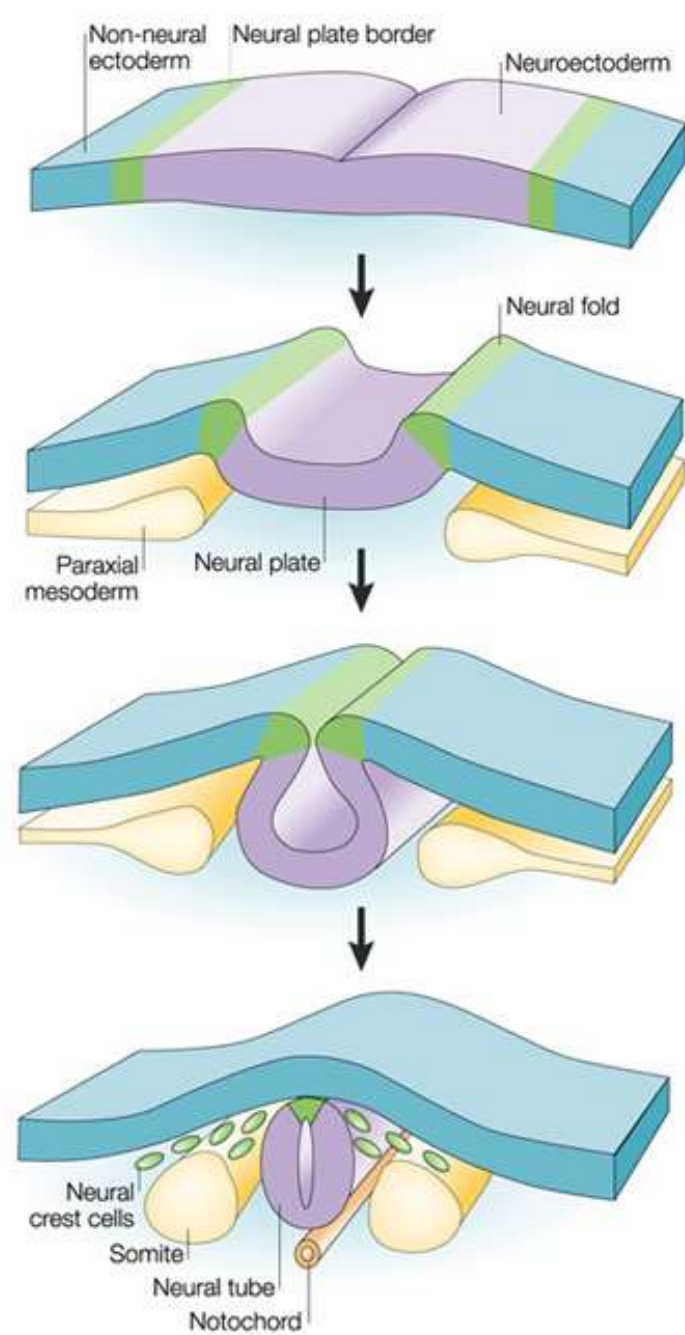
Oddělení centra x periferie a somatických x autonomních (viscerálních) fcí

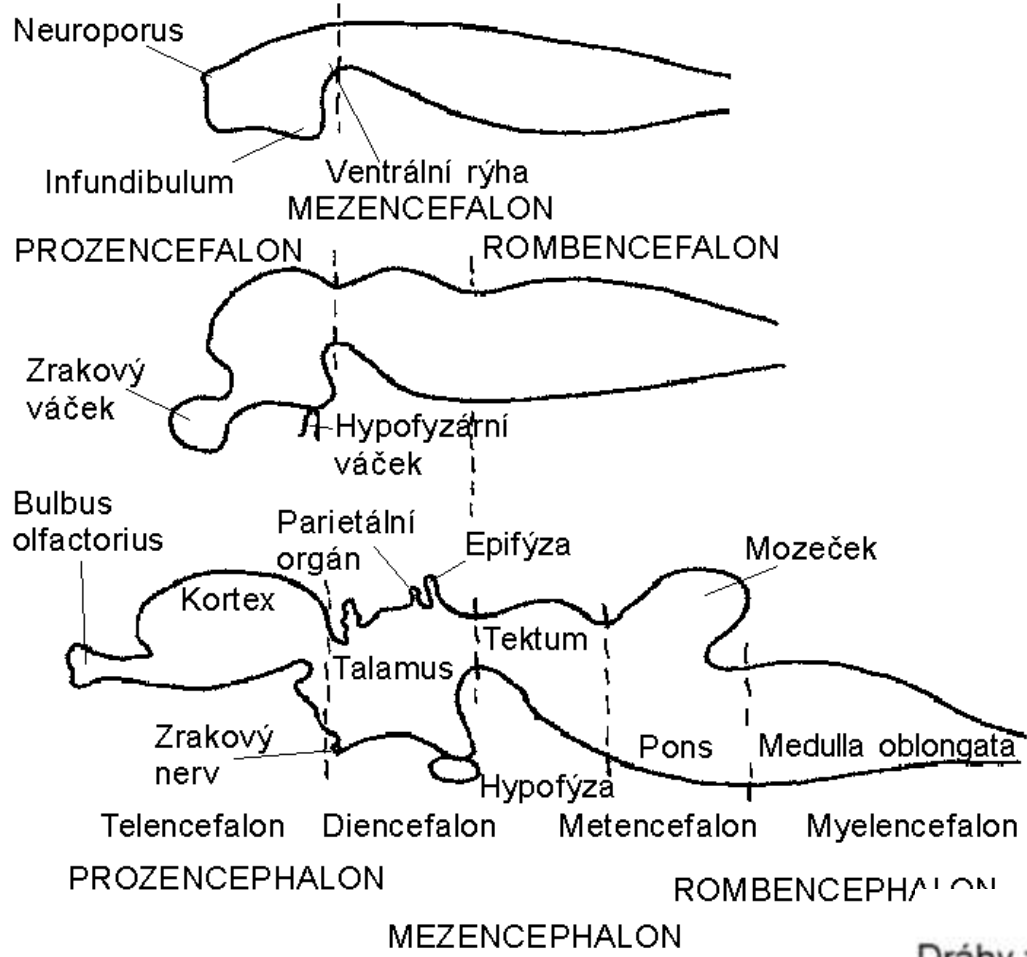


Mícha – nejjednodušší část CNS



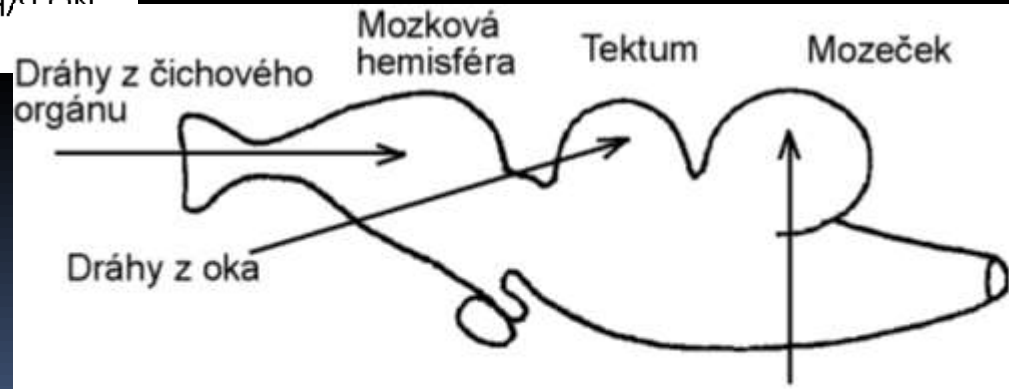
CNS se v ontogenezi
obratlovců tvoří jako dutá
trubice z ektodermu



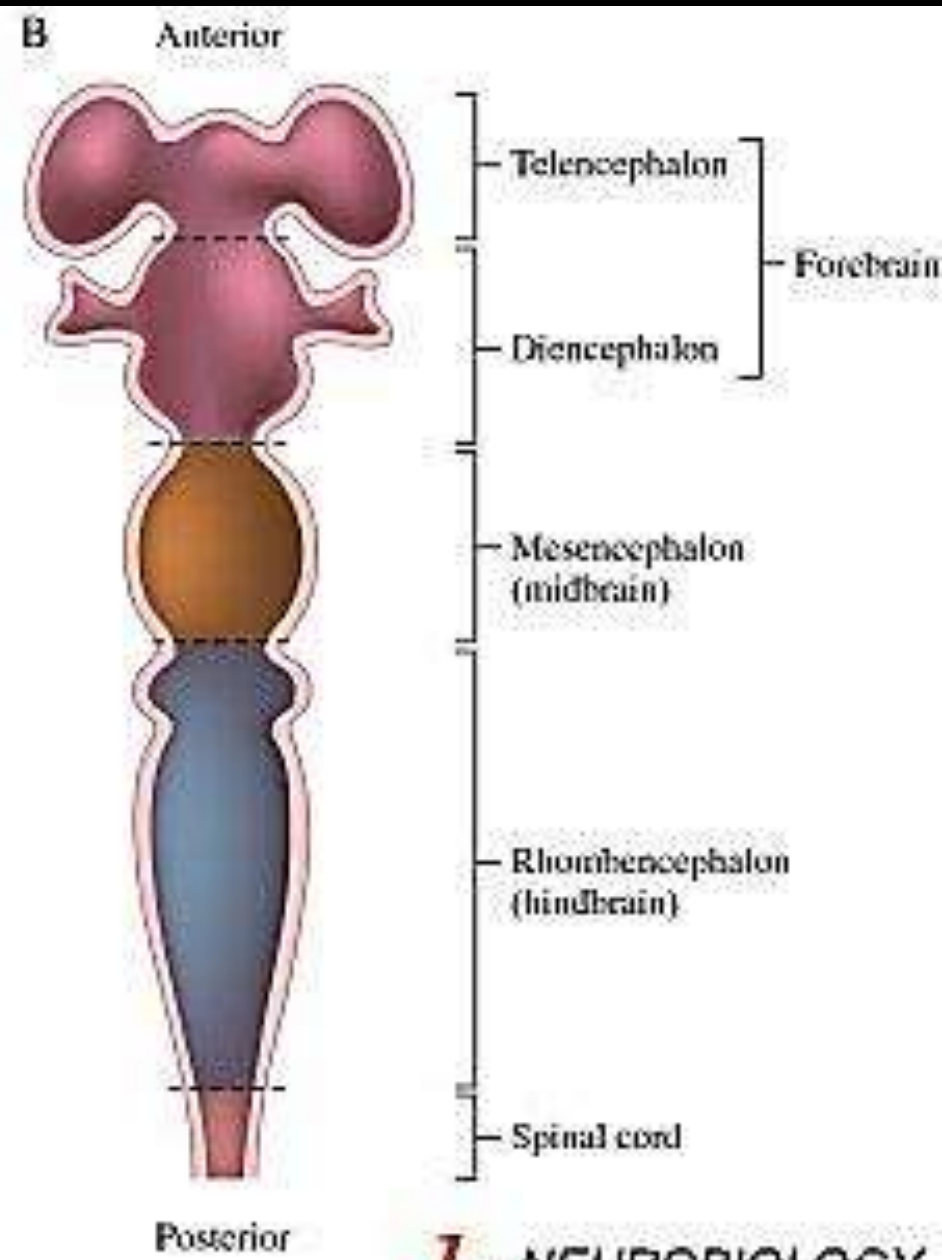
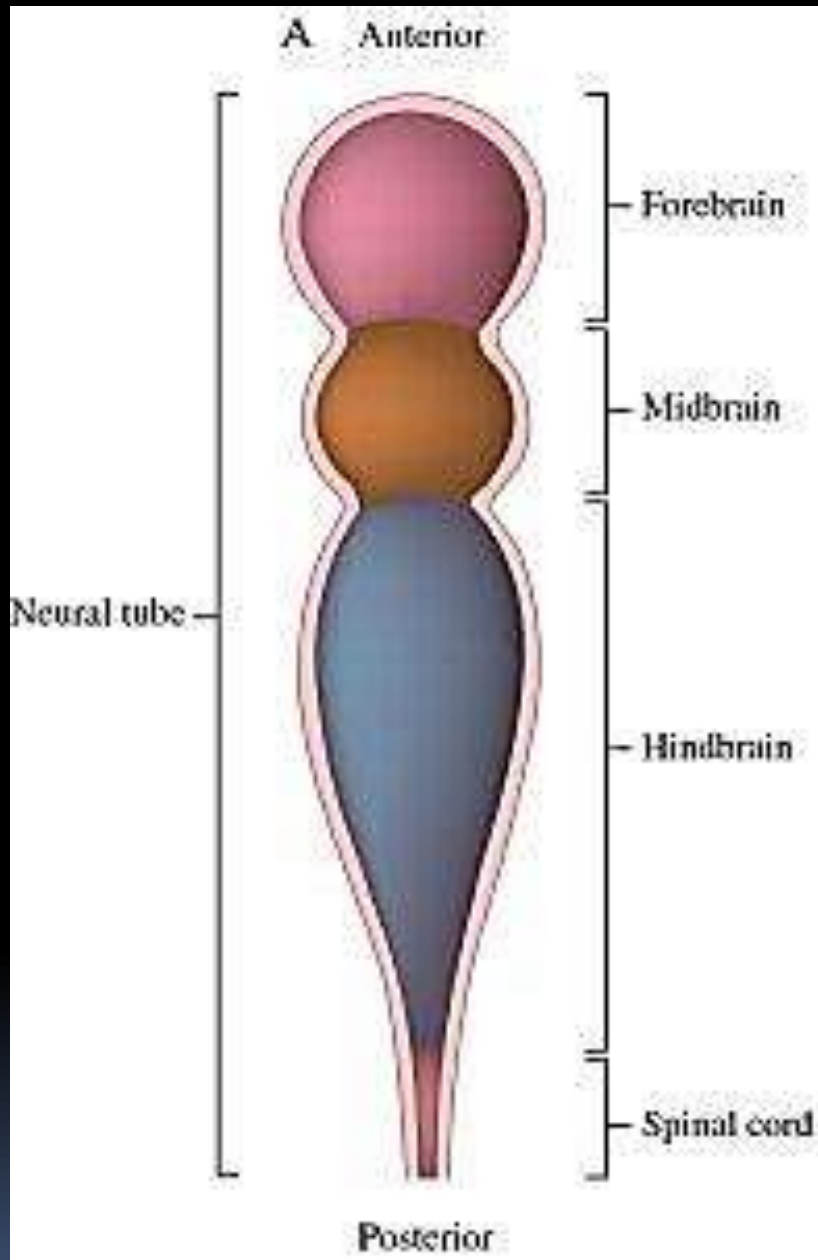


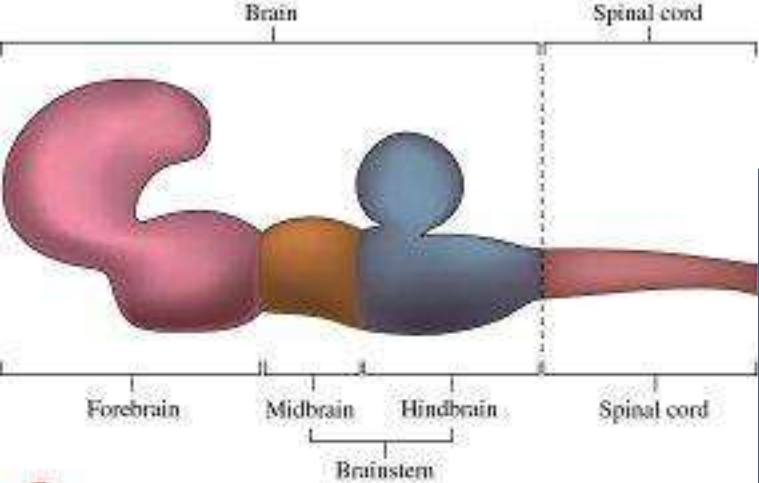
Vývoj mozku a původní zpracování smyslových vstupů

Mozek vzniká z rostrální části nervové trubice



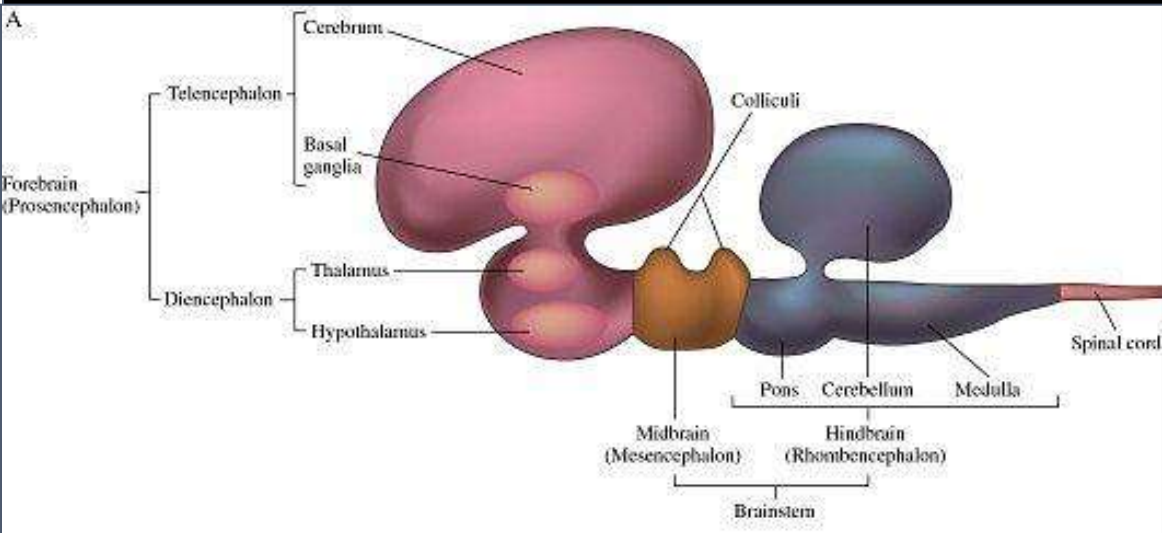
Dráhy ze statokinetického čidla a orgánu postranní čáry



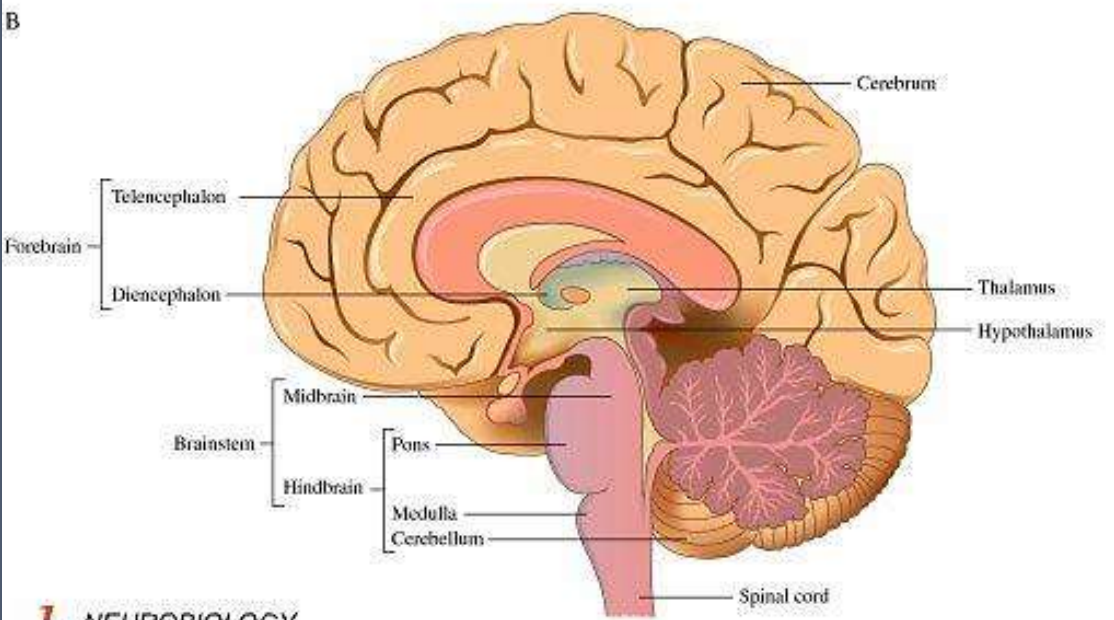


b NEUROBIOLOGY
Gary G. Matthews
Blackwell
Science

A



B



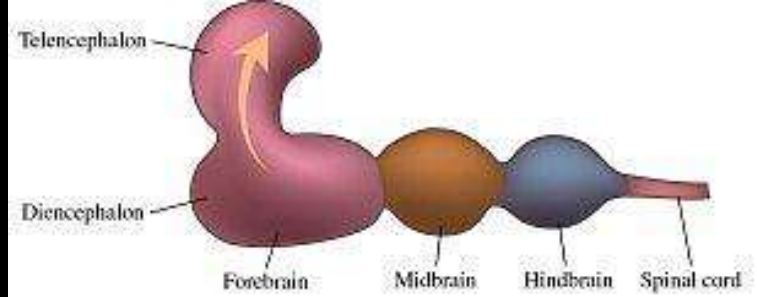
b NEUROBIOLOGY
Gary G. Matthews
Blackwell
Science

Vývoj probíhá zejména v rostrální a dorzální oblasti

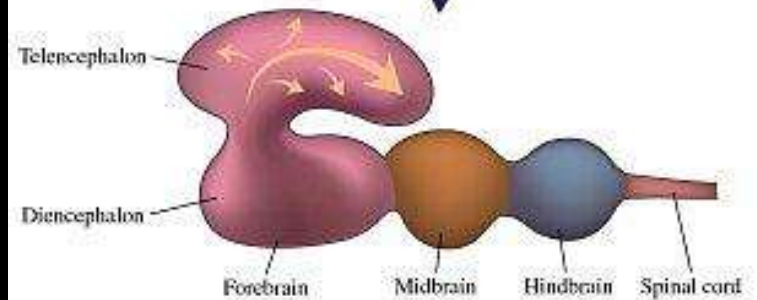
Dominance telencefala

Vývoj kortexu

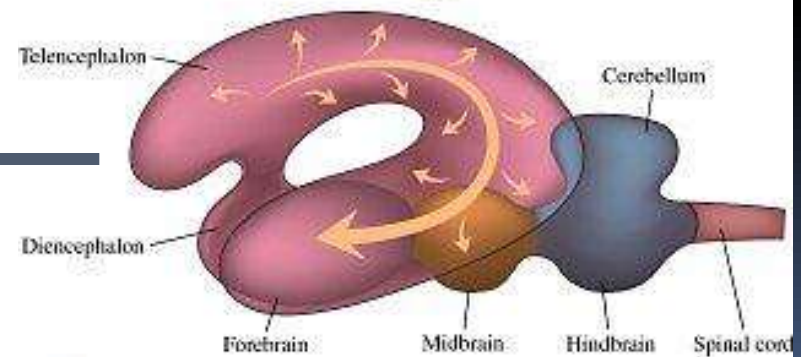
Ontogeneze mozku



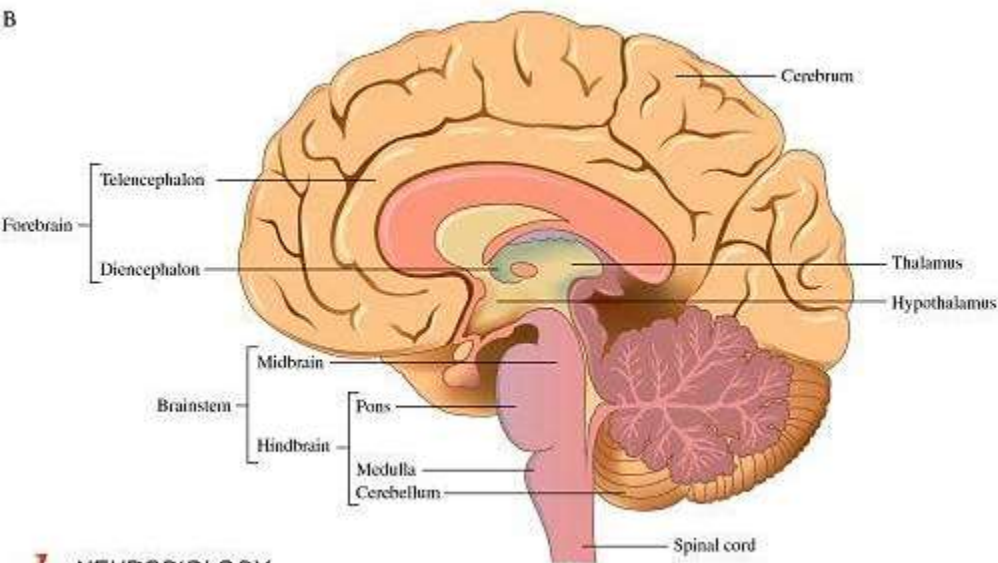
Development



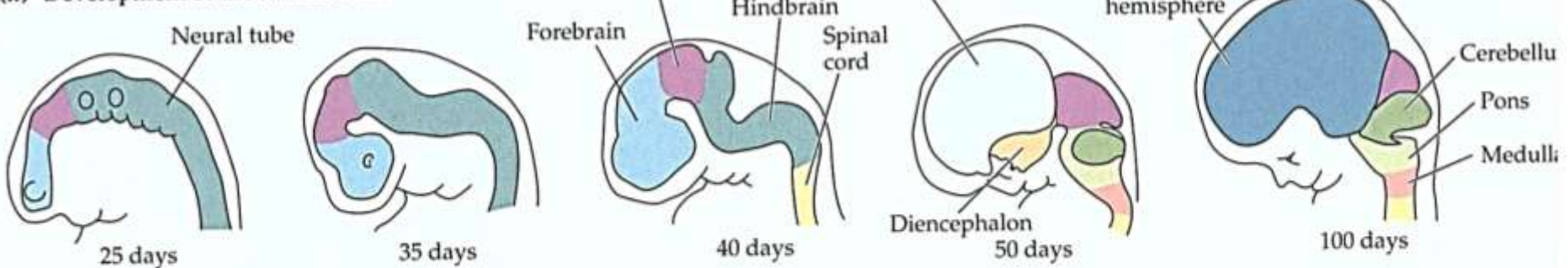
Development



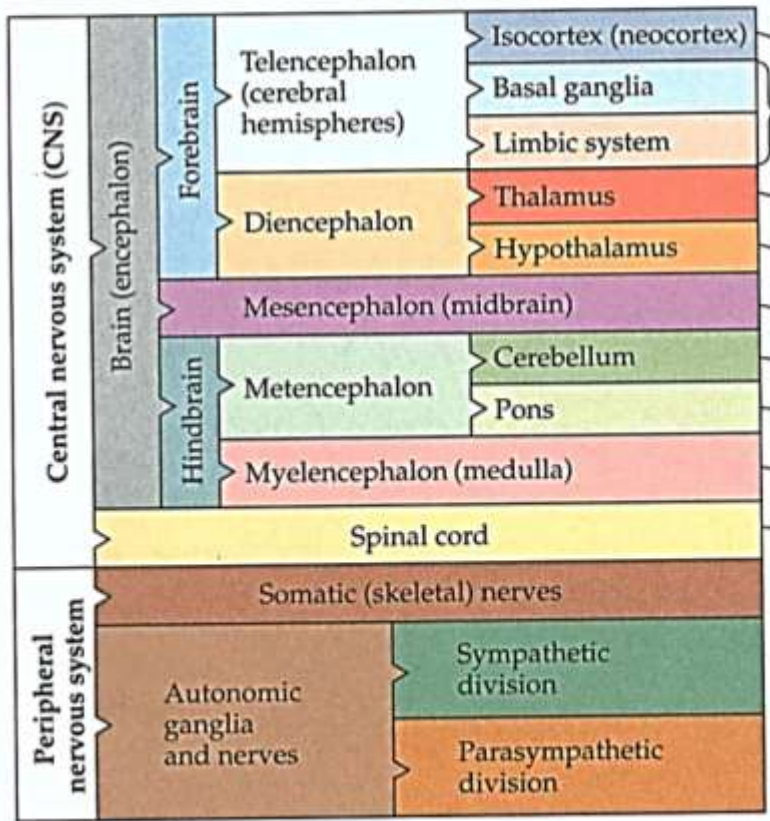
B



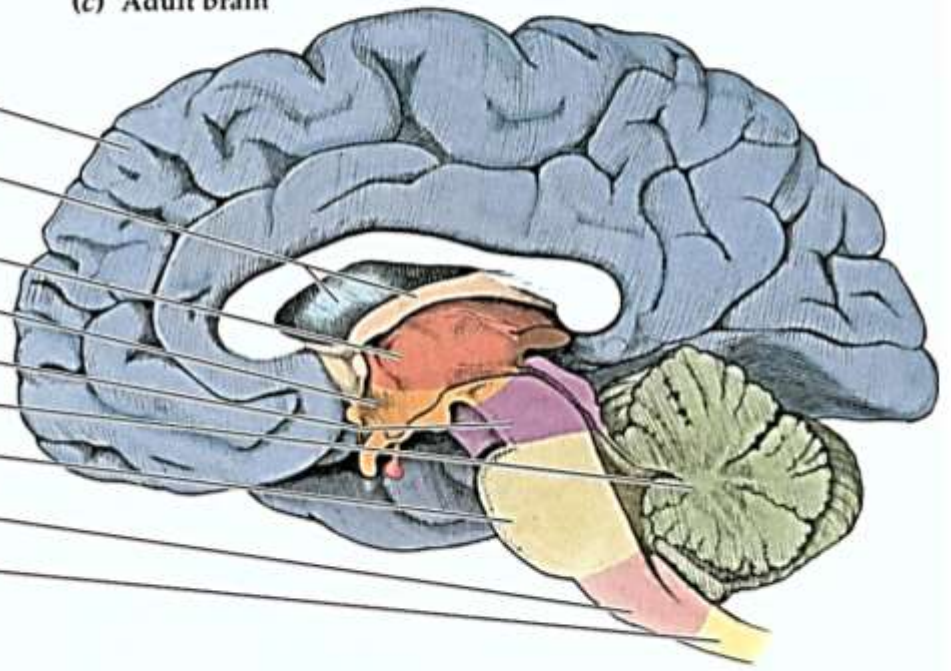
(a) Development of the human brain



(b) Divisions of the nervous system

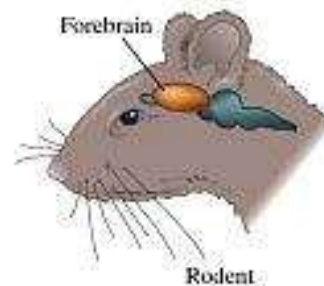
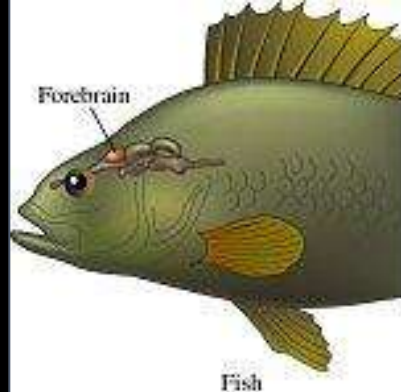


(c) Adult brain



2.14 Divisions of the Human Nervous System in the Embryo and the Adult (a) A few weeks after conception, the head end of the neural tube shows three main divisions. About 50 days after conception, five main divisions of the brain are visible. (b) The organization of these divisions schematically; (c) their positions in the adult brain.

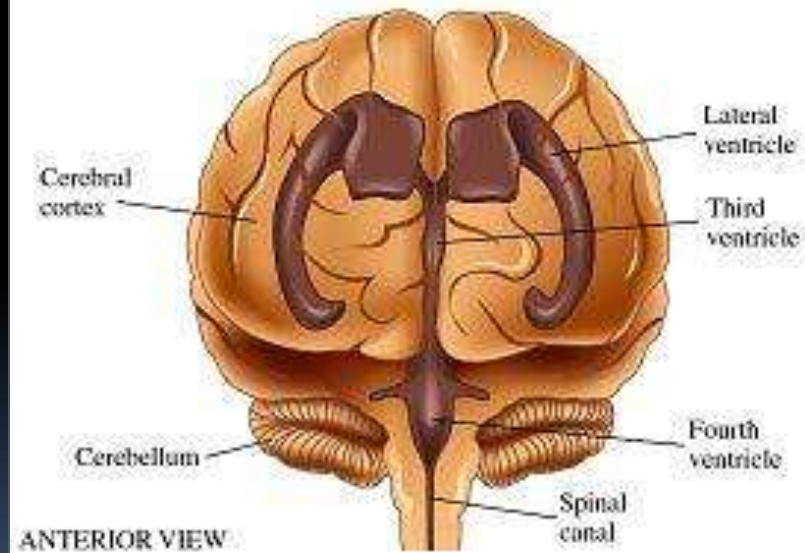
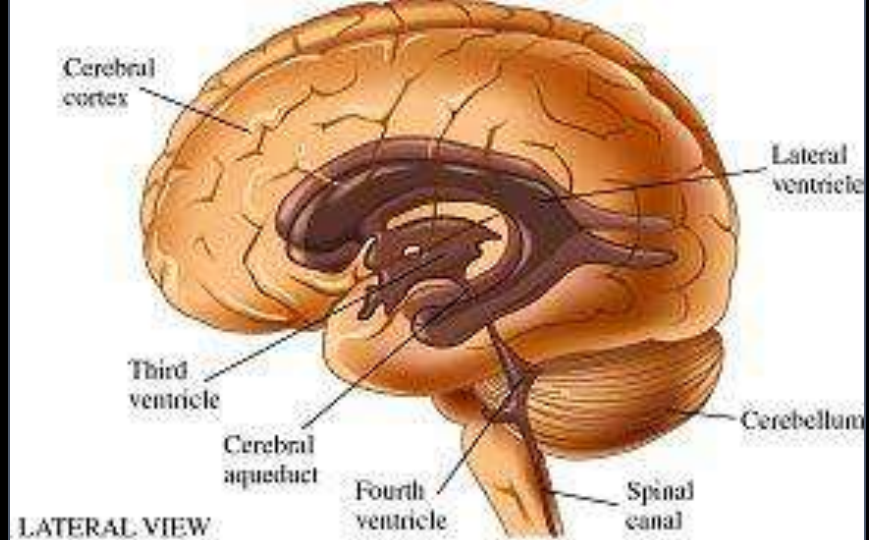
Dominance telencefala, ale jen u savců, zejména primátů



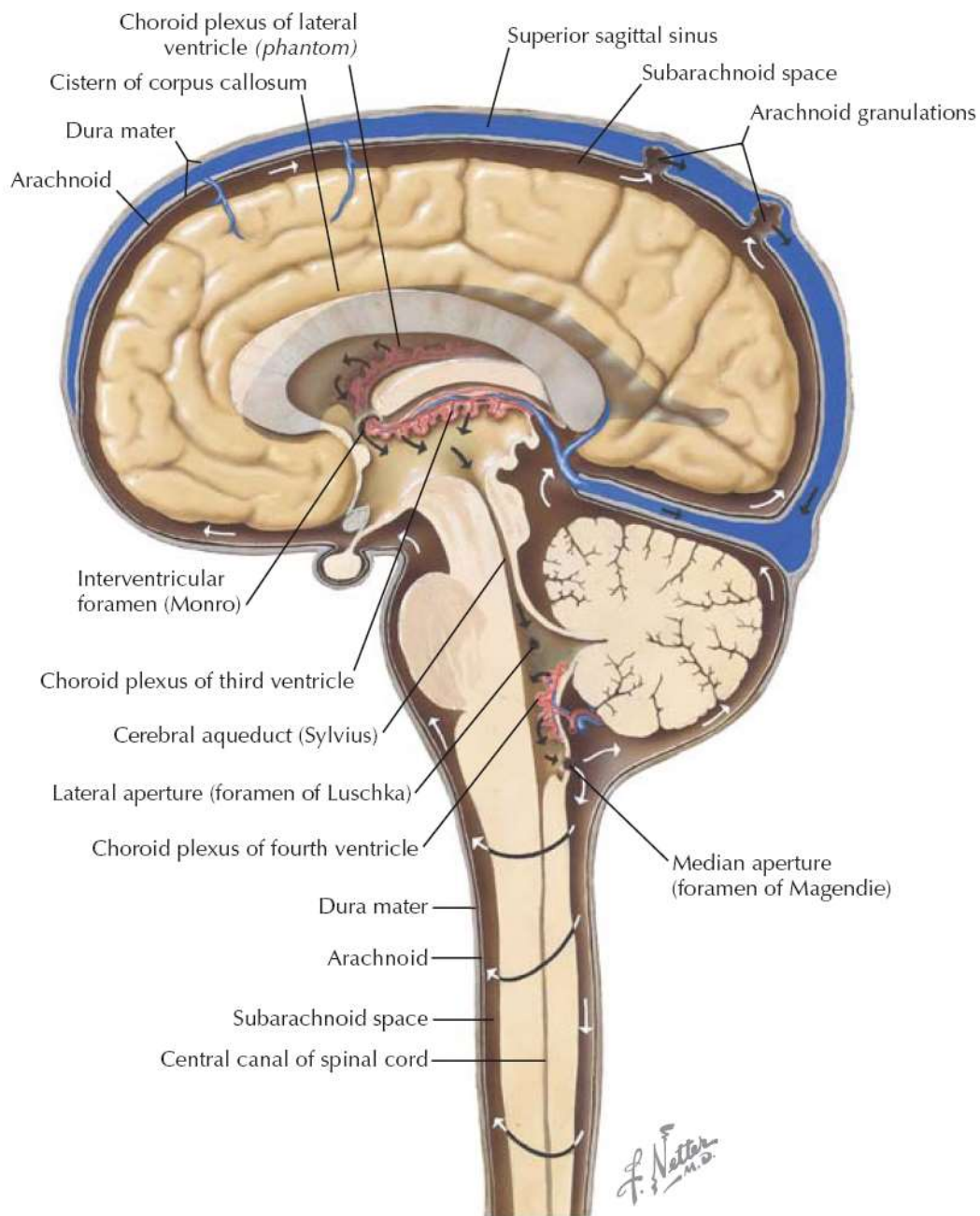
Mozkové komory –

Svědectví trubicovitého počátku

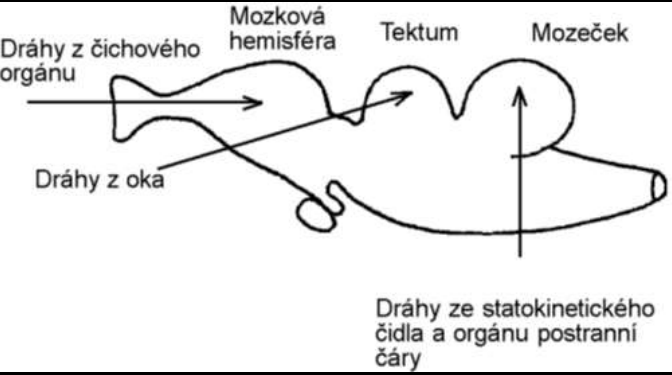
Mozkomíšní mok: ochrana, výživa, imunita, hematoencefalická bariéra



Tvorba a cirkulace mozkomíšního moku

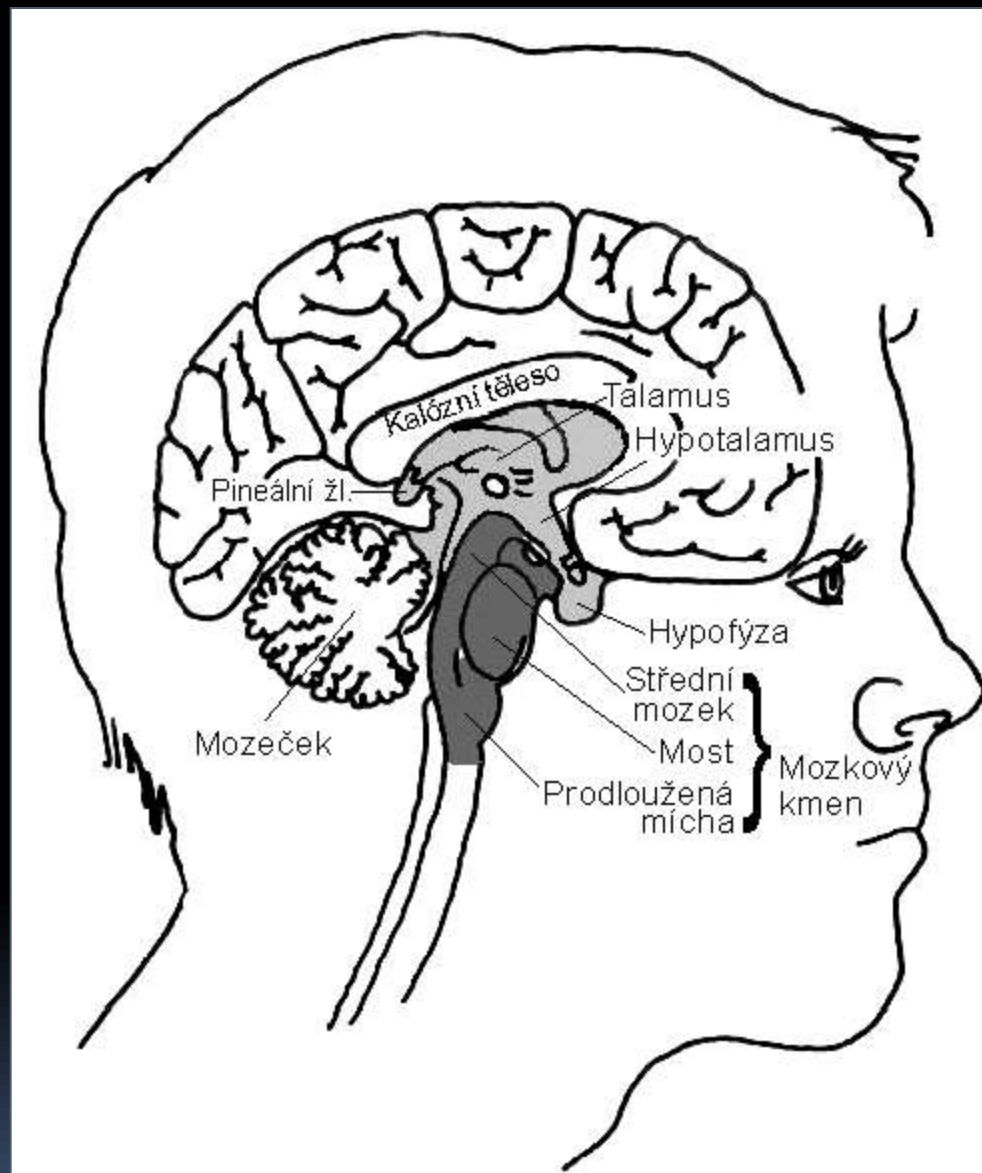


Vztah mezi lokalizací vstupů a funkcí.

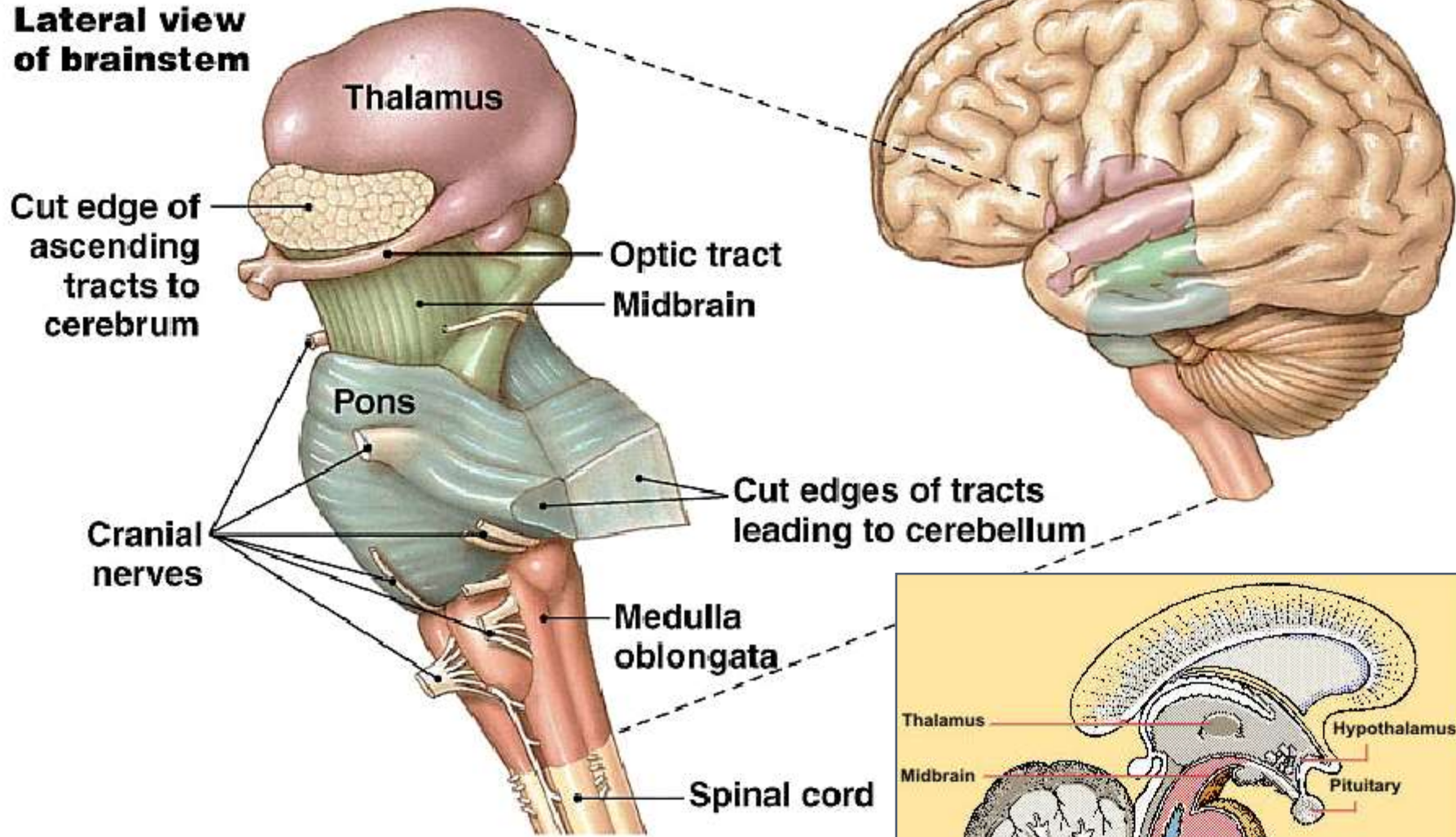


- I. ČICHOVÉ NERVY** (Olfactory nerves)
- II. ZRAKOVÝ NERV** (Optic nerve)
- III. OKOHYBNÝ** (Oculomotor nerve)
- IV. KLADKOVÝ** (Trochlear nerve)
- V. TROJKLANNÝ** (Trigeminal nerve)
- VI. ODTAHOVACÍ** (Abducens nerve)
- VII. LÍCNÍ** (Facial nerve)
- VIII. SLUCHOVĚROVNOVÁŽNÝ** (Vestibulocochlear nerve)
- IX. JAZYKOHLTANOVÝ** (Glossopharyngeal nerve)
- X. BLOUDIVÝ** (Vagus nerve)
- XI. PŘÍDATNÝ** (Accessory nerve)
- XII. PODJAZYKOVÝ** (Hypoglossal nerve)

Mozkový kmen



Lateral view of brainstem

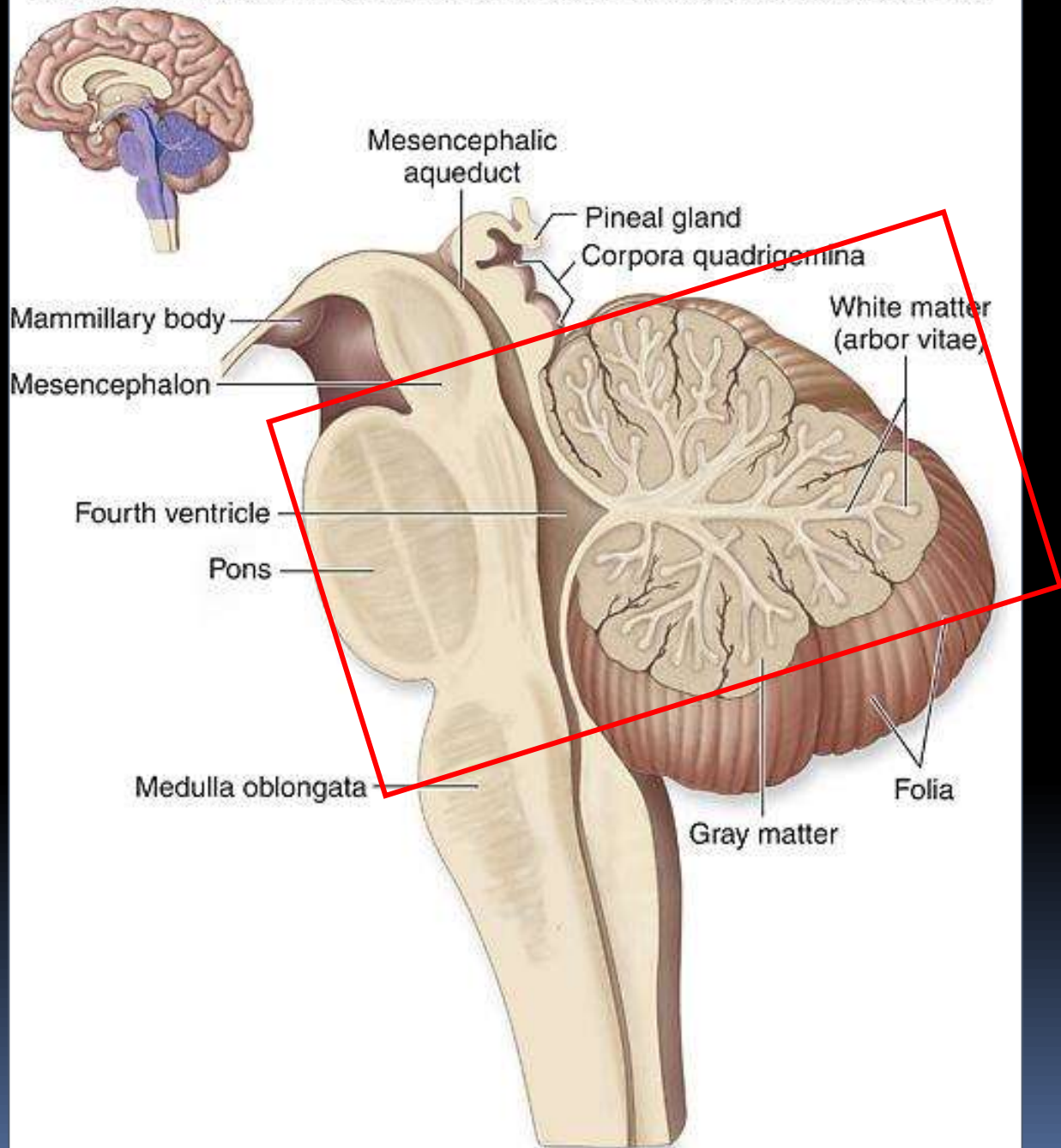


Mozkový kmen a prodloužená mícha

Metencefalon:

Pons Varoli – most
Řízení dechu, srdce

Cerebellum –
mozeček - pohyb



(a) Midsagittal section

Mezencefalón -

Střední mozek:

Původně hlavní
sensorické, asociační
a motorické centrum

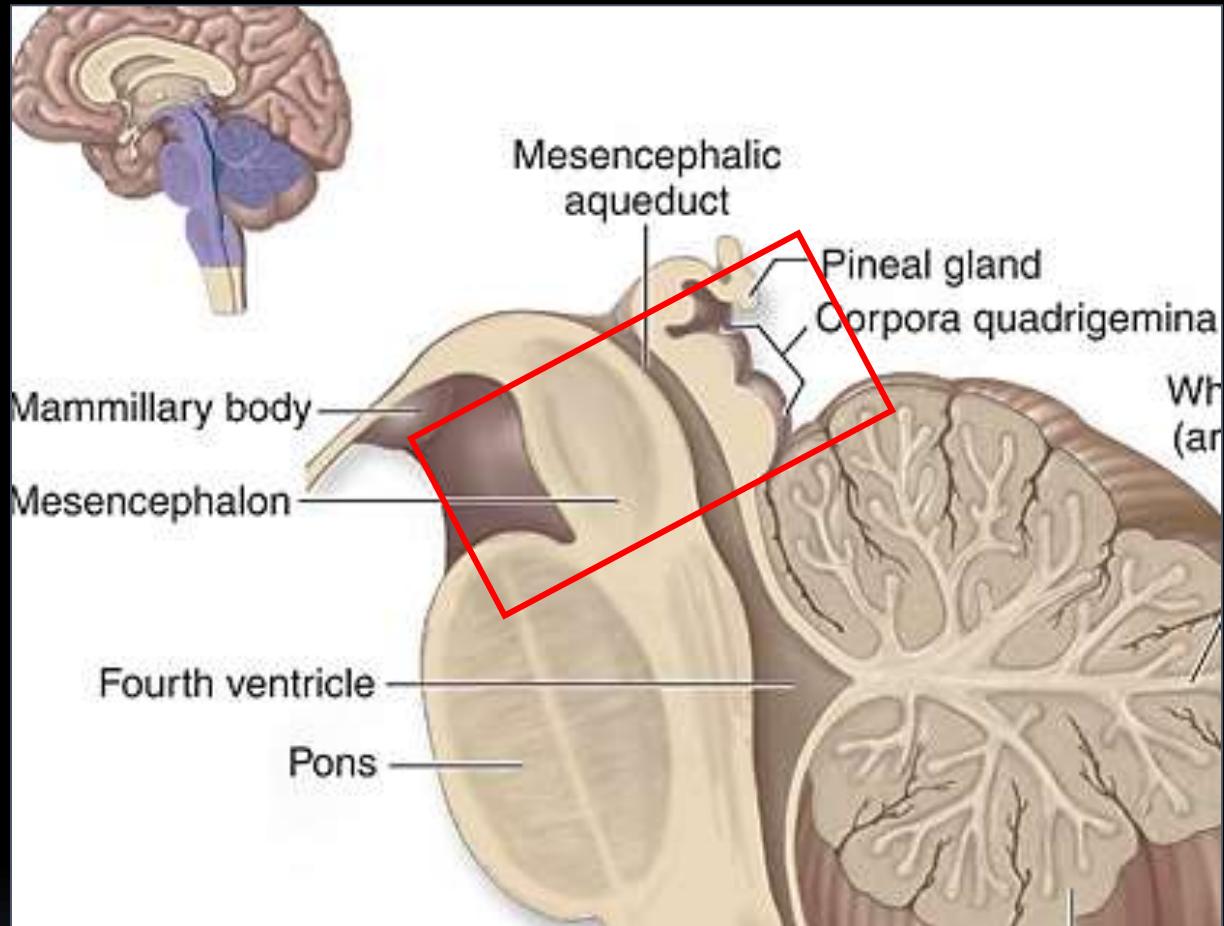
Savci: Tegmentum, Tectum
(střecha), zde čtverohrbolí

Tegmentum: příprava
motorických programů
Substantia nigra

Tectum:
Superior colliculus -
dříve zrakový nerv, pak
zrakové prostorové reflexy

Inferior colliculus -
sluchové reflexy

n. Okohybný - III
n. Kladkový - IV



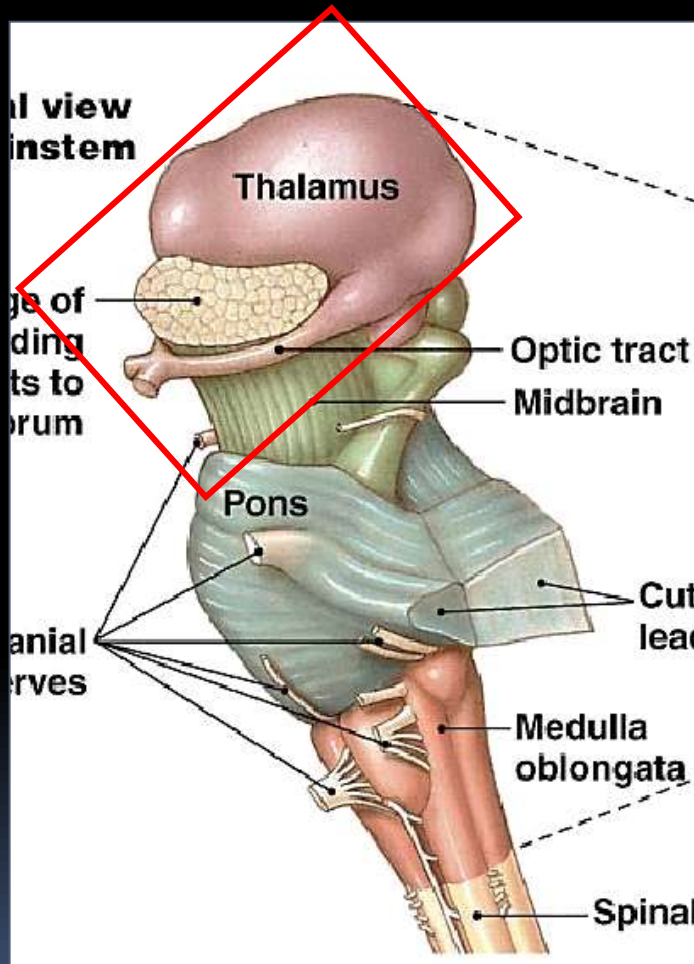
Diencefalon - Mezimozek

Stěny 3. mozkové komory

Hypotalamus reguluje homeostázu

Talamus – přepojovací stanice do a z koncového mozku, Hlavní integrační centrum motoriky plazů a ptáků

Epitalamus



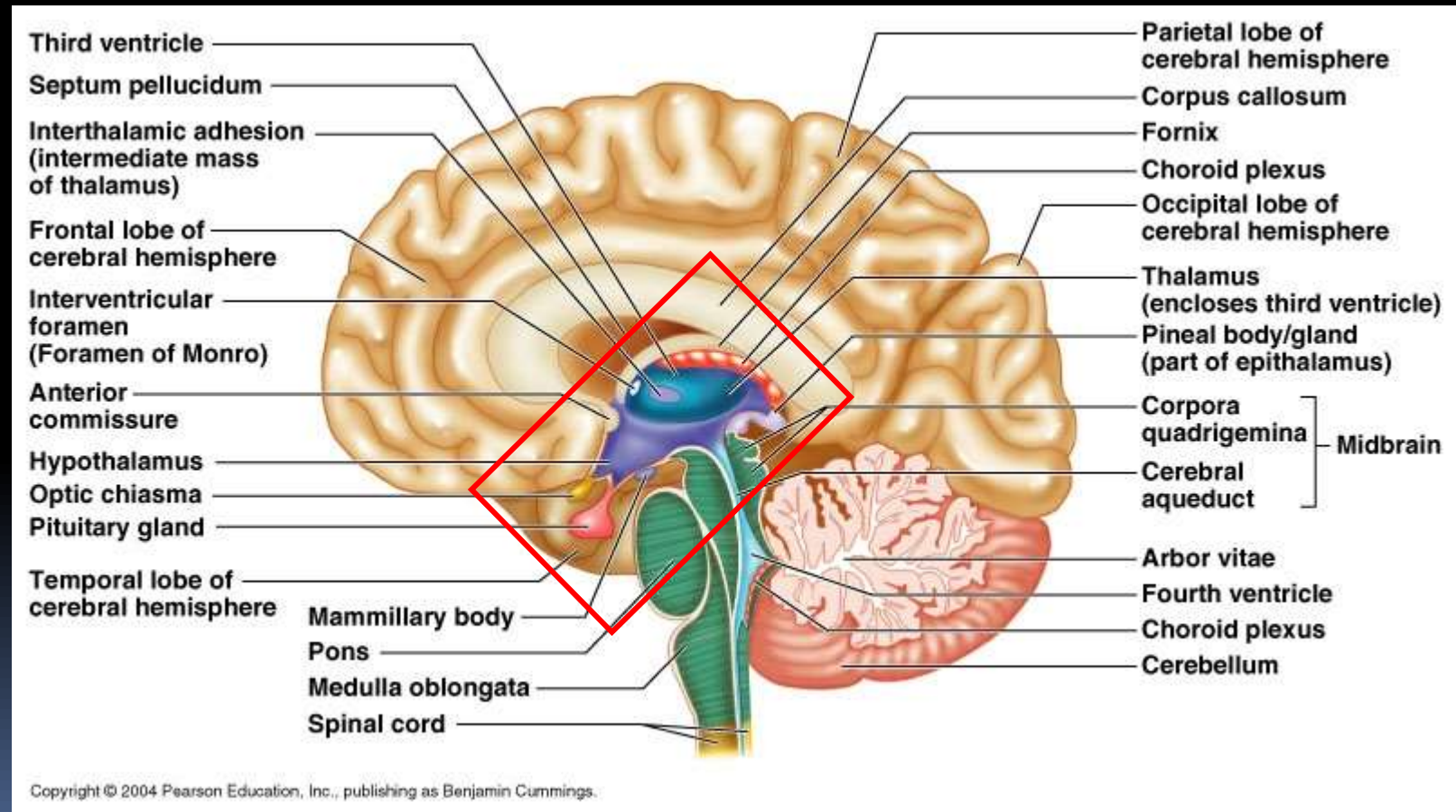
Diencefalon - Mezimozek

Stěny 3. mozkové komory

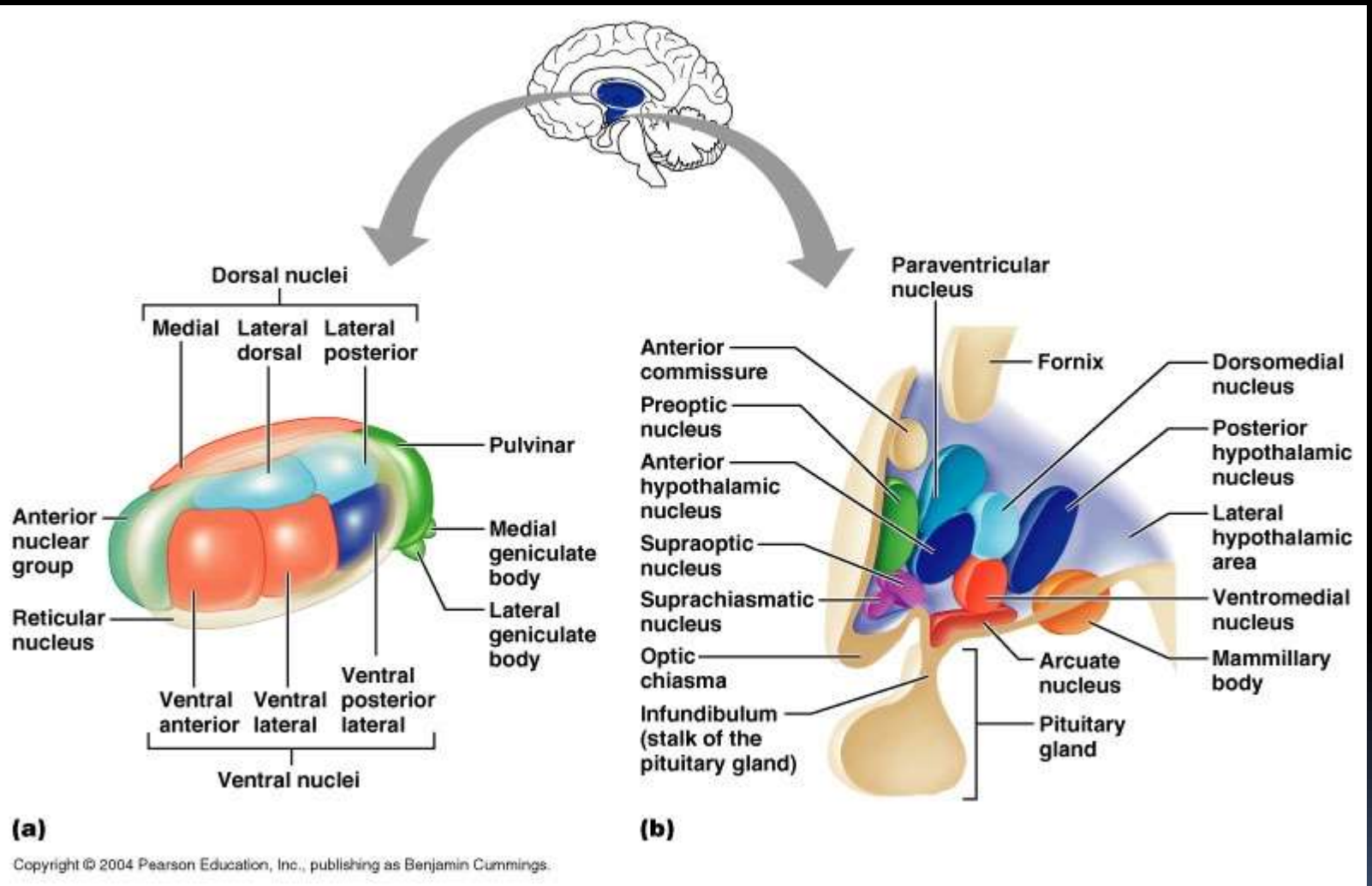
Hypothalamus reguluje homeostázu

Talamus – přepojovací stanice do a z koncového mozku, Hlavní integrační centrum motoriky plazů a ptáků

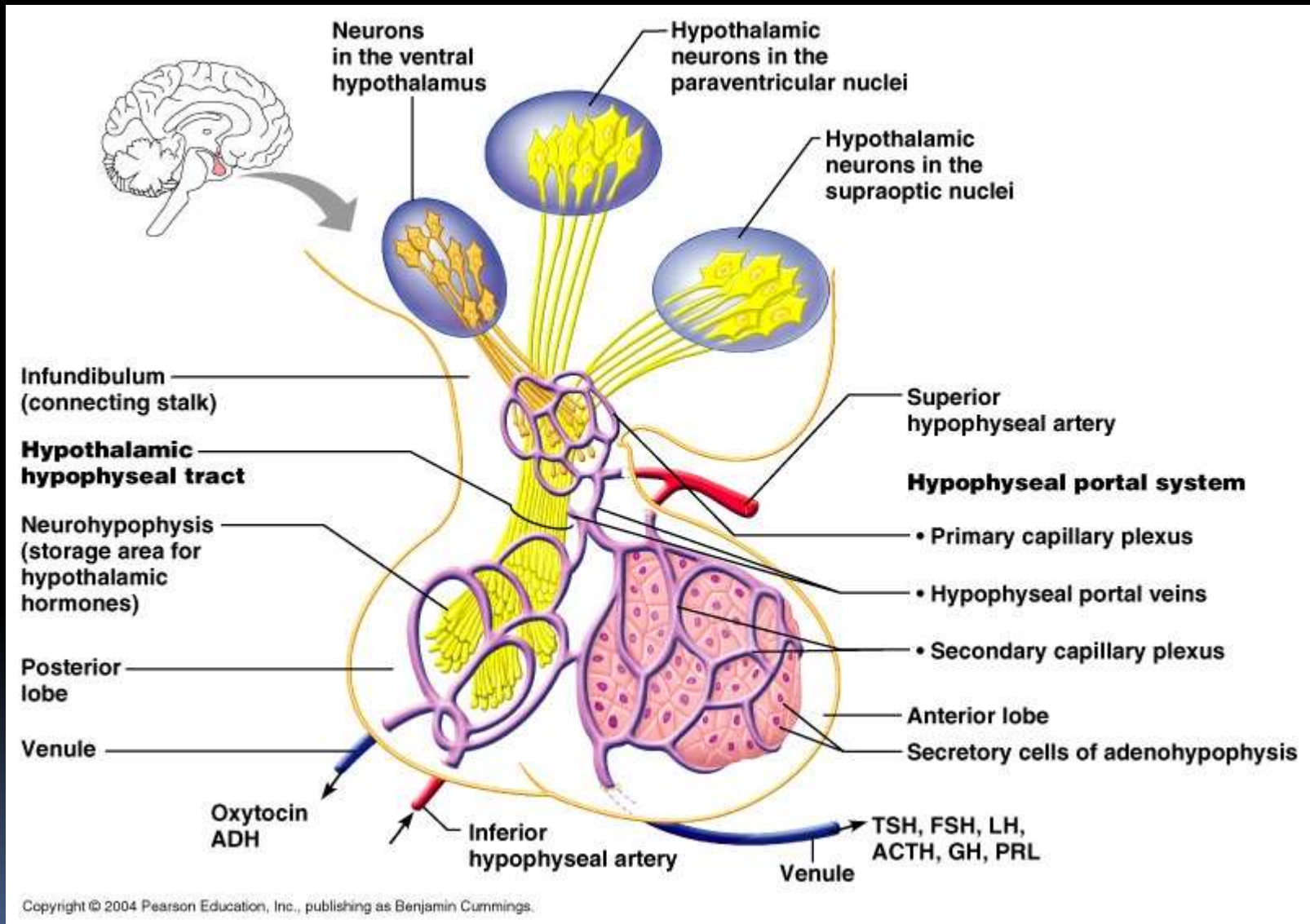
Epithalamus



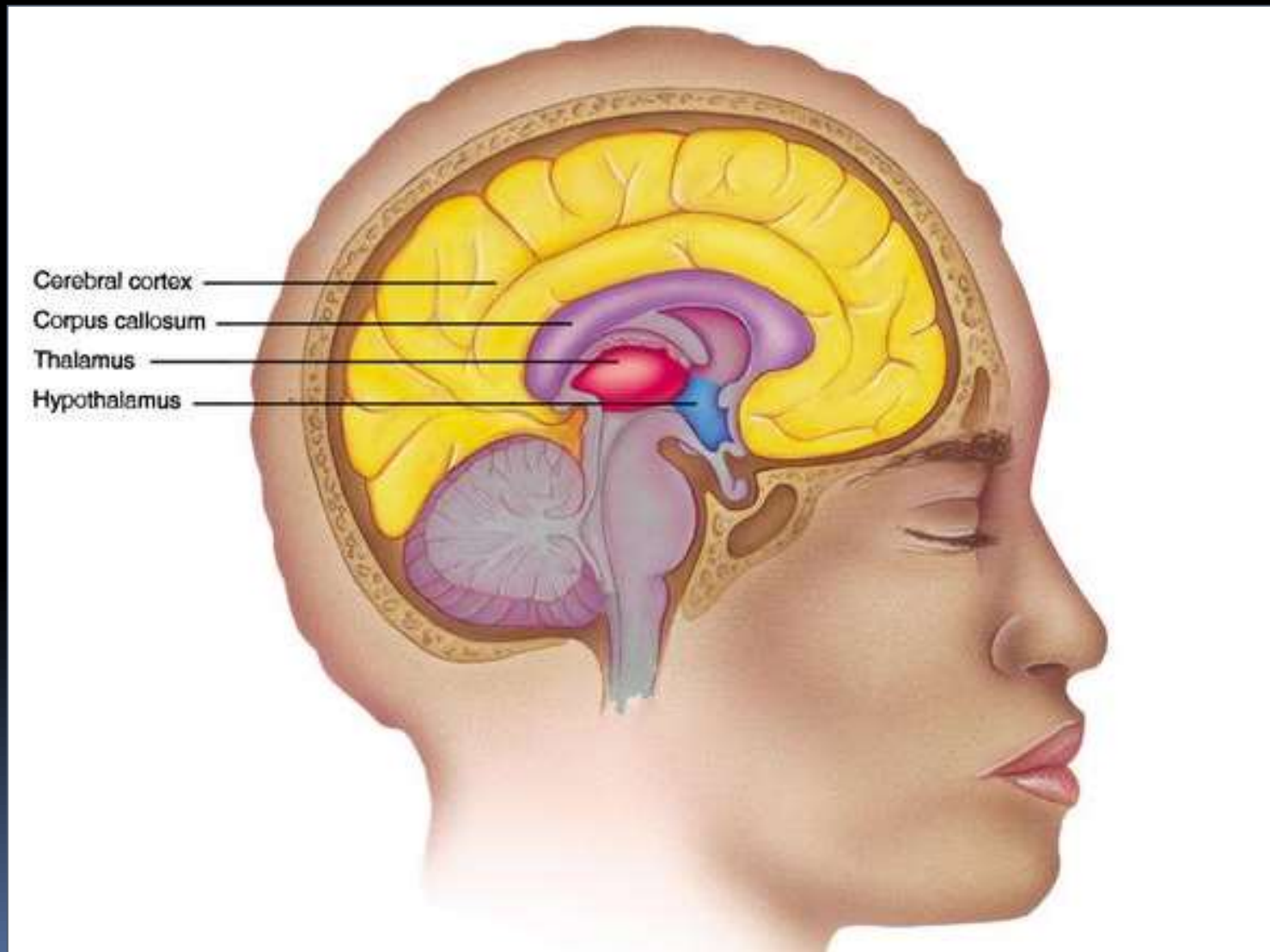
Organizace šedé hmoty do jader v talamu

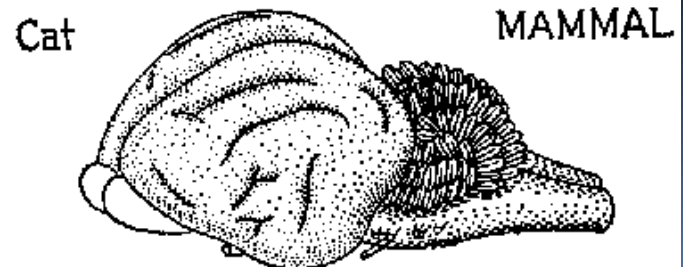
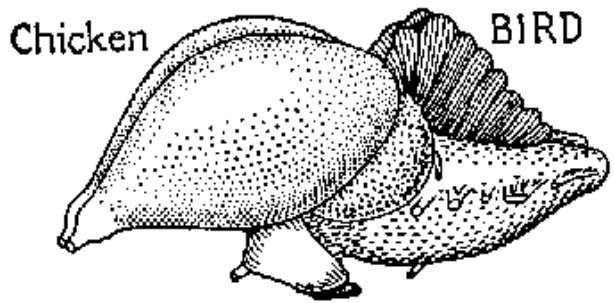
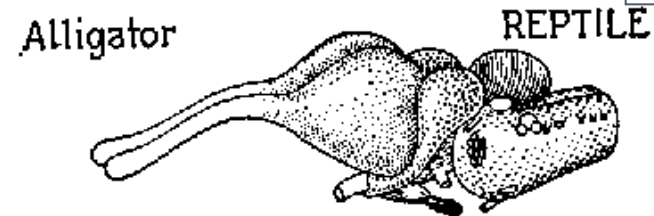


Hypothalamus – ventrální strana talamu

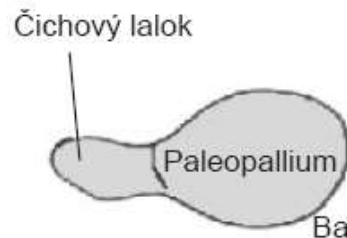


Koncový mozek - telencefalon

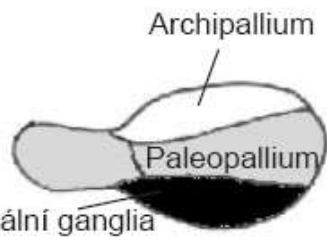
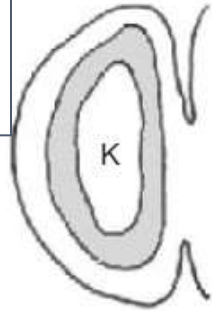




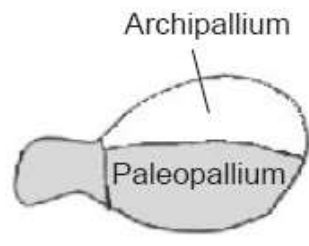
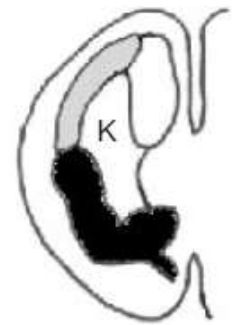
Vývoj kůry telencefala



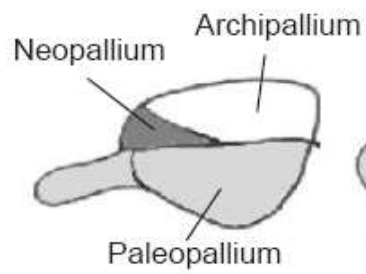
A. PRIMITIVNÍ STAV



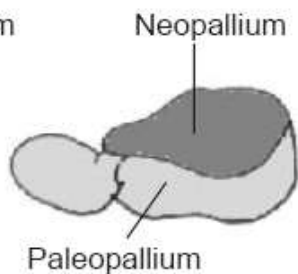
B. OBOJŽIVELNÍK



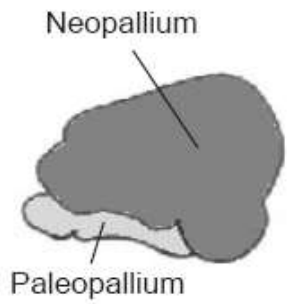
C. PRIMITIVNÍ PLAZ



D. POKROČILÝ PLAZ



E. PRIMITIVNÍ SAVEC

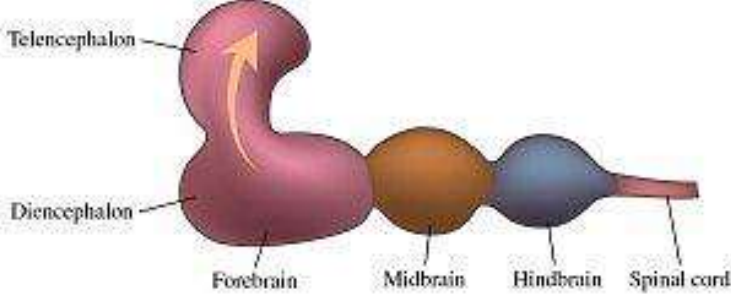


F. POKROČILÝ SAVEC



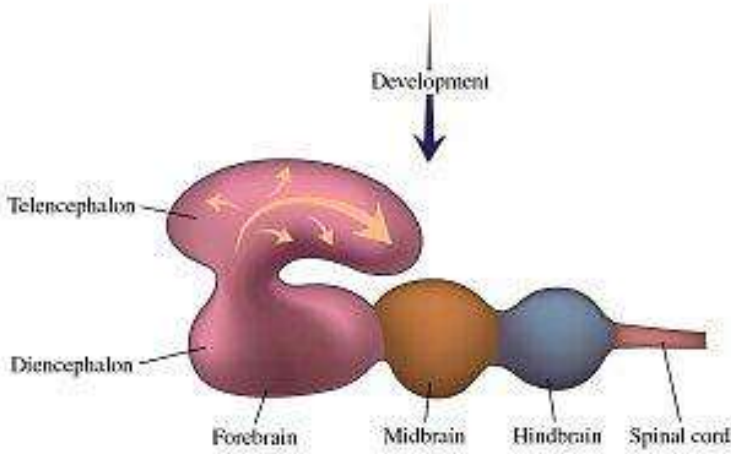
Baz

podkorové staré části



(a) Basal ga

Caudate nuc

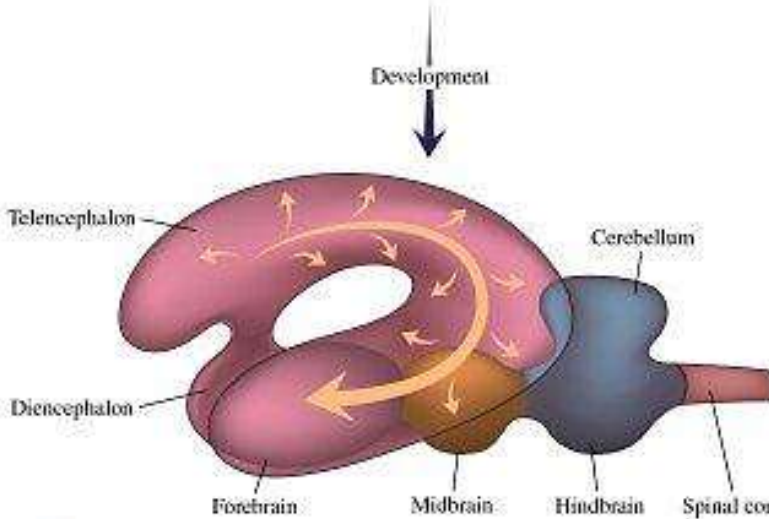


Putamen

Globus pallidus (lateral part)

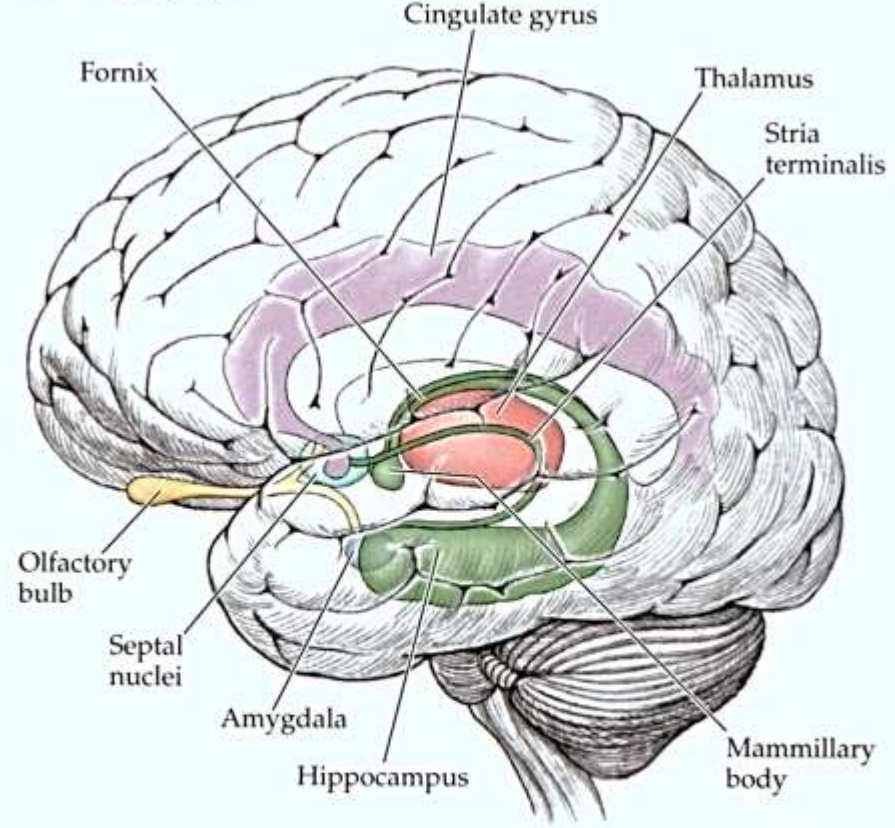
Globus pallidus (medial part)

Lentiform nucleus



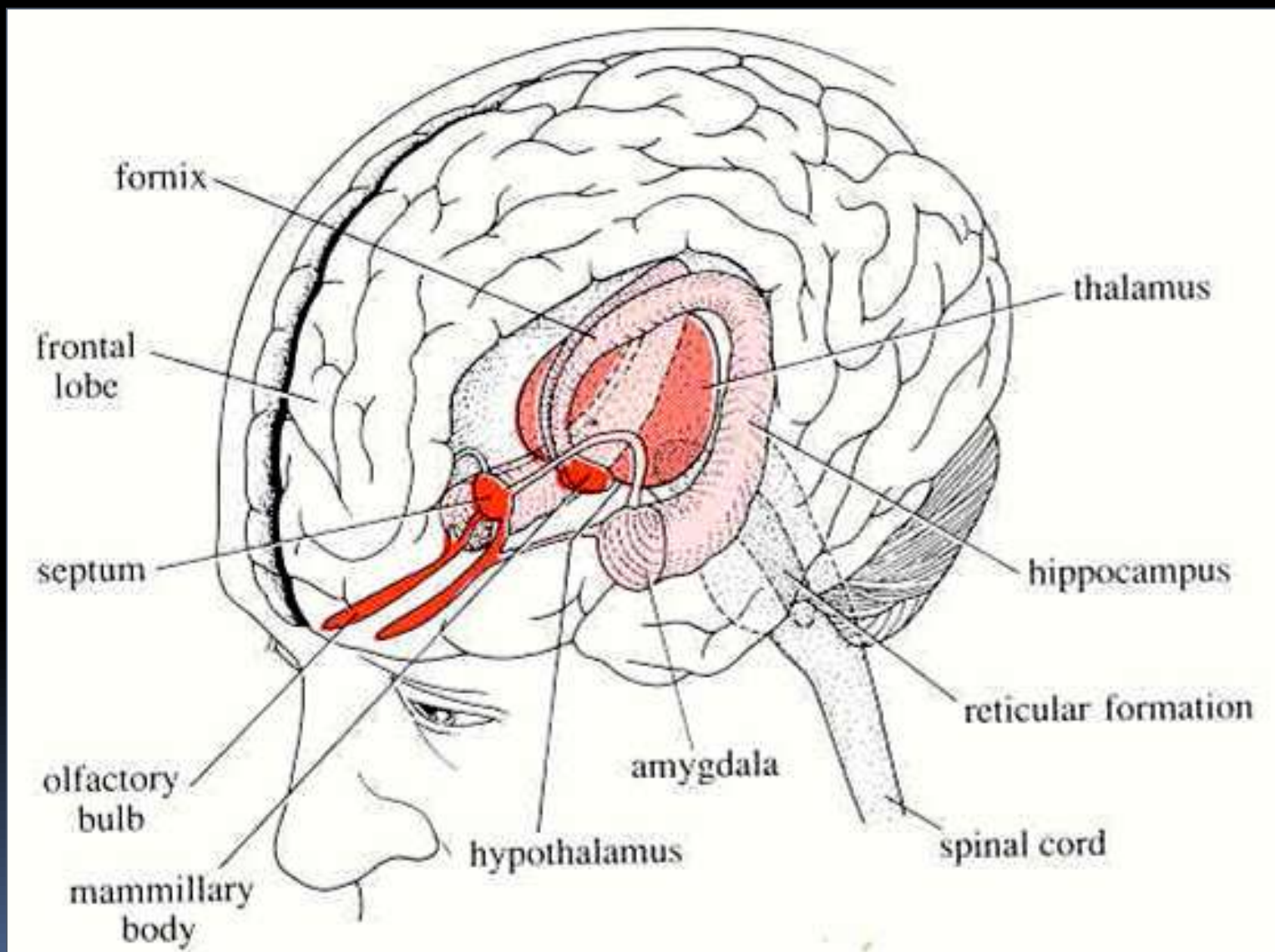
2.15 Two In
 globus pallidus
 limbic system-
 amygdala, an

(b) Limbic system

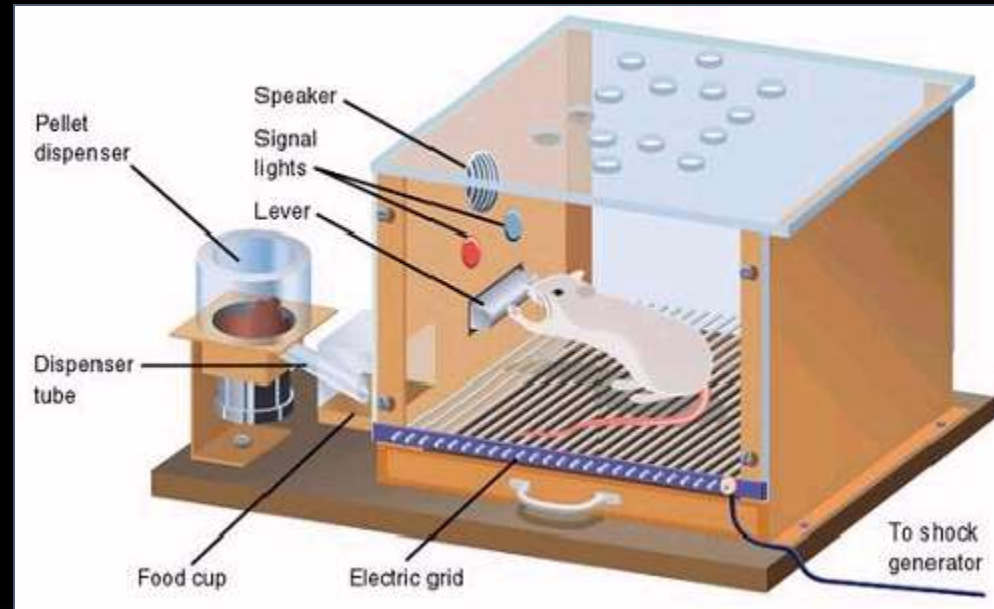
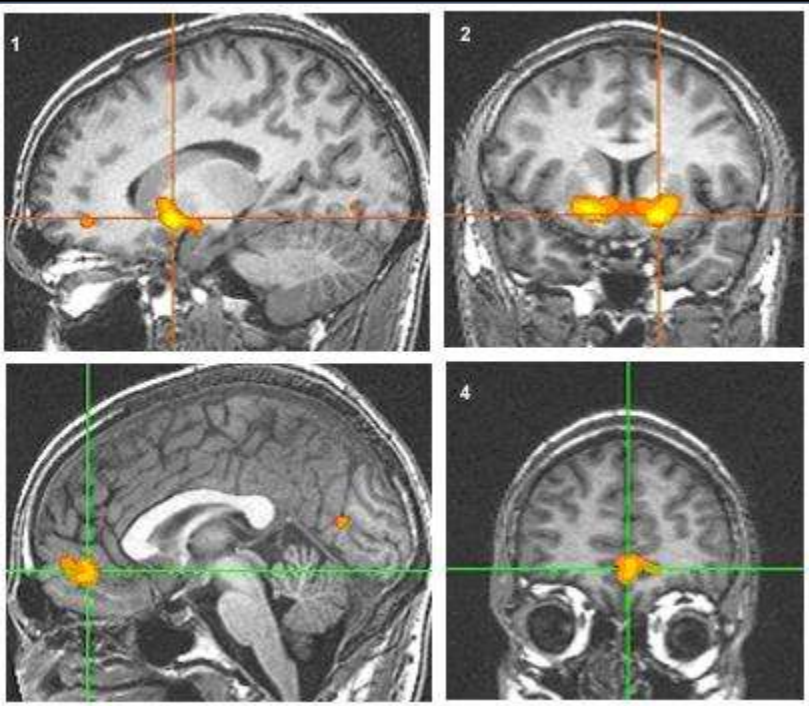


nucleus, putamen,
 movement. (b) The
 terminalis, olfactory bulb,
 memory.

Limbecký systém – substrát emocí, motivace a základu učení



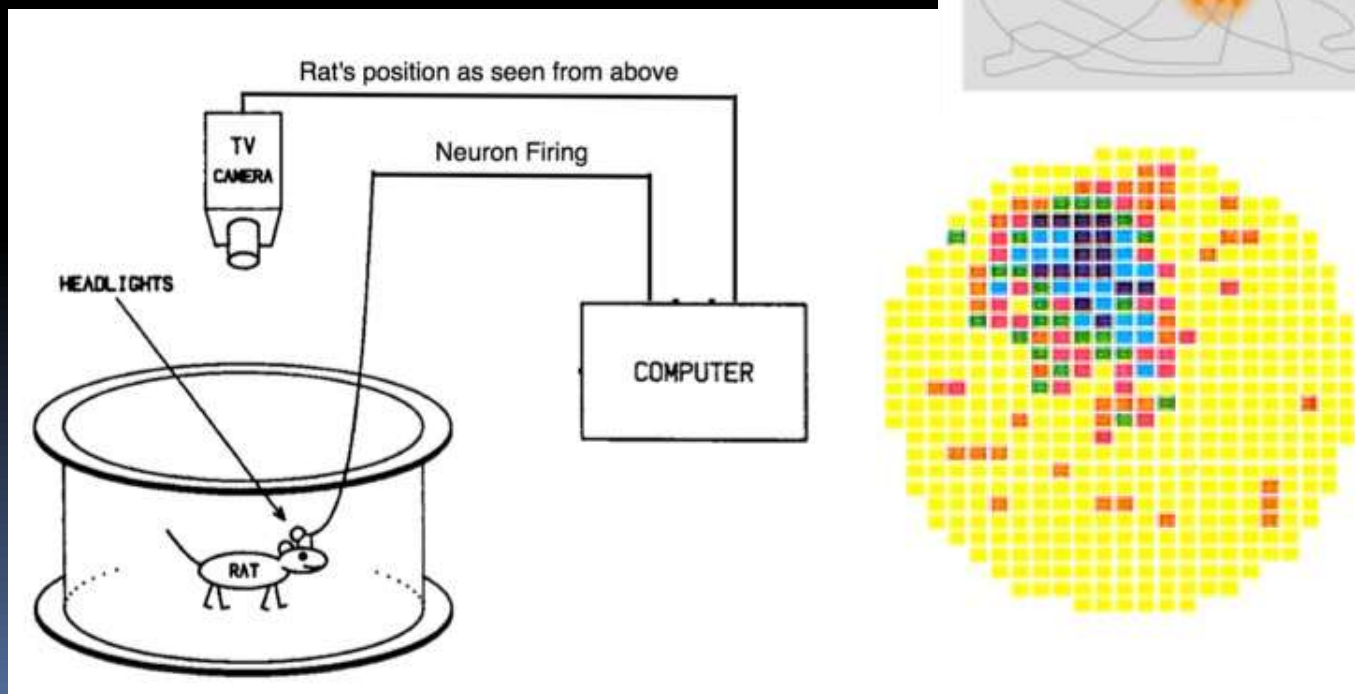
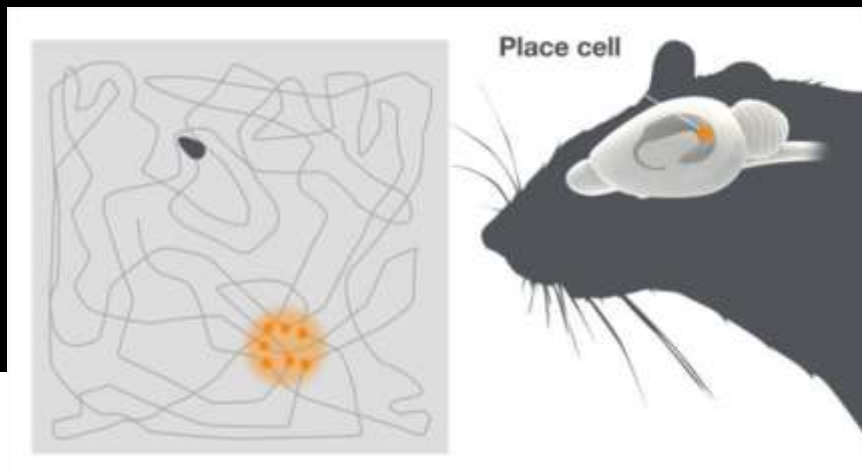
Součástí limbického sst. (patří k bazálním gangliím) je Nucleus accumbens. Objeveno v 50'. Myš vynechala kromě spánku všechny aktivity aby je mohla páčkou stimulovat. Součást samoodměňovacího systému mozku. Procesy odměny a posilování spojené s dopaminovou a serotoninovou sekrecí.



NACC je člověka je aktivováno při naplnění nebo i představě finanční, potravní, sexuální atd. odměny.

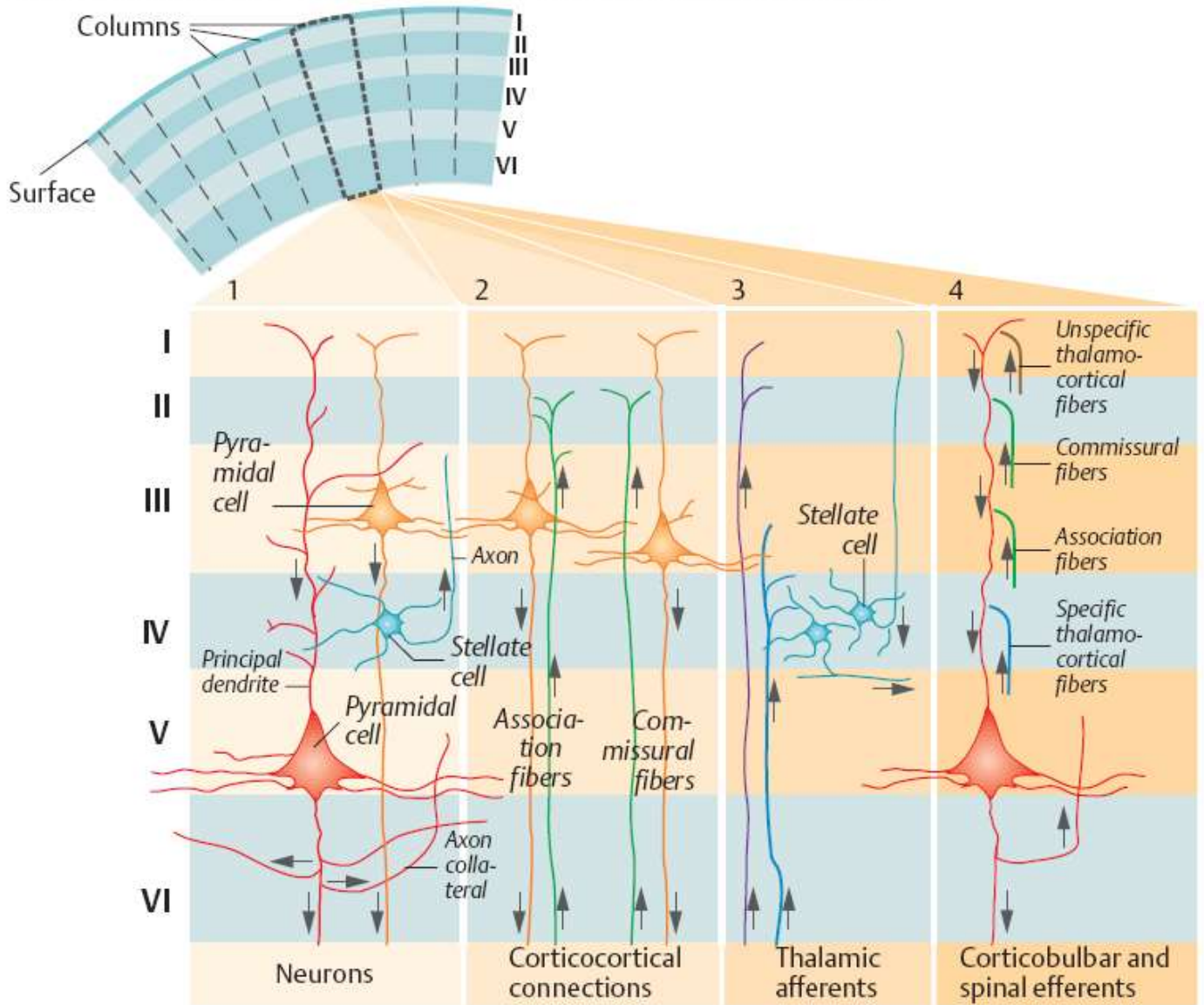
Place cells – „buňky místa“ v hipokampu

Nobelova cena 2014



Neokortex

A. Cortical layers I-VI (multiple view of a single-cortex column)



(After Szentágothai and Birbaumer/Schmidt)

Vertikální členění:
do sloupců

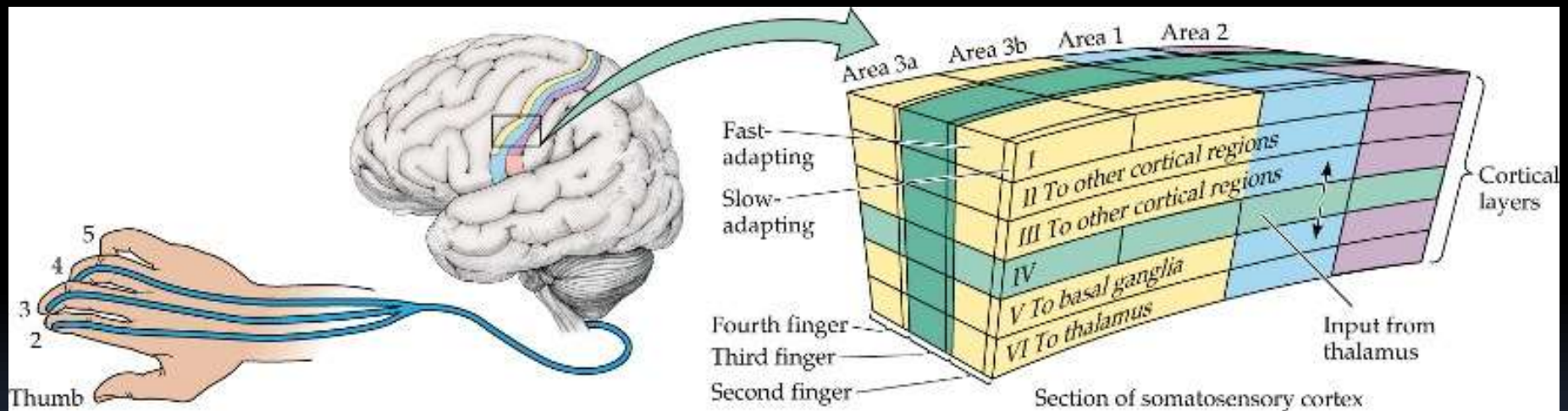
Horizontální:
6 vrstev šedé kůry

15-25 miliard v
lidském mozku

Neokortex

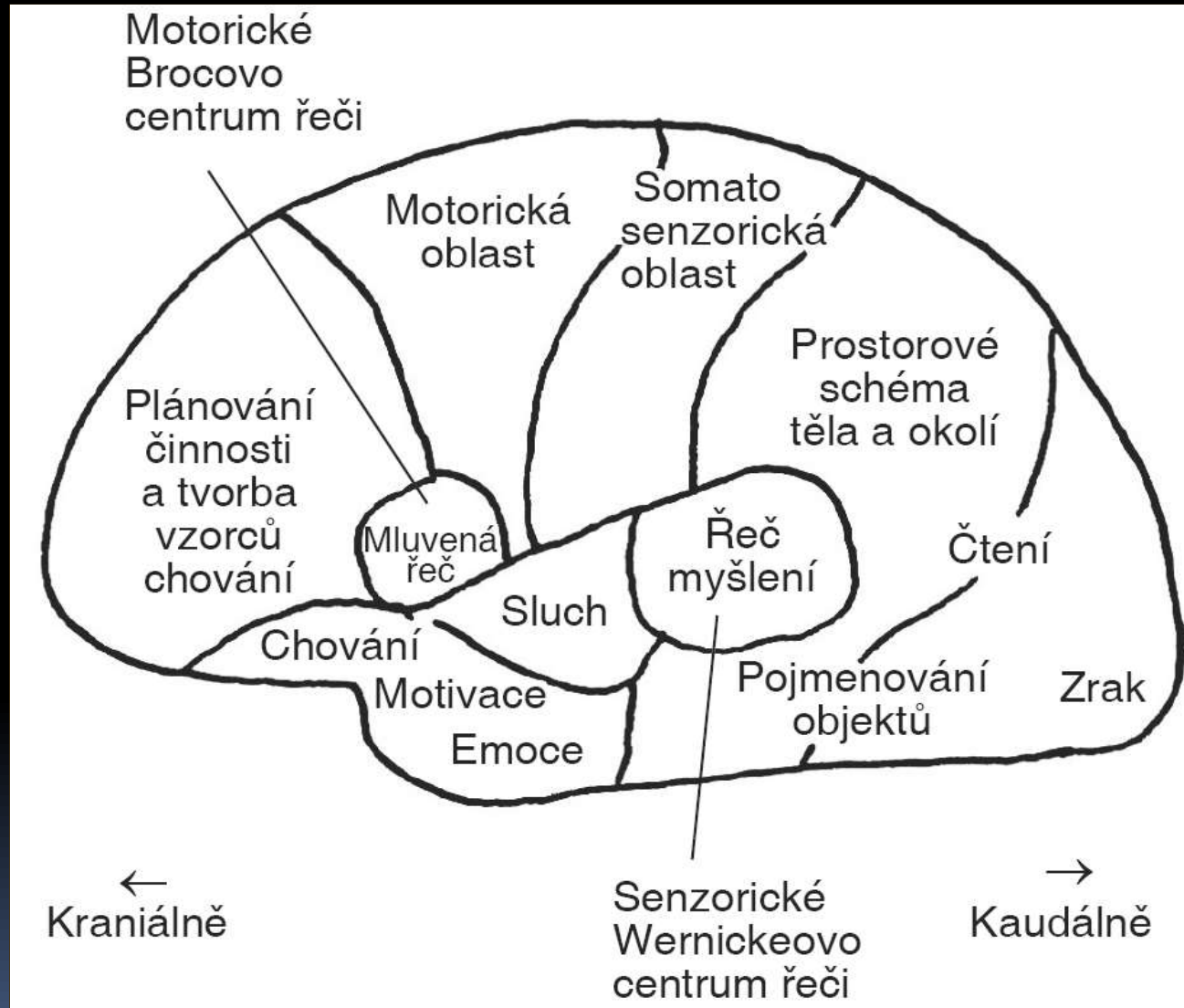
Vertikální členění:
do sloupců

Horizontální:
6 vrstev šedé kůry

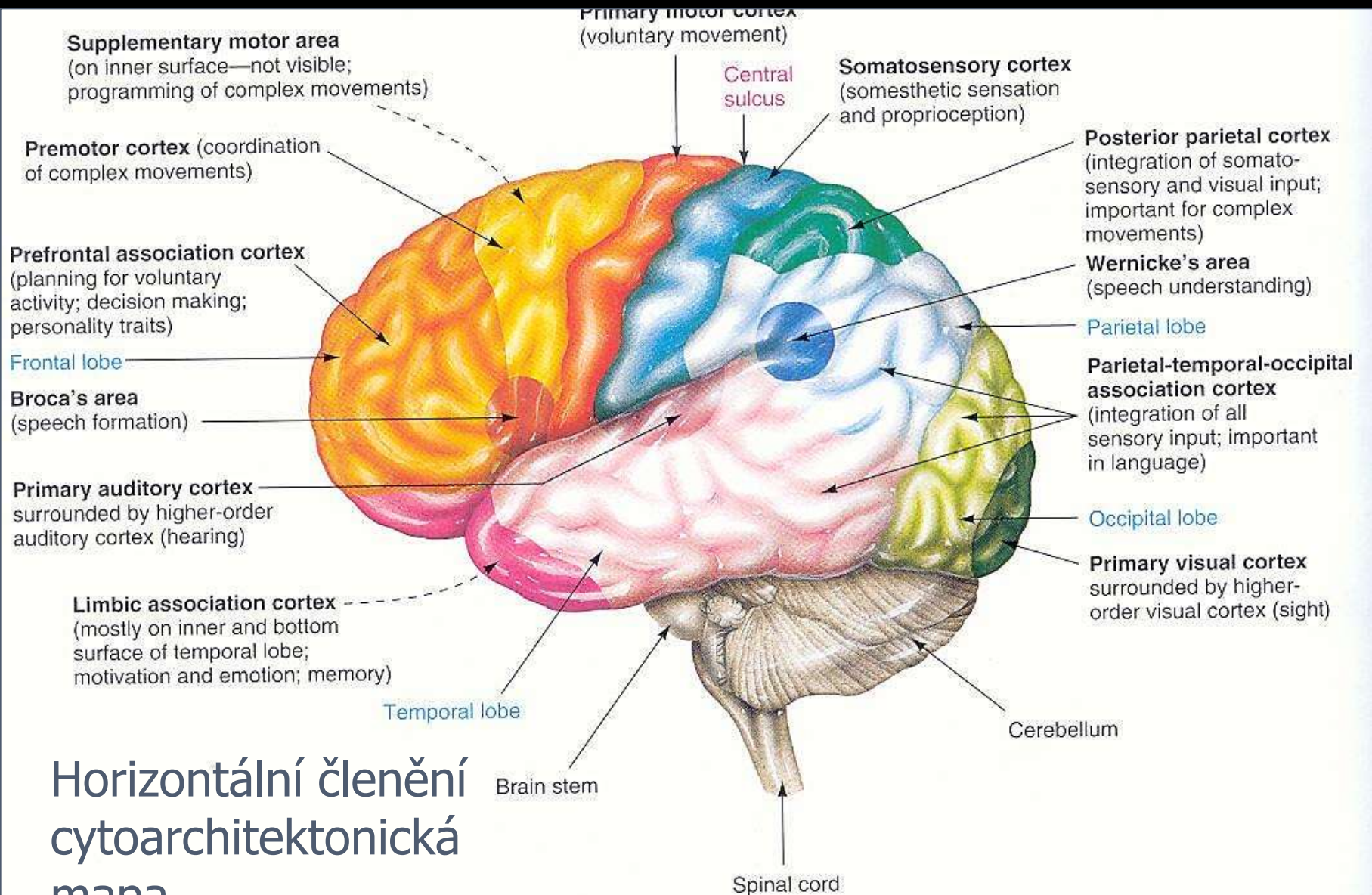


Neokortex

Horizontální členění cytoarchitektonická mapa



Neokortex



Horizontální členění
cytoarchitektonická
mapa

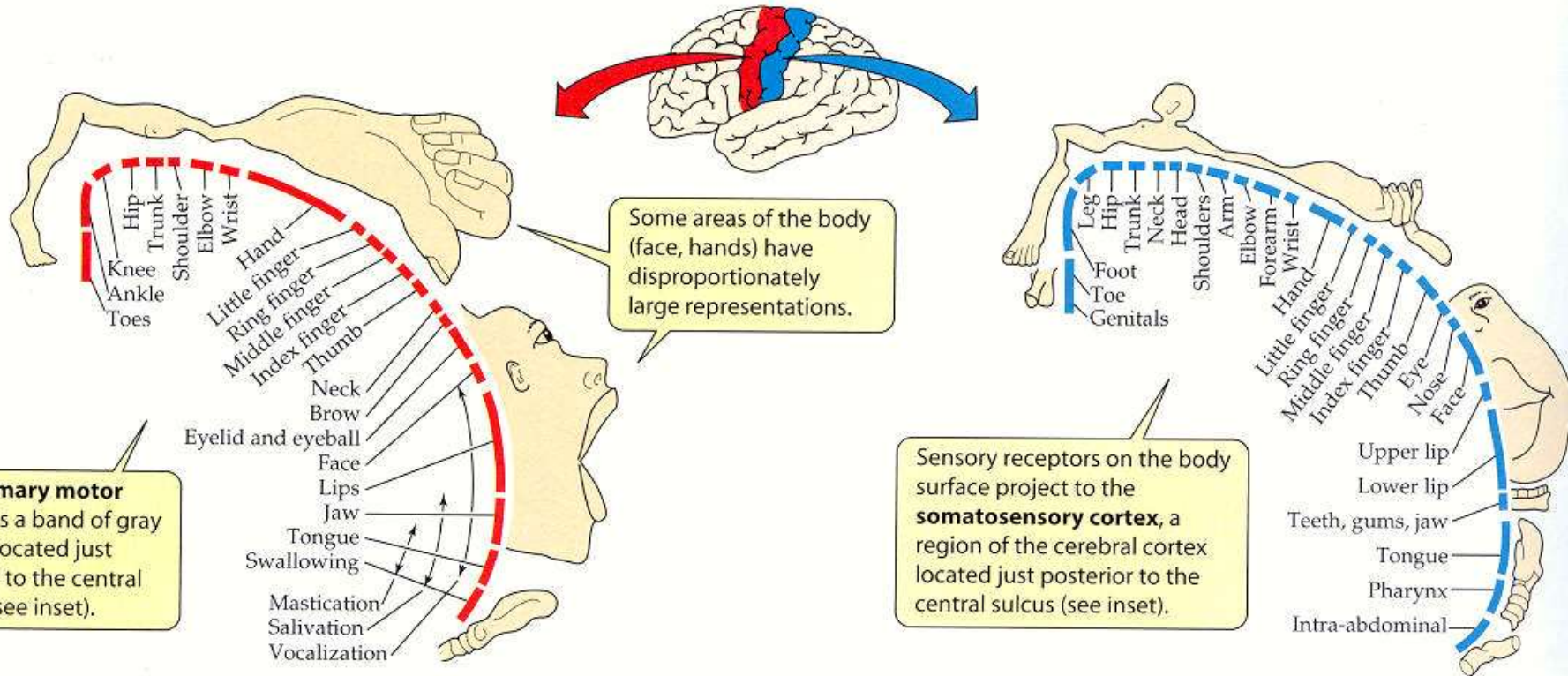
(a)

Horizontální členění

Motorická a sensorická kůra - somatotopie

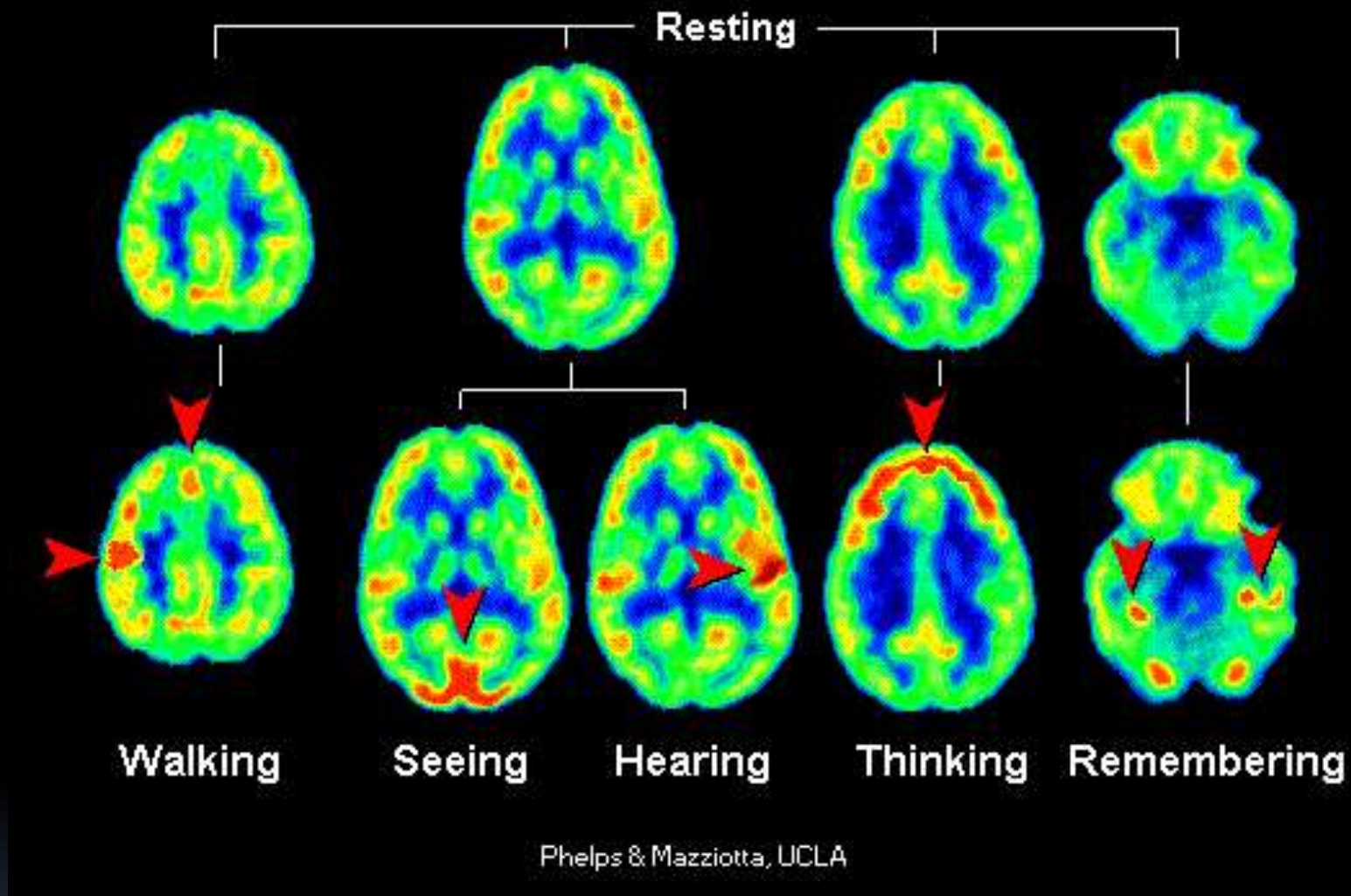
(a) Motor homunculus

(b) Sensory homunculus



Zobrazovací metody: fNMRI, TMS, PET, CT

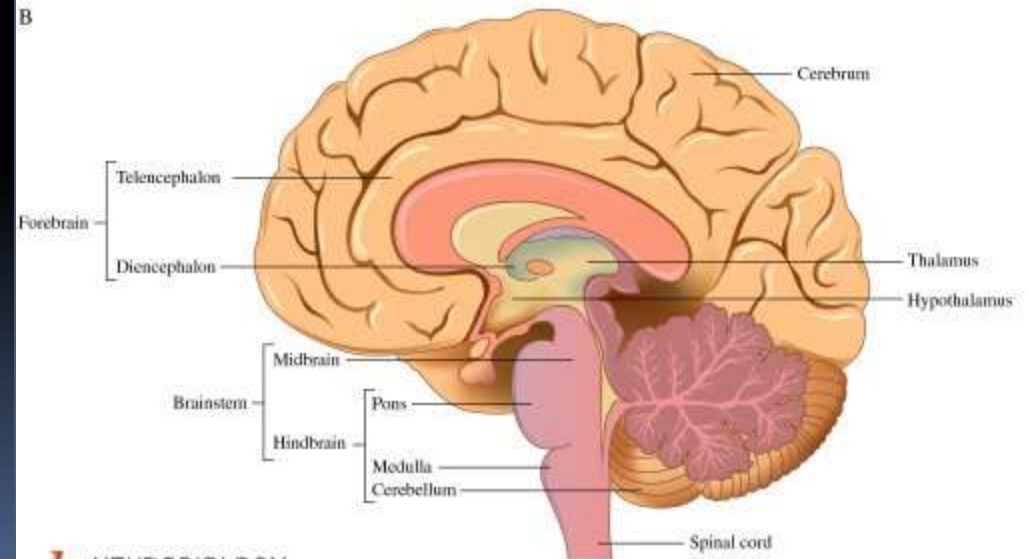
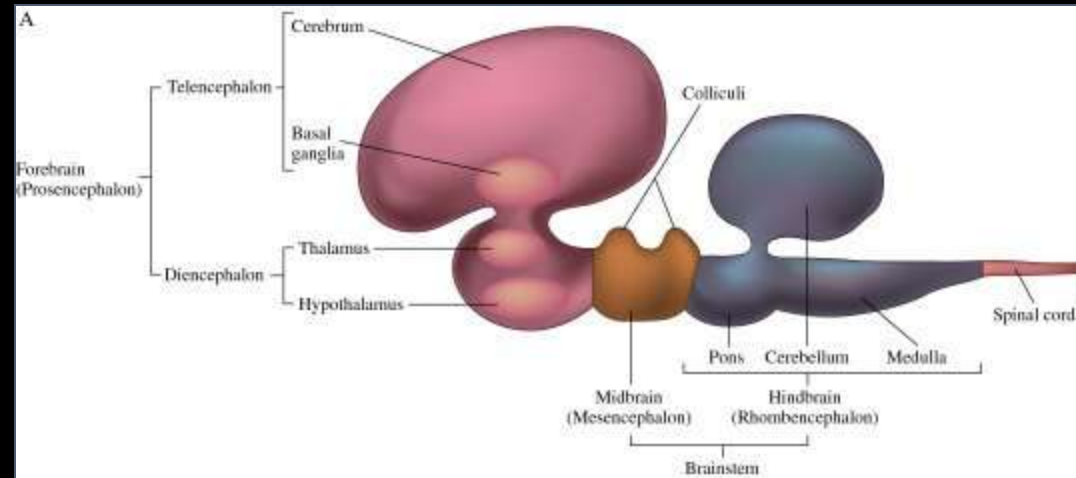




PET: prokrvení různých oblastí podle jejich aktivity umožňuje stanovovat koreláty různých mentálních stavů a činností .

Soustavy hybnosti:

- Autonomie ganglií mimo mozek
- Tektoretikulární soustava (původní obratlovci)
- Talamostriátová soustava (plazi, ptáci)
- Z neopalia: extrapyramidová (savci), pyramidová (primáti)

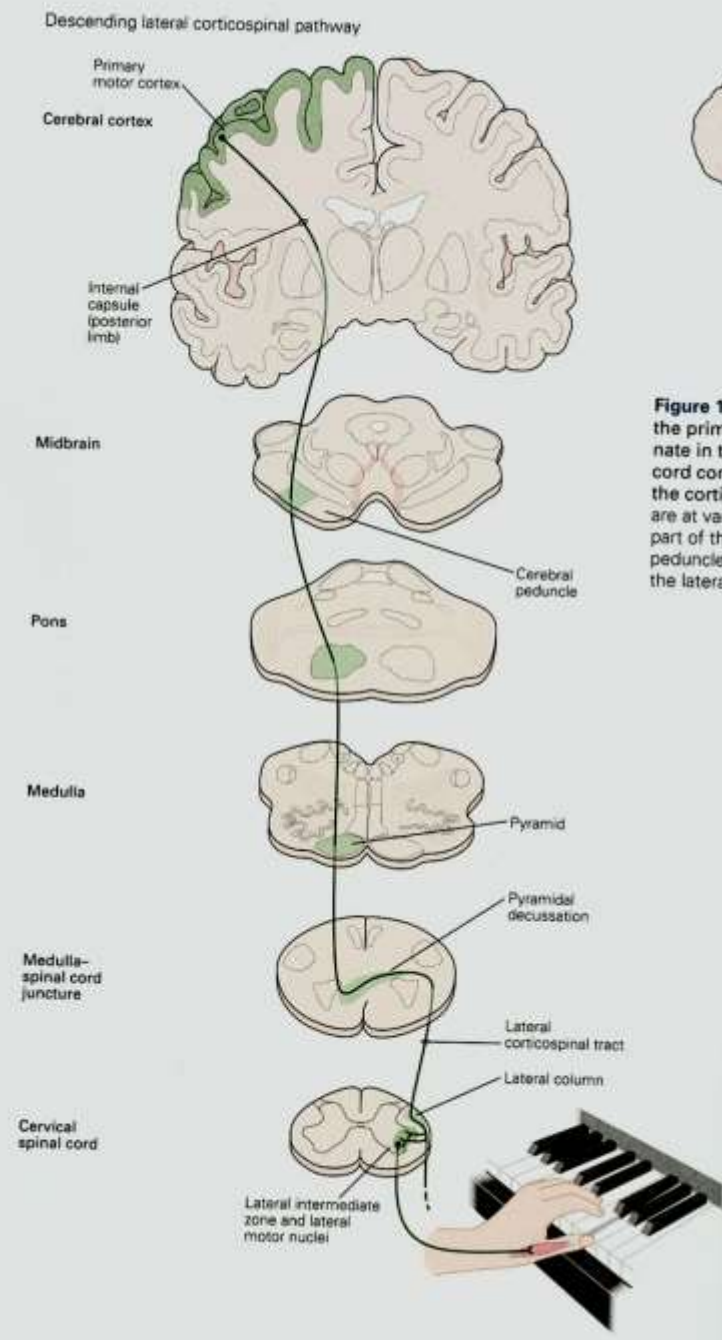
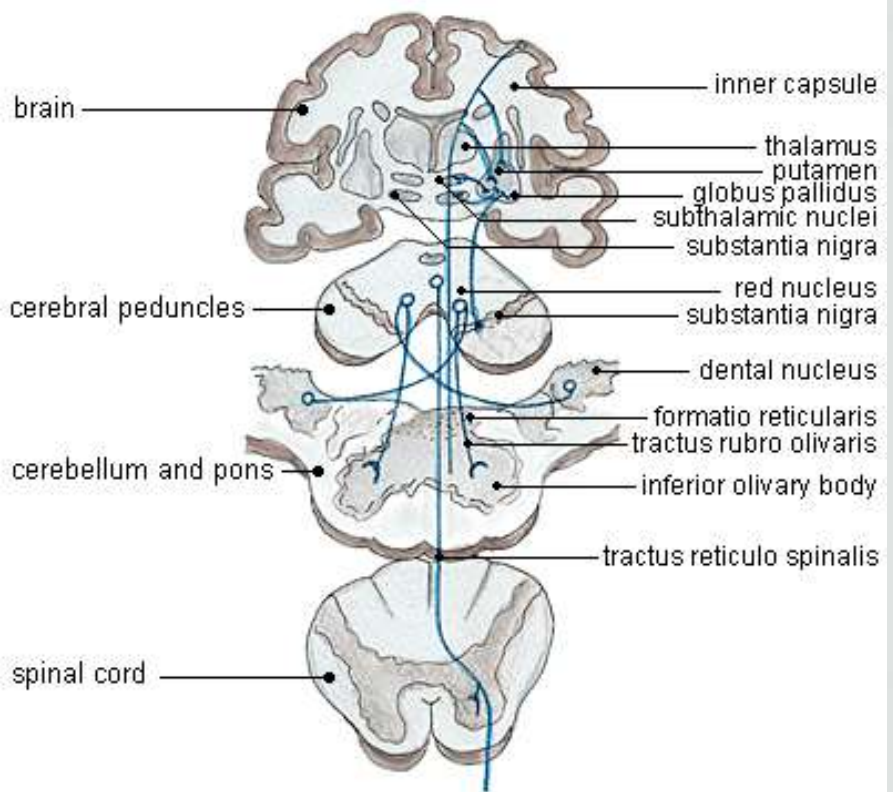


Savci:

Extrapyramidová d.
Postoj, reflexy

Pyramidová d.
primáti
Jemná, naučená m.
myelinizuje až 2. až 3.
rok života

extrapyramidal system

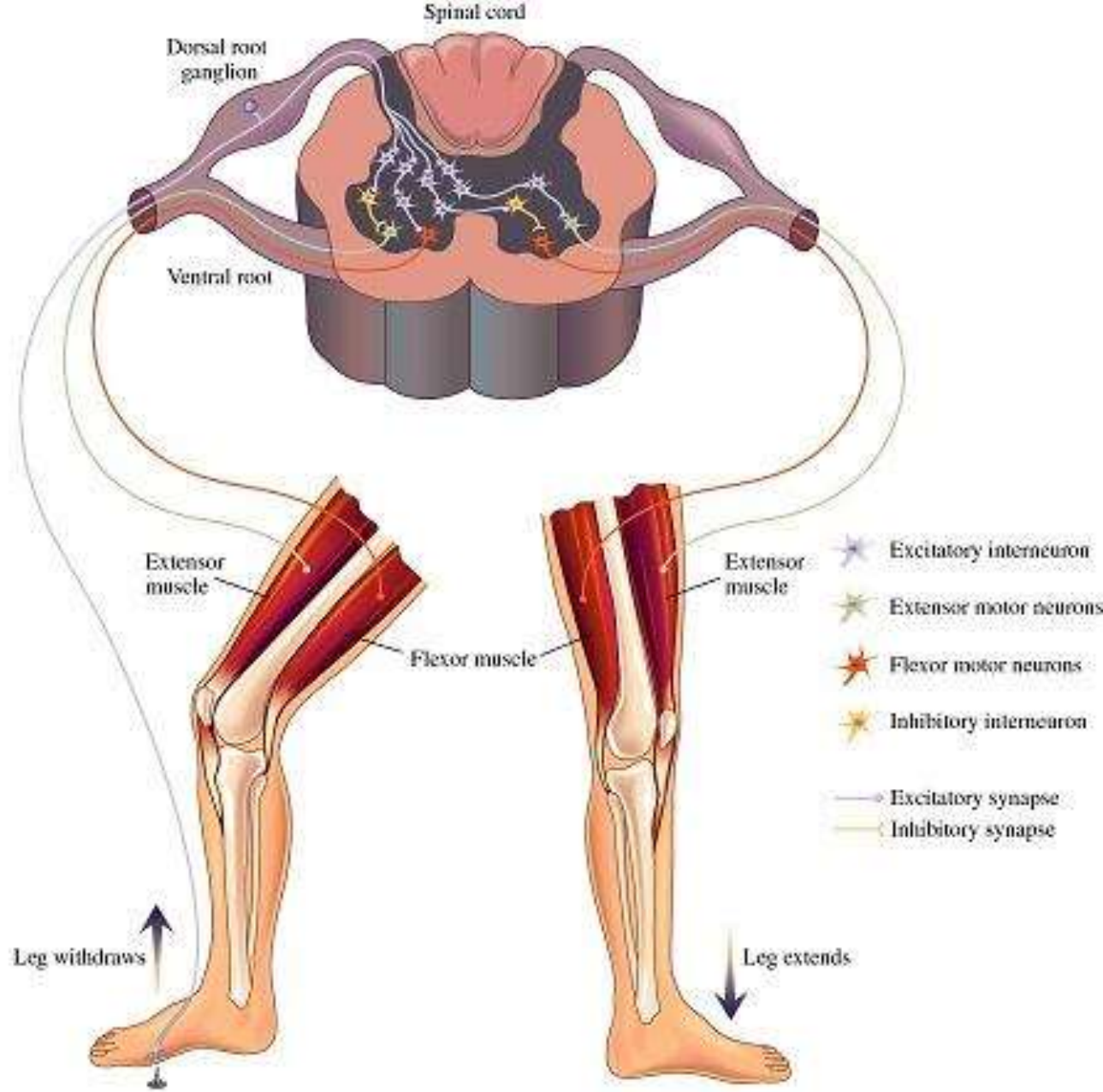
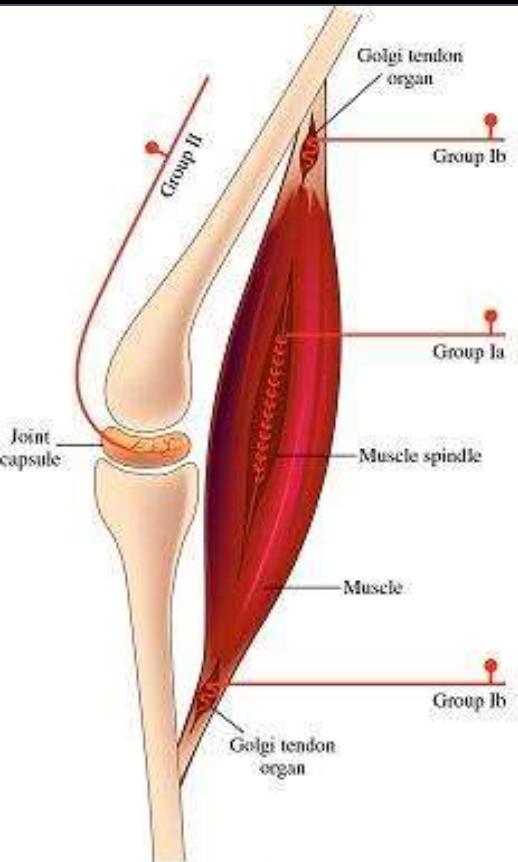


Hierarchie řízení motoriky

- Tonus
- Opěrná motorika
- Cílená motorika



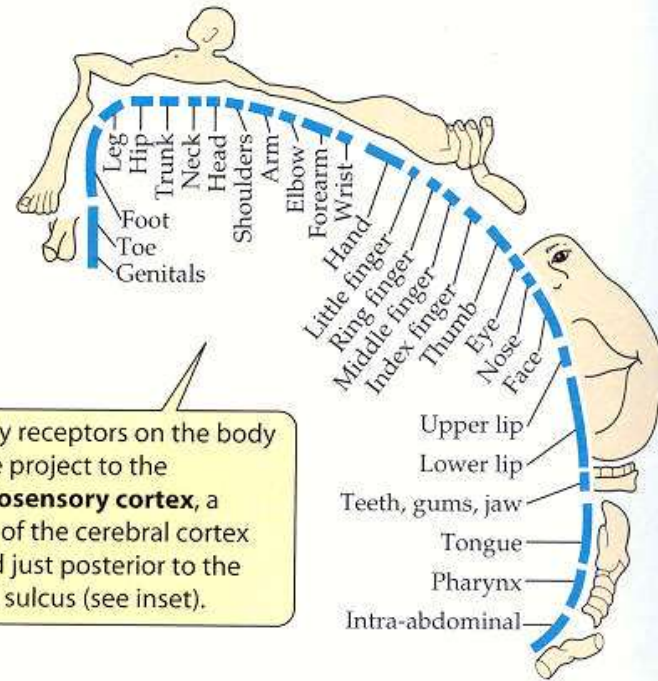
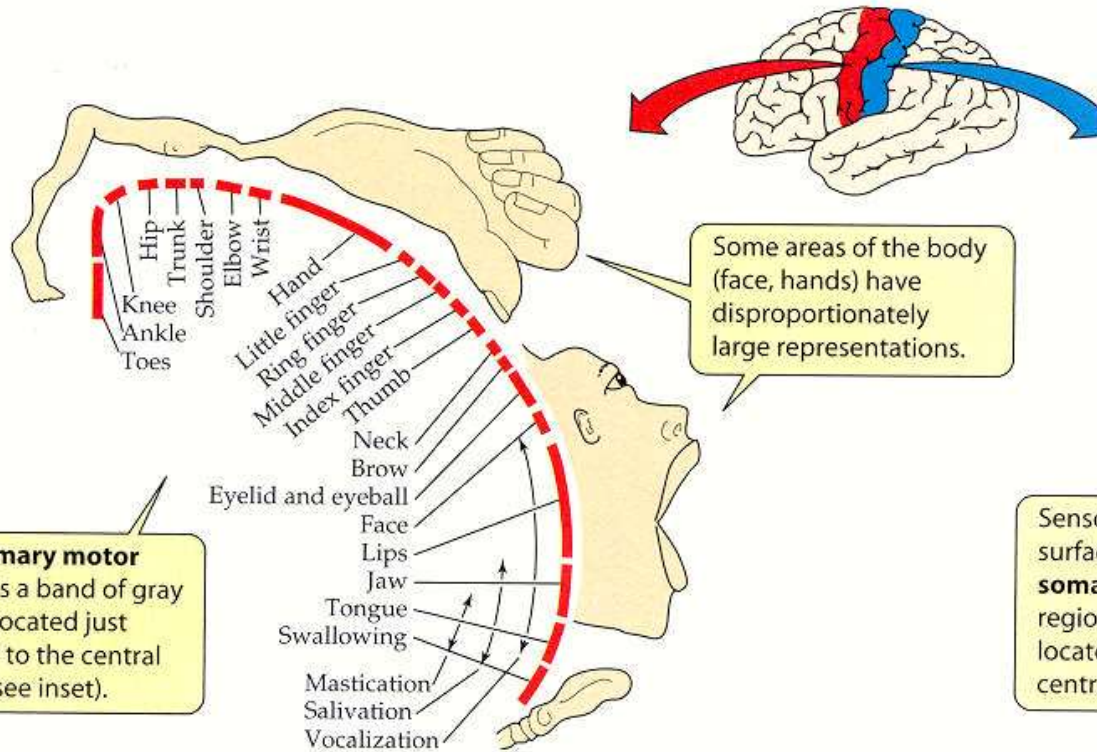
Tonus
Opěrná motorika
Polysynaptický reflex



Cílená (volně řízená) motorika – korové motorické centrum

(a) Motor homunculus

(b) Sensory homunculus



Some areas of the body (face, hands) have disproportionately large representations.

Sensory receptors on the body surface project to the **somatosensory cortex**, a region of the cerebral cortex located just posterior to the central sulcus (see inset).

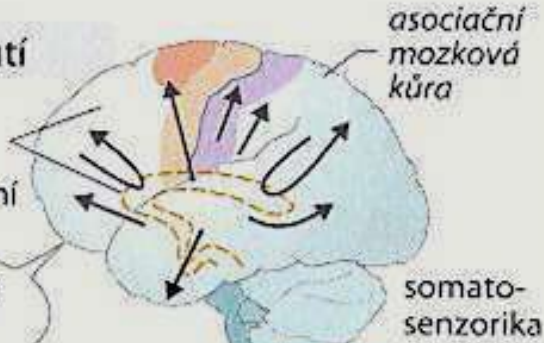
Cílená motorika – od ideje pohybu k provedení

A. Od ideje pohybu k provedení

1 rozhodnutí

kortikální a subkortikální motivační oblasti

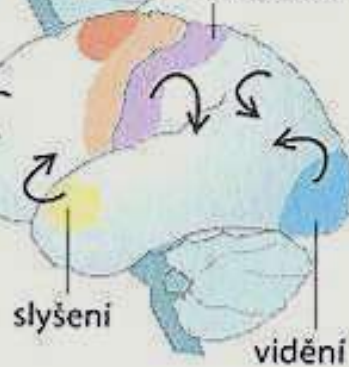
„Já chci míč.“



1a pohnutka k pohybu

„Musím ho chytit.“

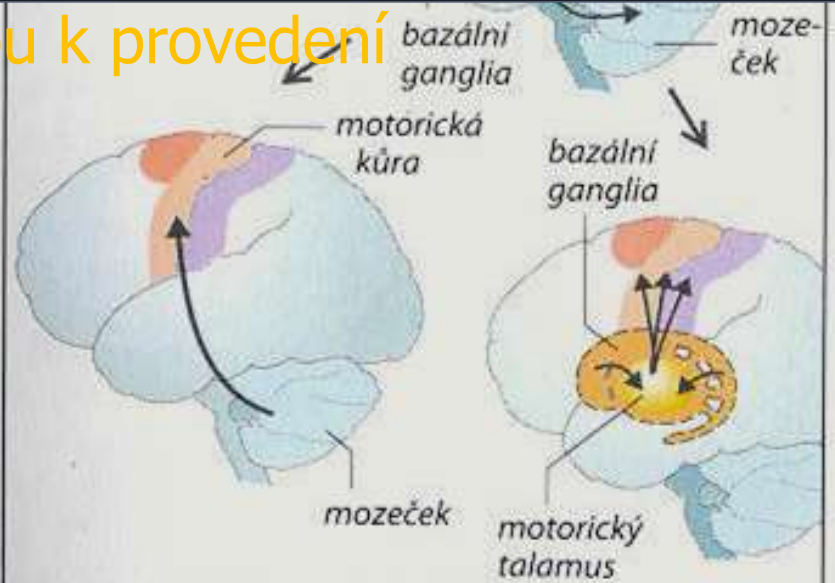
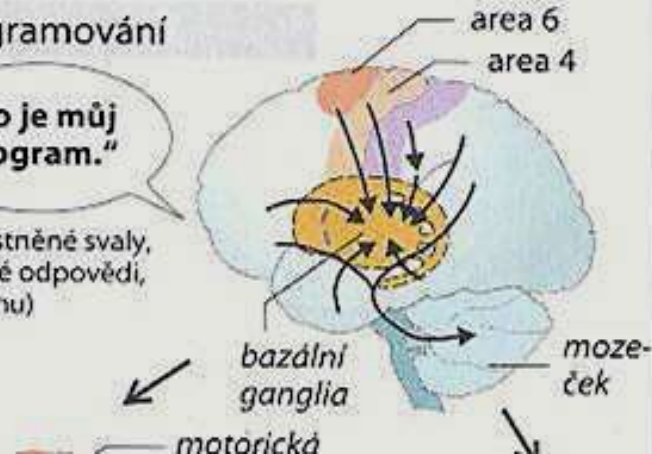
1b strategie



2 programování

„To je můj program.“

(zúčastněné svaly, časové odpovědi, síla tahu)



3 příkaz k pohybu

zpětnovazebné signály ze senzorů

„Nyní ho chyt!“

reflexní systém, motoneurony

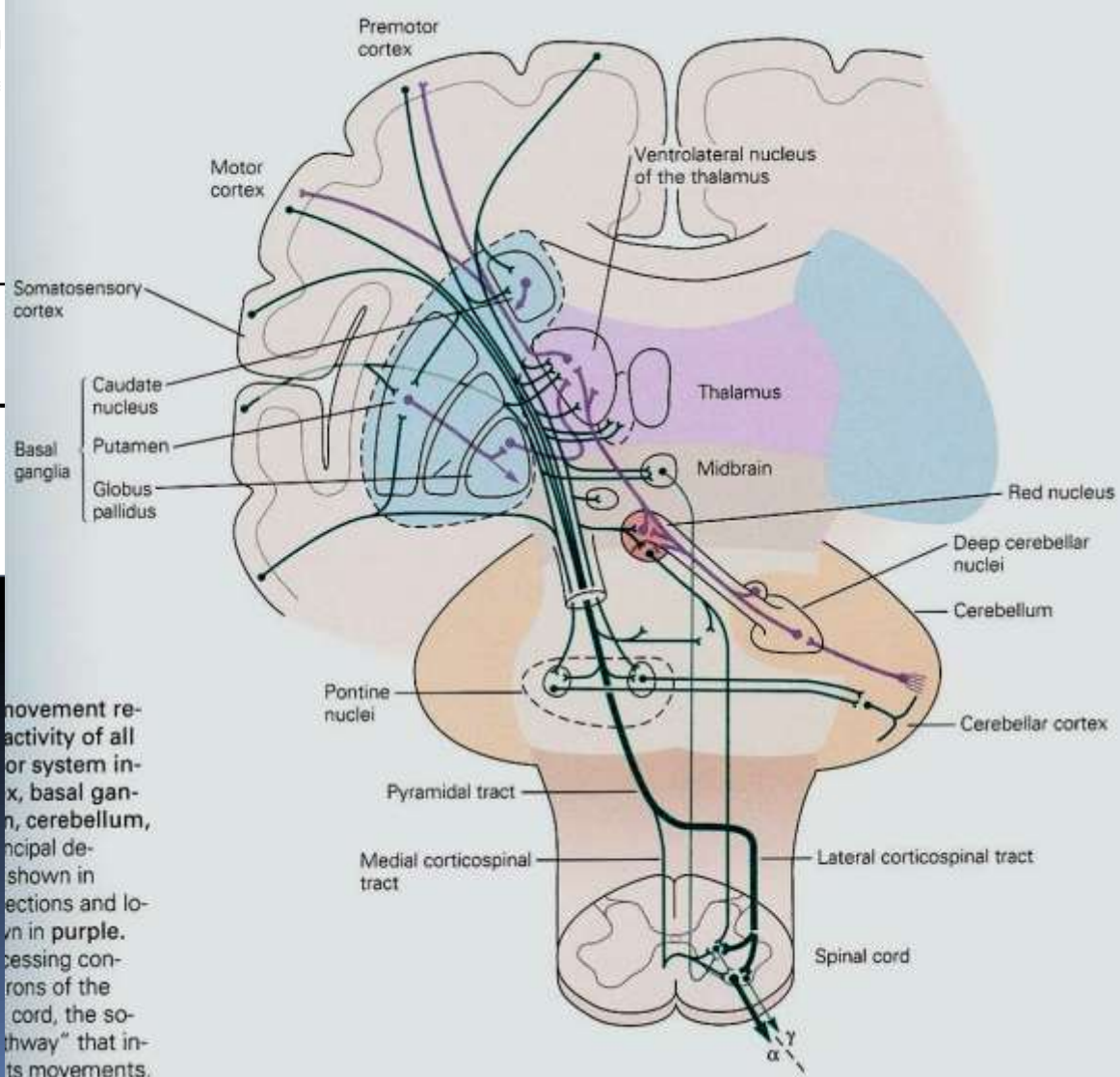
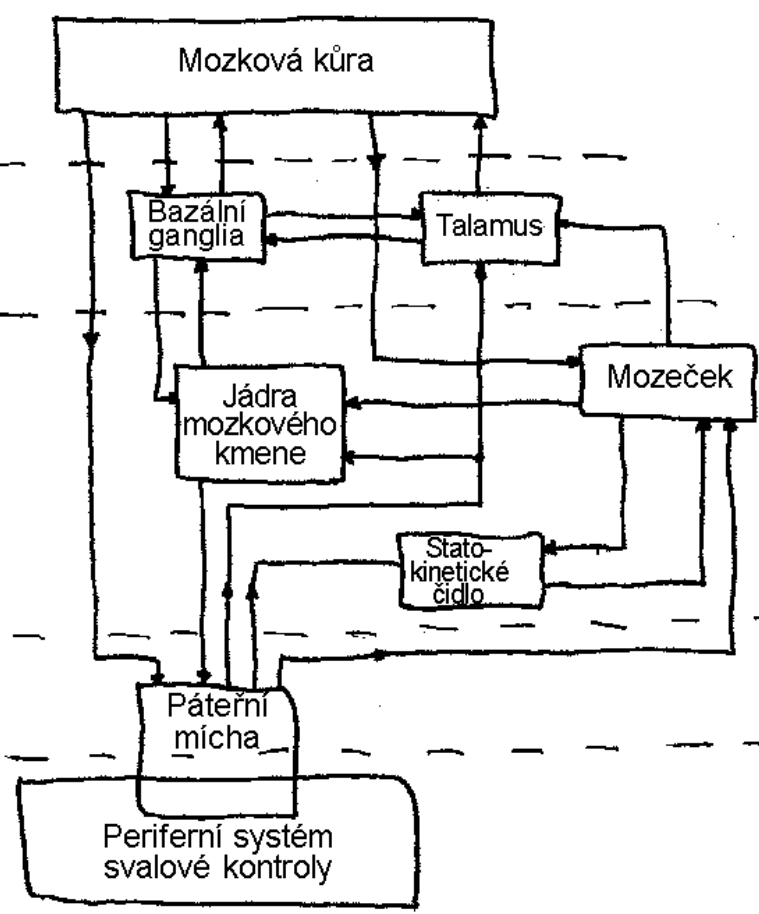
4 provedení pohybu



(podle V. B. Brookse)

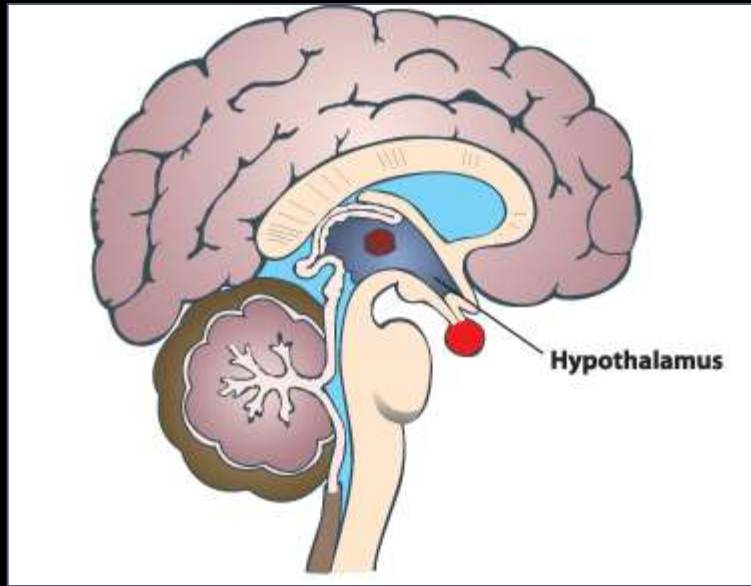
(foto: J. Jeannerod)

Bazální ganglia (striatum) u ptáků dominantní při řízení pohybu. U člověka koordinují neúmyslnou (reflexní) pohybovou aktivitu s úmyslnými pohyby. Substantia Nigra – při poškození parkinsonismus



Chierarchie struktur řídících motoriku

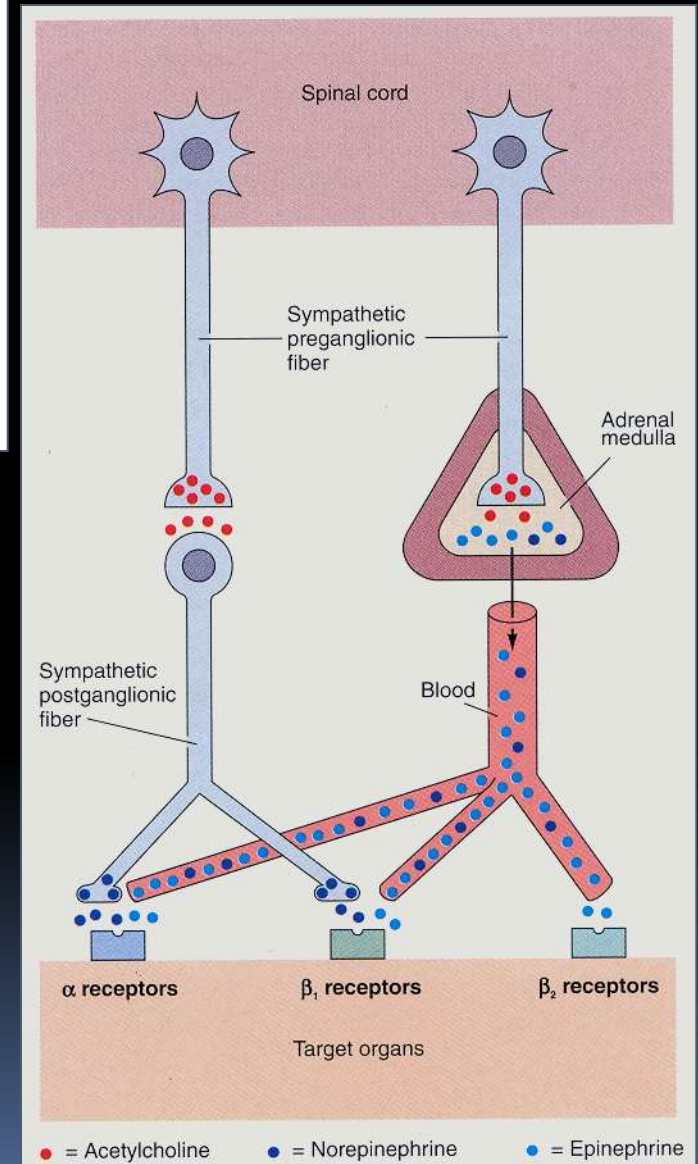
movement reactivity of all or system in- x, basal gan- n, cerebellum, nicipal de- shown in ections and lo- wn in purple. ecessing con- rons of the cord, the so- hway" that in- ts movements.

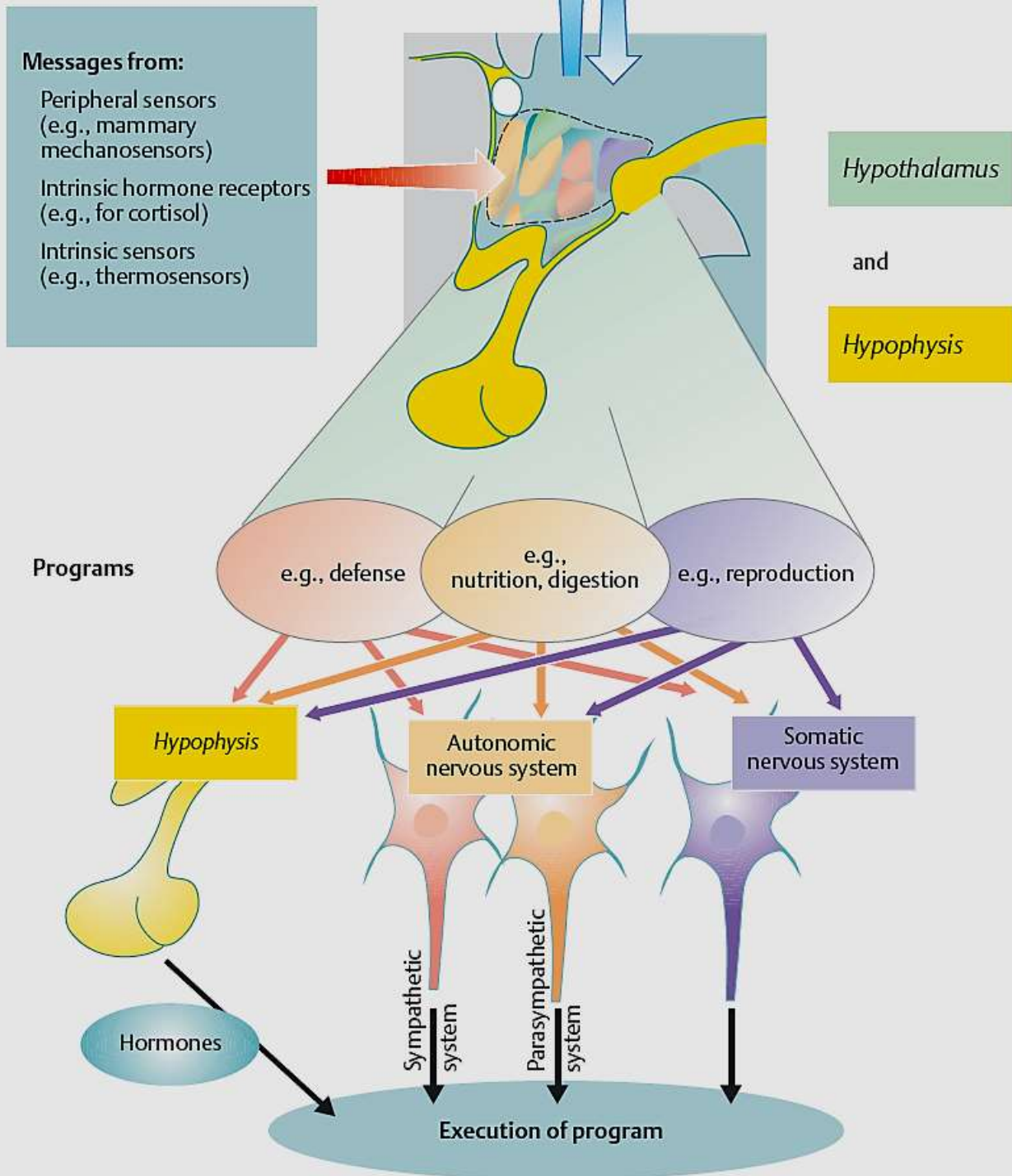


Vegetativní řízení: 2. úkol NS vedle řízení motoriky

Řídí vnitřní funkce podobně jako endokrinní systém

Příklad spolupráce: dřeň nadledvin je modifikované sympatické ganglium. Ach (červeně) aktivuje tzv. Chromafinní bb, které uvolňují Ad a Nad (modře).





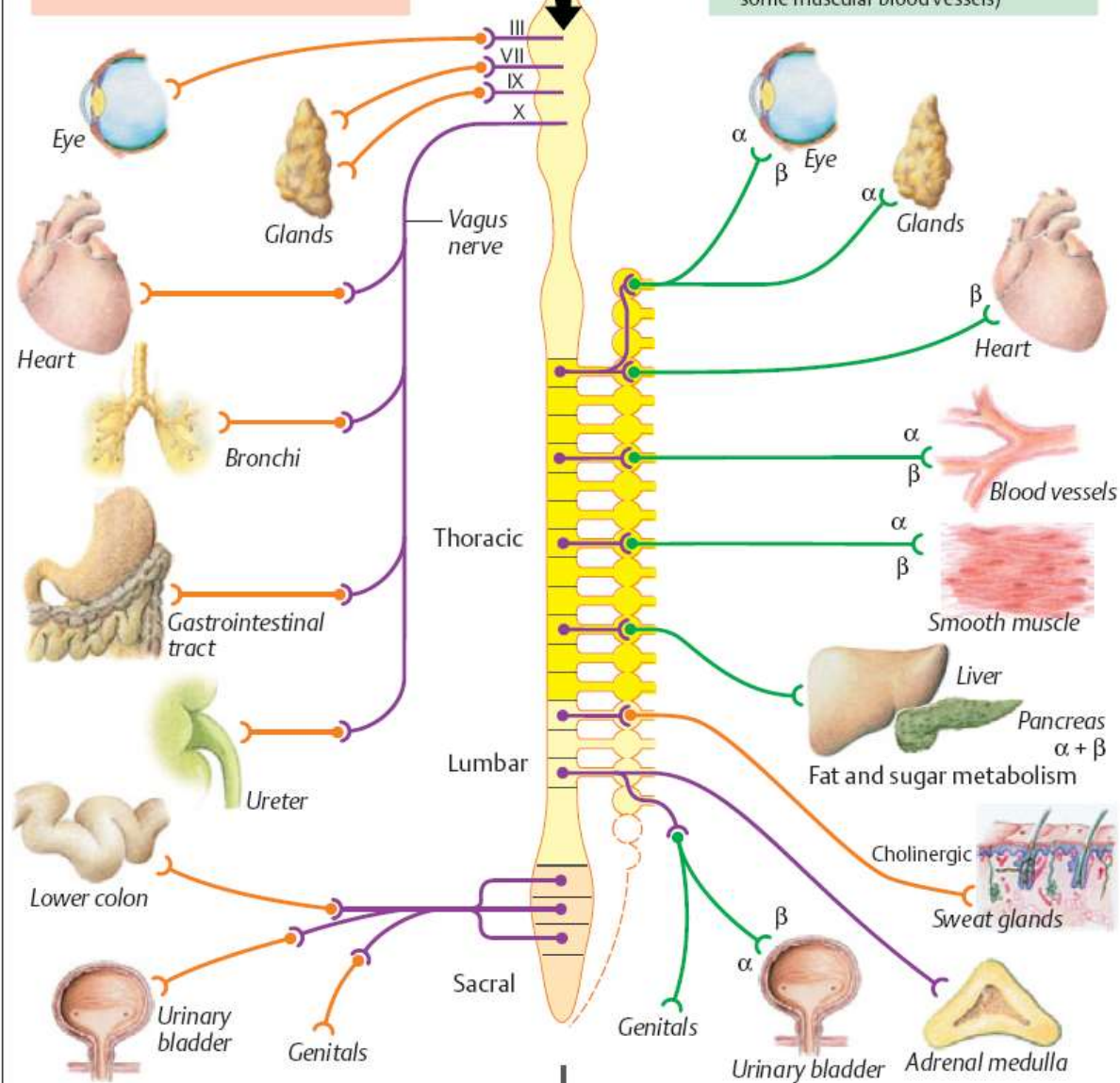
Hypotalamus:
semiautonomní
centrum, součást
limbického sst
Spolupracující osy

A. Schematic view of autonomic nervous system (ANS)

Parasympathetic division
(Craniosacral centers)
Transmitter substances:
Preganglionic: Acetylcholine
Postganglionic: Acetylcholine

Controlled by
superordinate
centers

Sympathetic division
(Thoracic and lumbar centers)
Transmitter substances:
Preganglionic: Acetylcholine
Postganglionic: Norepinephrine
(Exception: Sweat glands,
some muscular blood vessels)



Vegetativní řízení:

Cholinergní a Adrenergní transmise

Dřeň nadledvin je modifikovaná část sympatického nervového systému

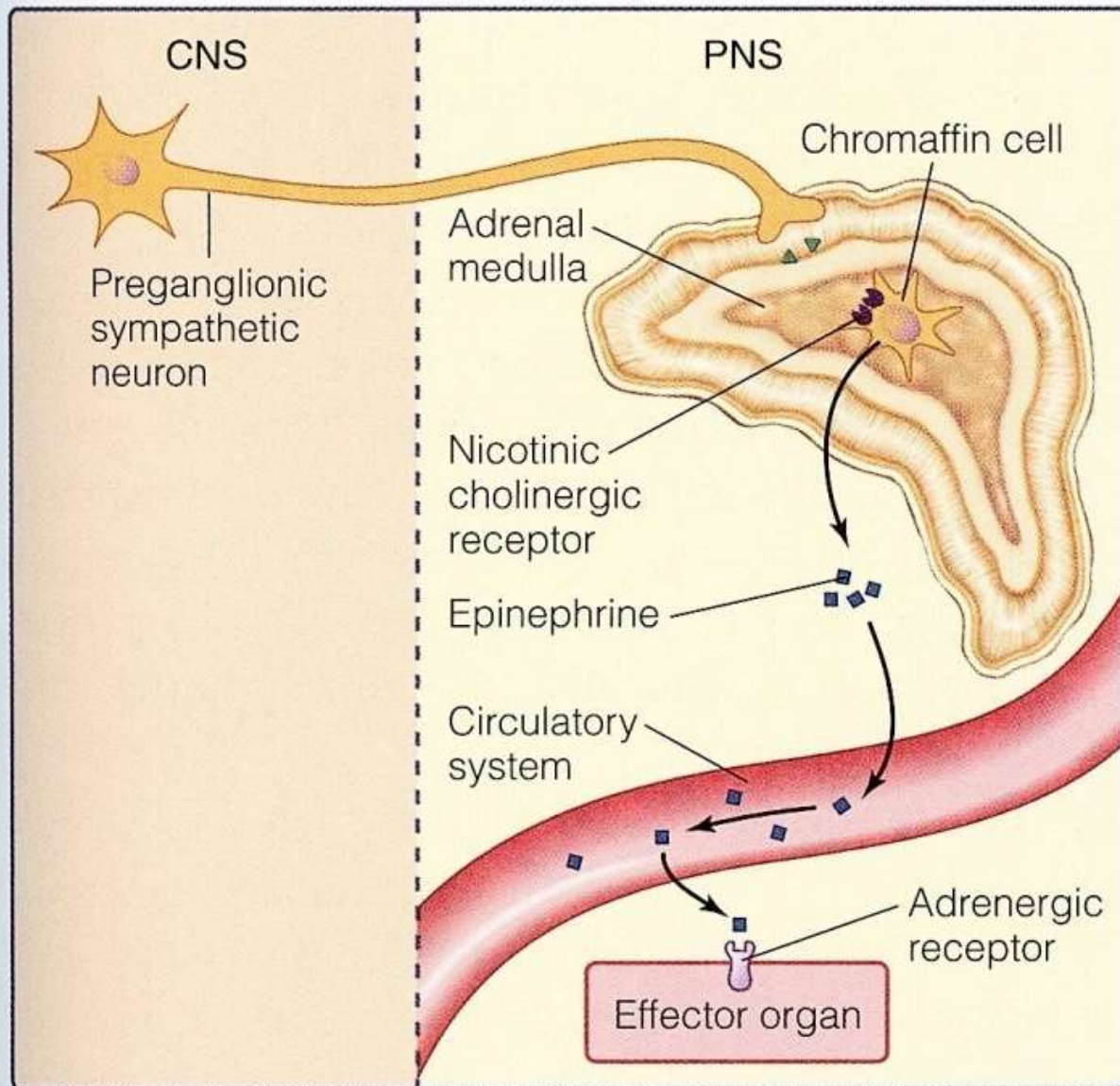
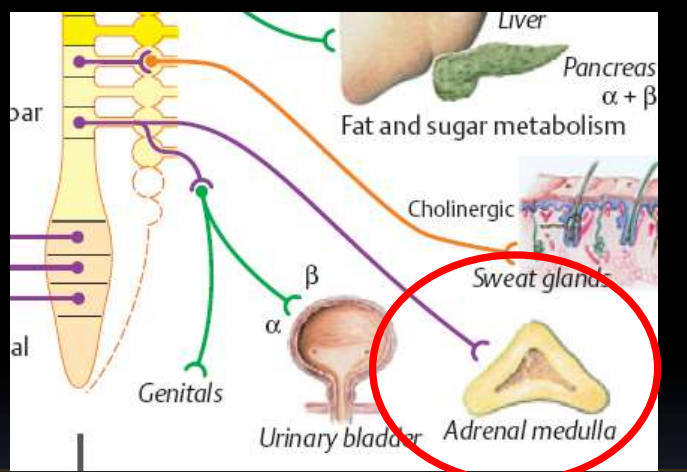
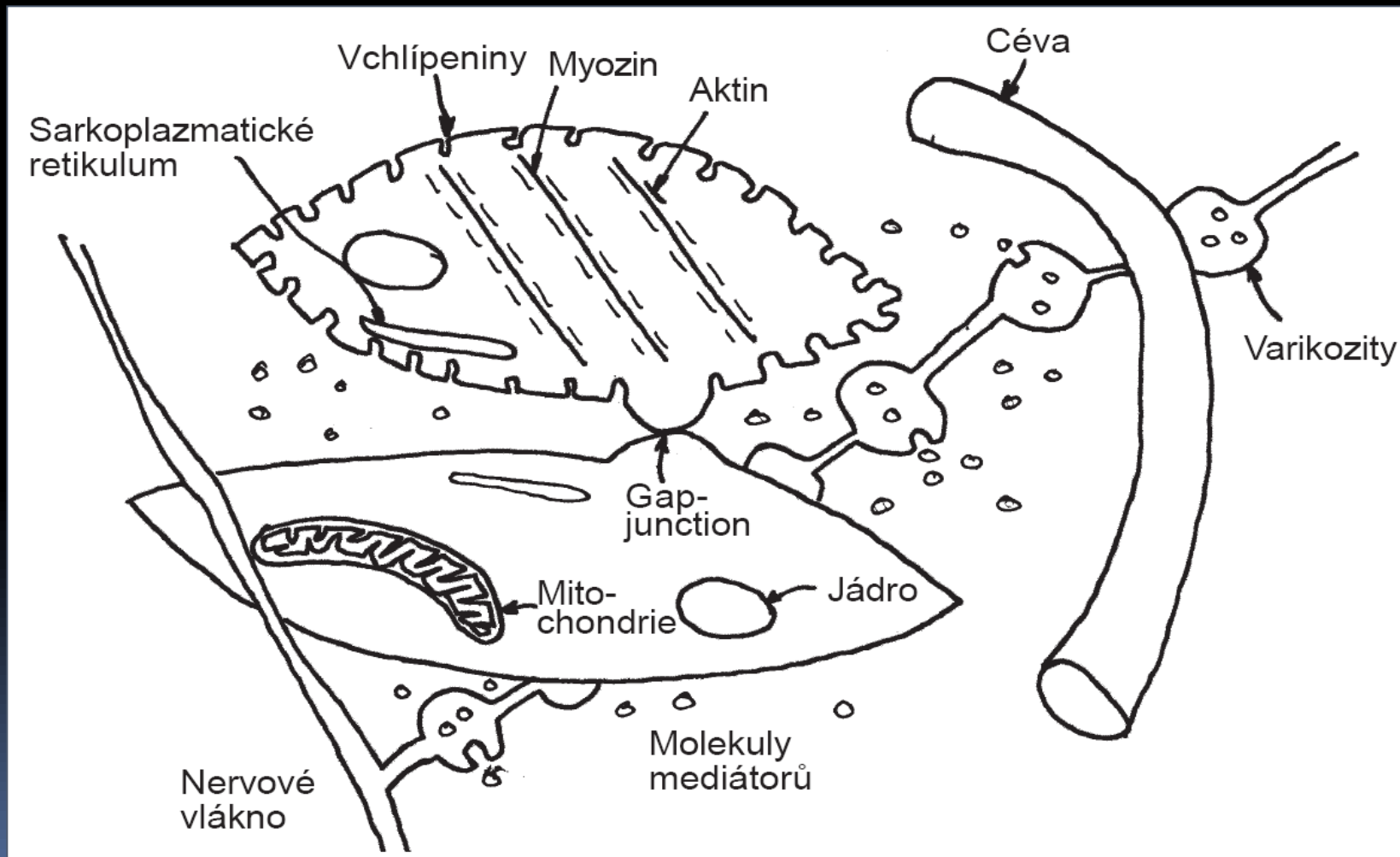


Figure 7.20 Sympathetic innervation of the adrenal medulla The adrenal medulla receives innervation from a preganglionic sympathetic neuron, and is thus equivalent to a sympathetic ganglion.

Rozdílné nároky a na vegetativní a motorickou inervaci

Inervace hladkého svalu



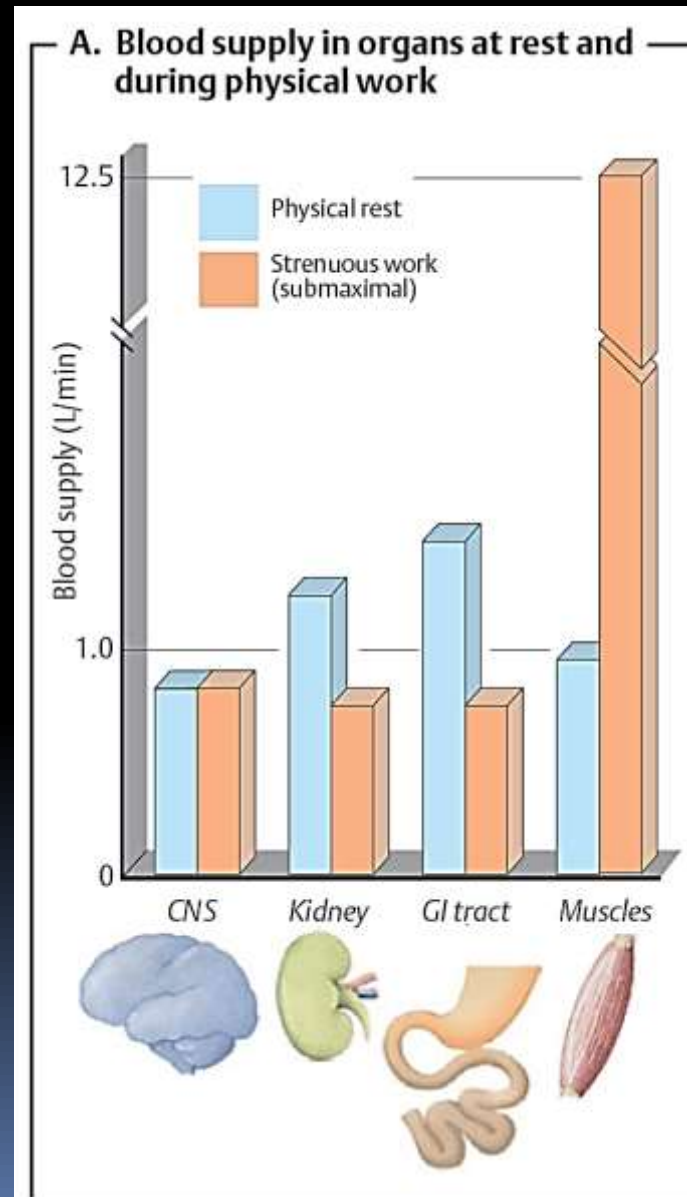
Funkční antagonismus: Flight or fight x Rest and digest

Dvojité, tj. přesnější řízení

Orgán	Vliv sympatiku	Vliv parasympatiku
1. Orgány s dvojí inervací:		
Srdce	Zrychlení tepu	Zpomalení tepu
Hladké svaly:		
Trávicí trubice	Snížení hybnosti	Zvýšení hybnosti
Sfinktery trávicí trubice	Stah	Uvolnění
Bronchy	Uvolnění	Stah
Zornice oka:		
m. sphincter pupillae		Stah – zúžení zornice
m. dilatator pupillae	Stah – rozšíření zornice	
2. Orgány inervované hlavně sympatikem:		
Hladké svaly:		
Arterioly kůže a ledvin	Vazokonstrikce	
m. arrectores pilorum	Stah – ježení chlupů	
Žlázy:		
Dřeň nadledvin	Sekrece	
Potní žlázy	Sekrece	
3. Orgány inervované hlavně parasympatikem:		
Hladké svaly:		
Cévy vnějších pohl. org.		Vazodilatace – erekce
m. ciliaris		Stah – akomodace
Žlázy:		
Slinné		Sekrece
Žaludeční		Sekrece
Pankreas		Sekrece

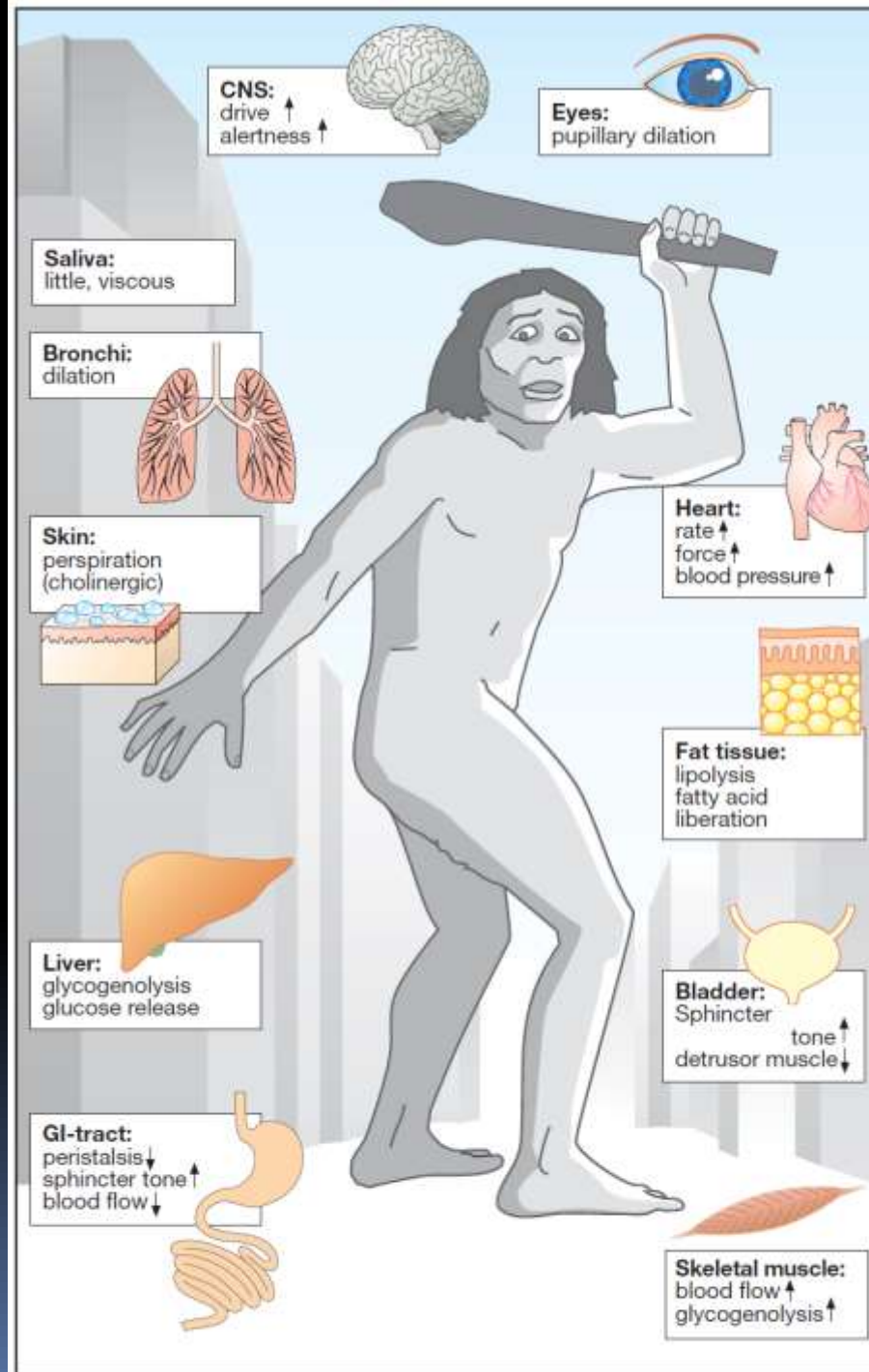
Funkční antagonismus: Flight or fight x Rest and digest

Krev je posílána jinam.



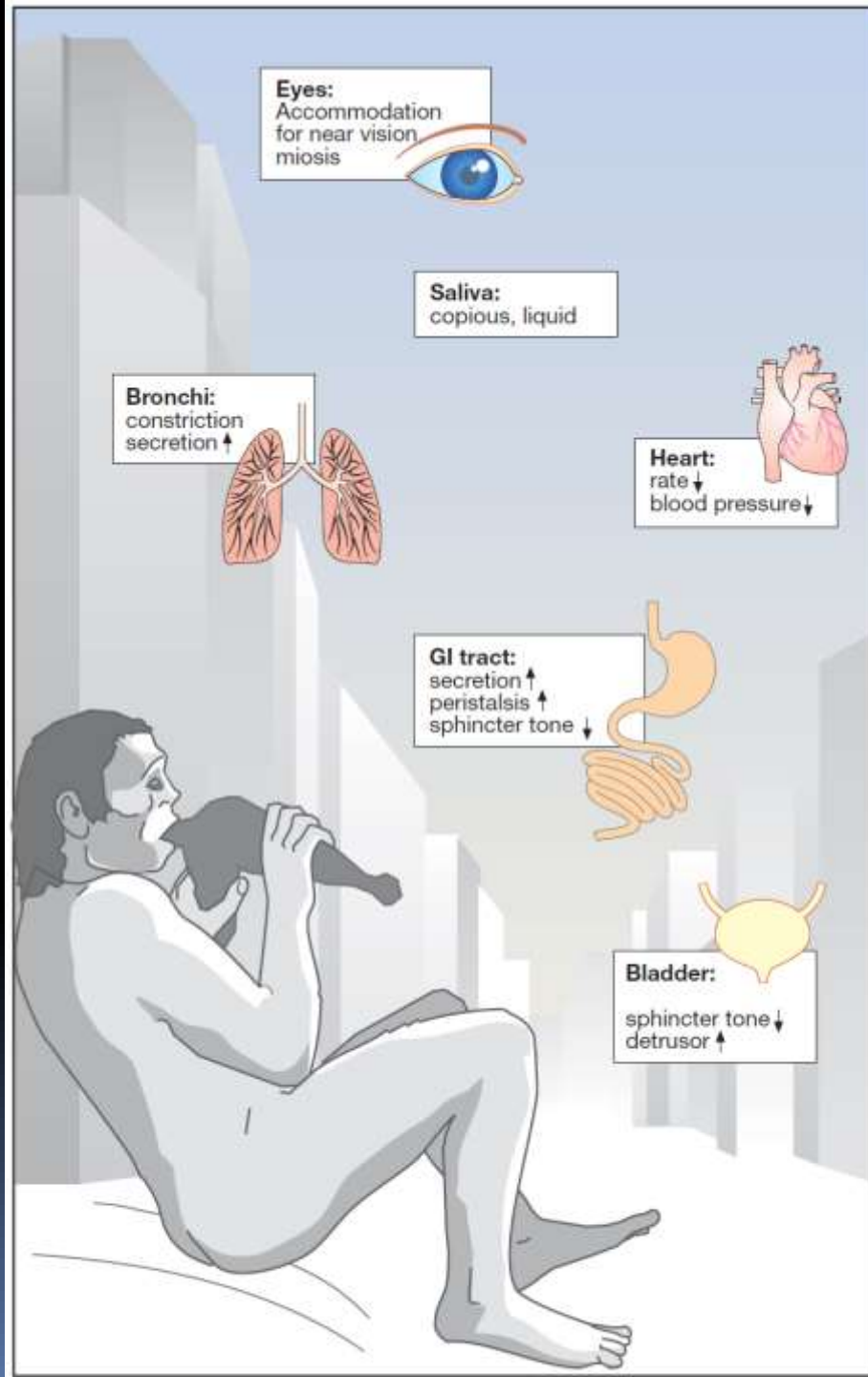
Fight or flight

Sympatická aktivace



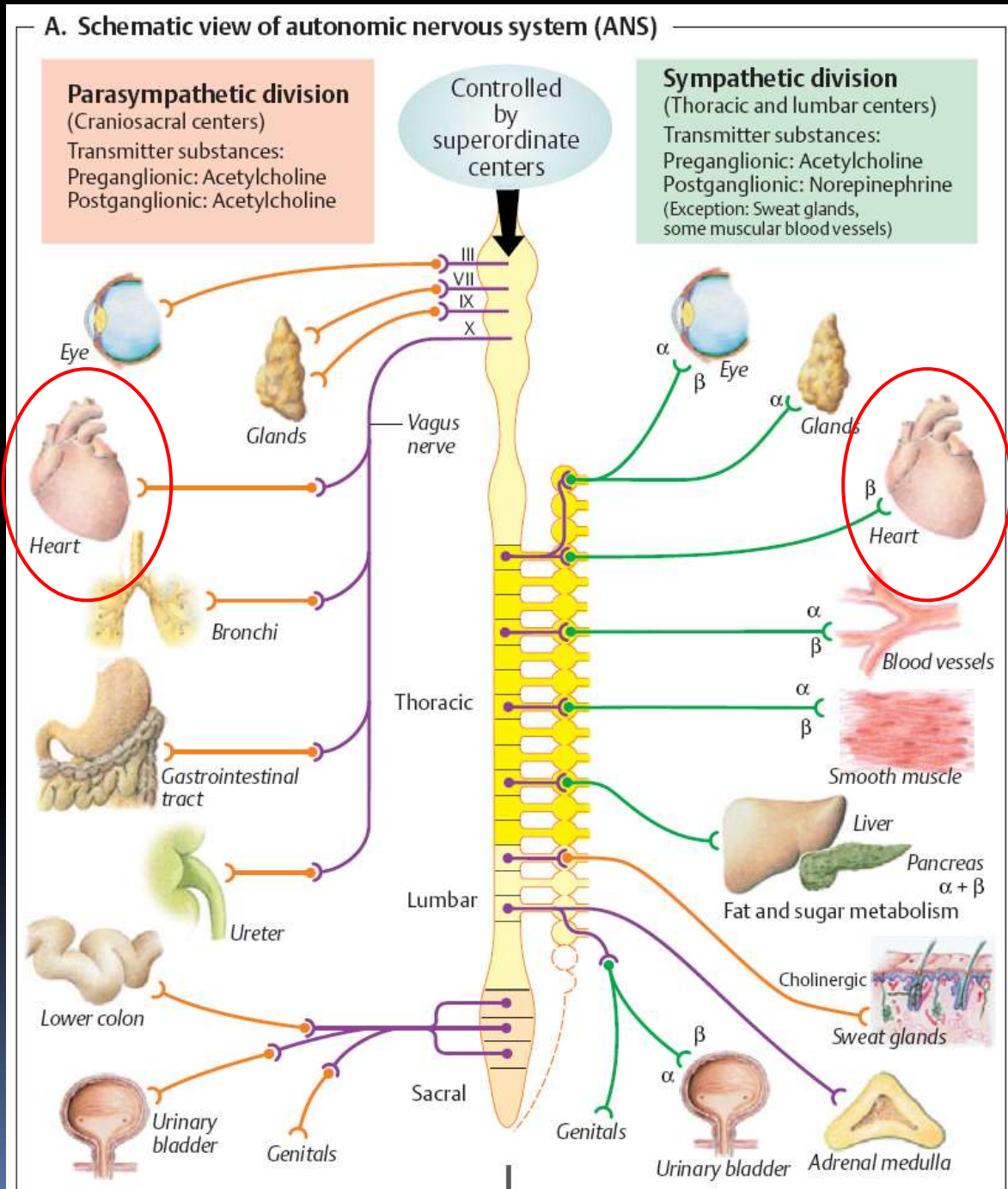
Rest and digest

Parasympatická aktivace



Funkční antagonismus:

Např.:
 Ach zpomaluje srdce
 NA zrychluje srdce

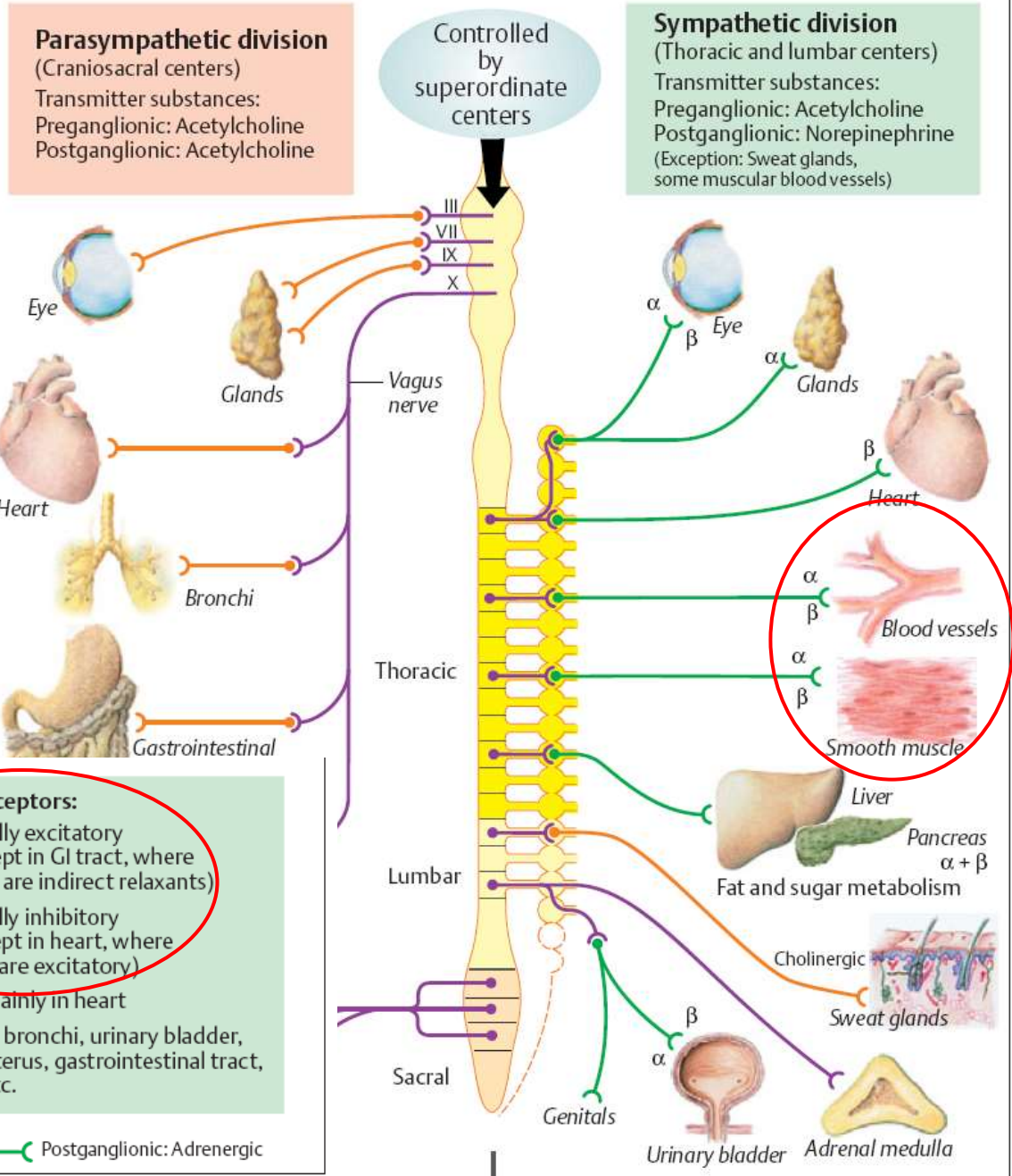


Funkční antagonismus i v rámci sympatiku:

Stejná látka, ale různé receptory

Alfa adrenergní
Beta adrenergní

A. Schematic view of autonomic nervous system (ANS)



Cholinoceptors

- Nicotinic receptors:**
- All postganglionic, autonomic ganglia cells and dendrites
 - Adrenal medulla
- Muscarinic receptors:**
- All target organs innervated by postganglionic parasympathetic nerve fibers (and sweat glands innervated by sympathetic fibers)

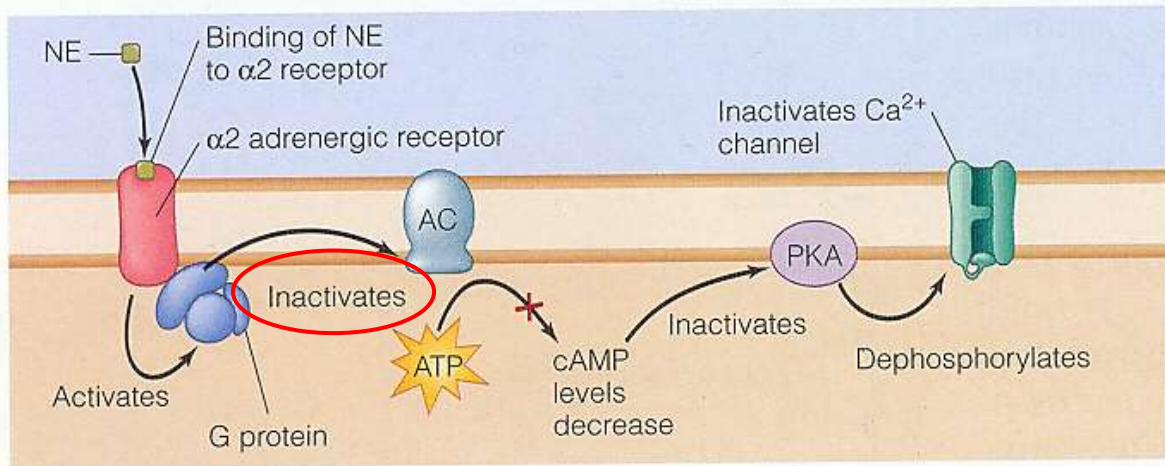
Adrenoceptors:

- α Usually excitatory (except in GI tract, where they are indirect relaxants)
- β Usually inhibitory (except in heart, where they are excitatory)
- β₁ mainly in heart
- β₂ in bronchi, urinary bladder, uterus, gastrointestinal tract, etc.

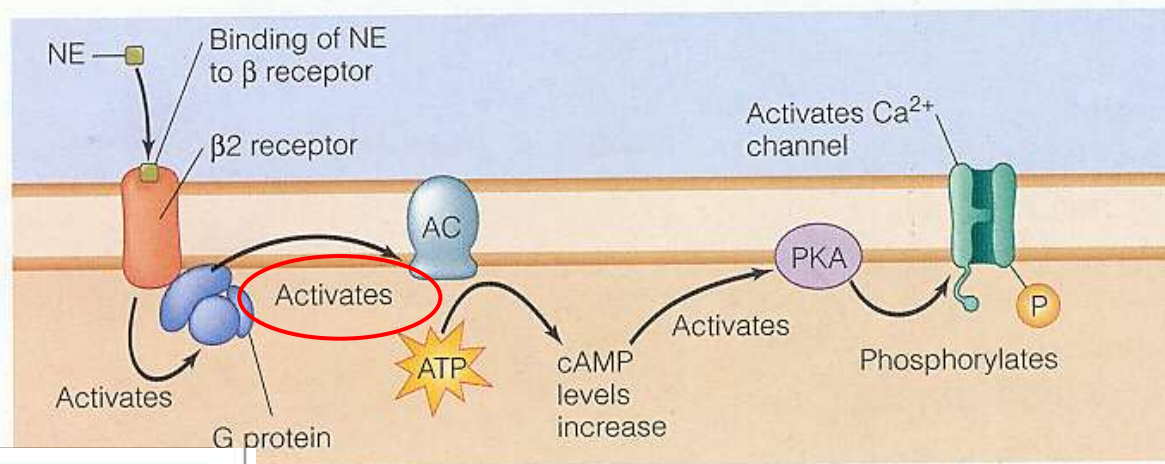
— Postganglionic: Cholinergic — Preganglionic: Cholinergic — Postganglionic: Adrenergic

Funkční antagonismus i v rámci sympatiku :

Stejná látka -noradrenalin, ale různé receptory (alfa, beta)



(b) Binding of NE to α_2 adrenergic receptors



Cholinoceptors

Nicotinic receptors:

- All postganglionic, autonomic ganglia cells and dendrites
- Adrenal medulla

Muscarinic receptors:

- All target organs innervated by postganglionic parasympathetic nerve fibers (and sweat glands innervated by sympathetic fibers)

Adrenoceptors:

α Usually excitatory (except in GI tract, where they are indirect relaxants)

β Usually inhibitory (except in heart, where they are excitatory)

β_1 mainly in heart

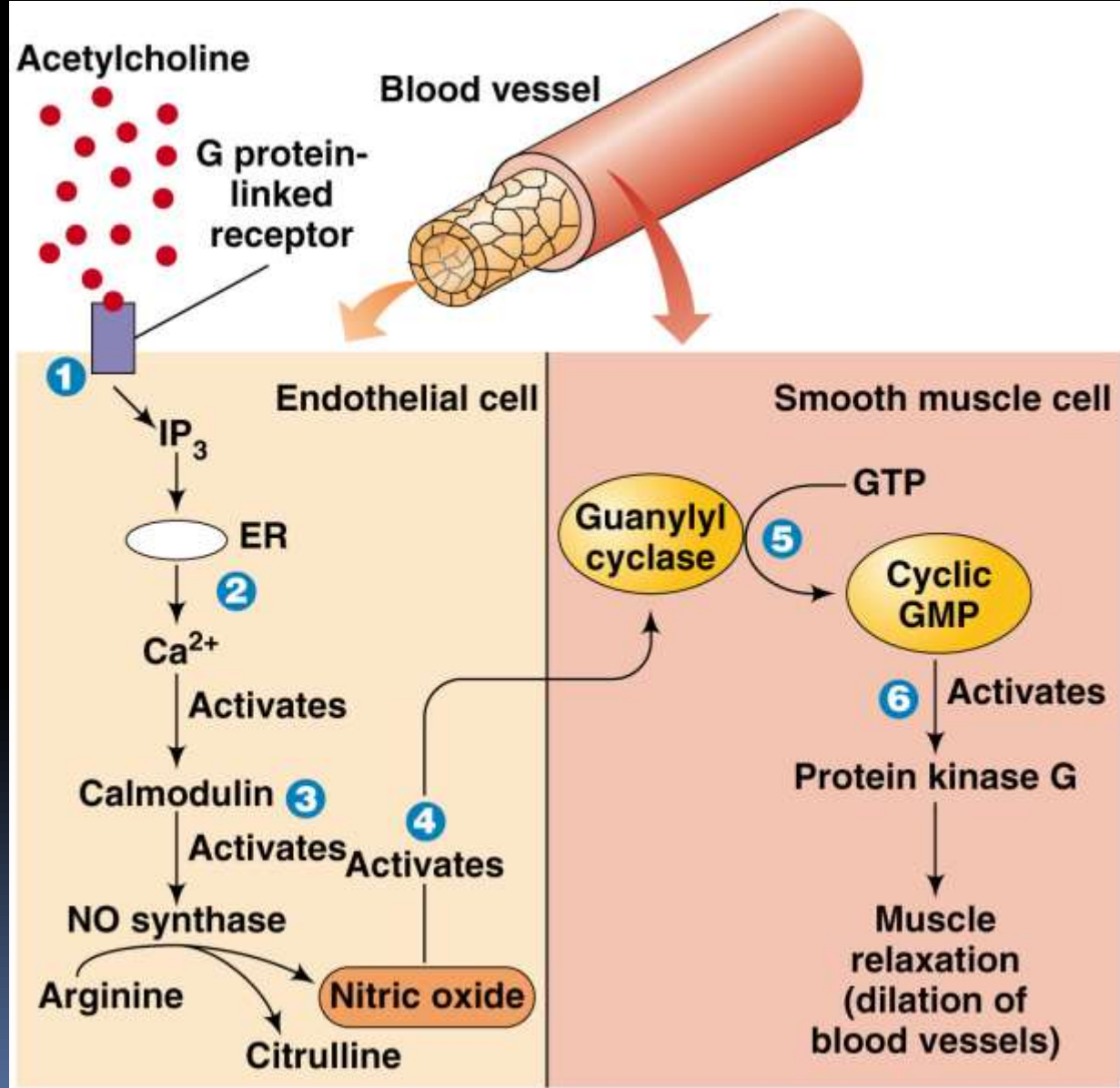
β_2 in bronchi, urinary bladder, uterus, gastrointestinal tract, etc.

Adrenalin (Ad) tak svým působením na B receptory vyvolá snížení celkového periferního odporu a ovlivněním A i B současně *redistribuci průtoku* – v kosterních svalech stoupá, v kožní a splachnické oblasti klesá. Současně ale Ad zvyšuje výkon srdce, takže po vyplavení Ad se nakonec krevní tlak téměř nemění.

NoAd zvyšuje celkový periferní odpor, tepovou frekvenci srdce a tím i krevního tlak.

Acetyl Cholin

Dilatace cév – zvýšení průtoku např. v cévách střeva.

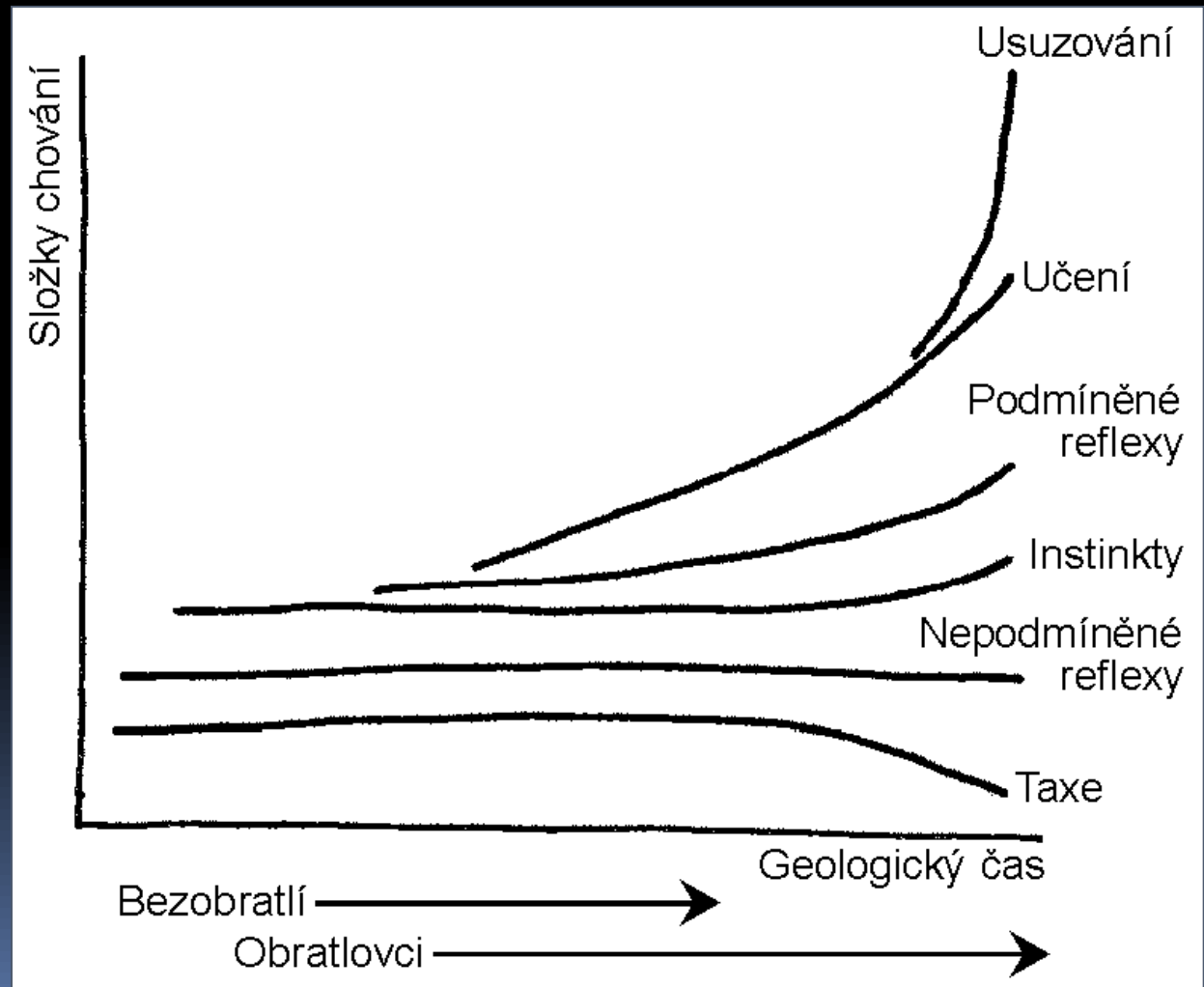


Chování

pohybová aktivita – důležitý prvek udržení homeostázy

Vrozené => učení => získané prvky

Myšlení jako „internalizace“ chování pomocí pojmů řeči



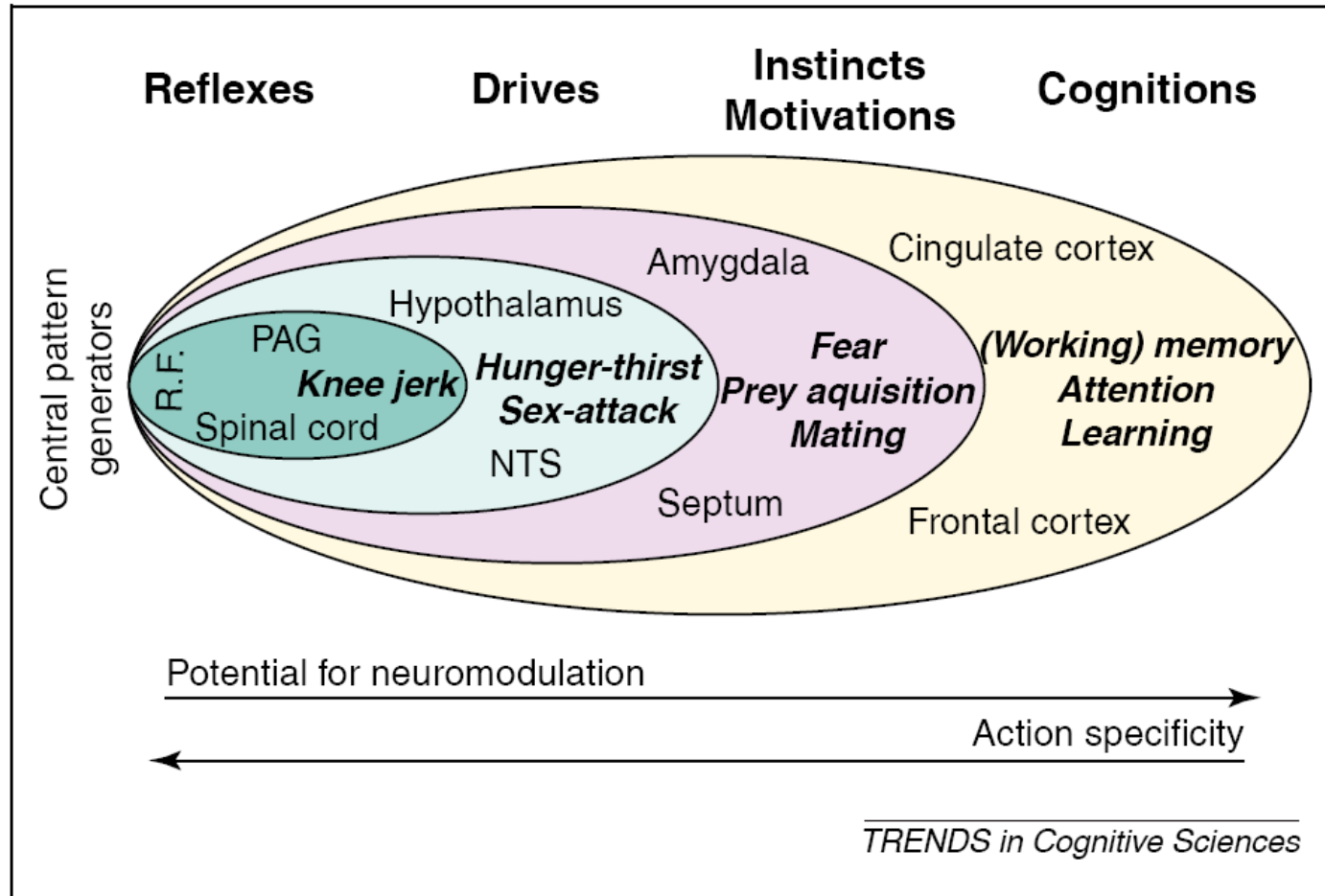
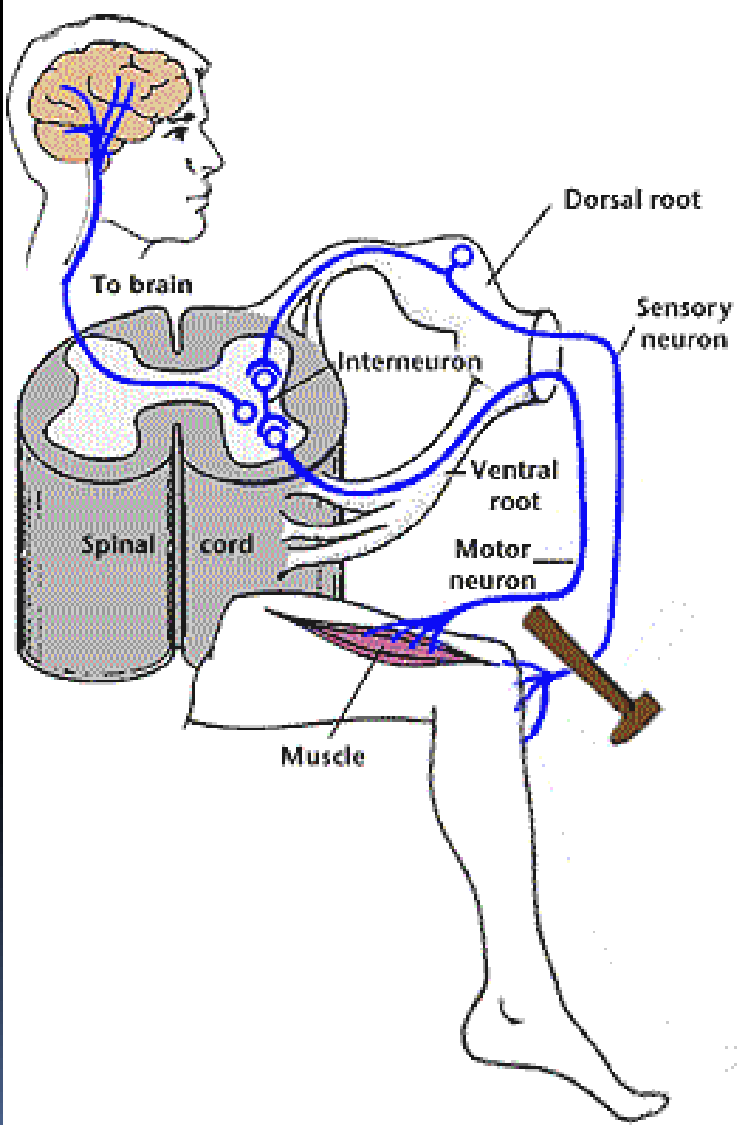


Figure 3. Organization of behavior with respect to potential for neuromodulation and action specificity. Reflexes are fixed, highly specific, motor patterns, the neural substrate of which undergoes few neuromodulations. At the other end of the scale, 'cognitions' are unspecific with respect to sensory stimuli but heavily susceptible to neuromodulation. The colored ellipses represent zones of neural recruitment during emotional expression and experience. It is argued that the neural substrate of emotion is intimately linked to that of neuromodulation. The diagram includes the mapping of brain structures to Reflexes, Drives, Instincts and Motivations, and Cognitions. Abbreviations: PAG: Periaqueductal gray; R.F.: reticular formation; NTS: nucleus of the solitary tract. See [54] for details.

Vrozené: Taxe, nepodmíněné reflexy, motorické programy, instinkty, emoce



Instinktivní chování: v základech vrozené, modifikované zkušeností.

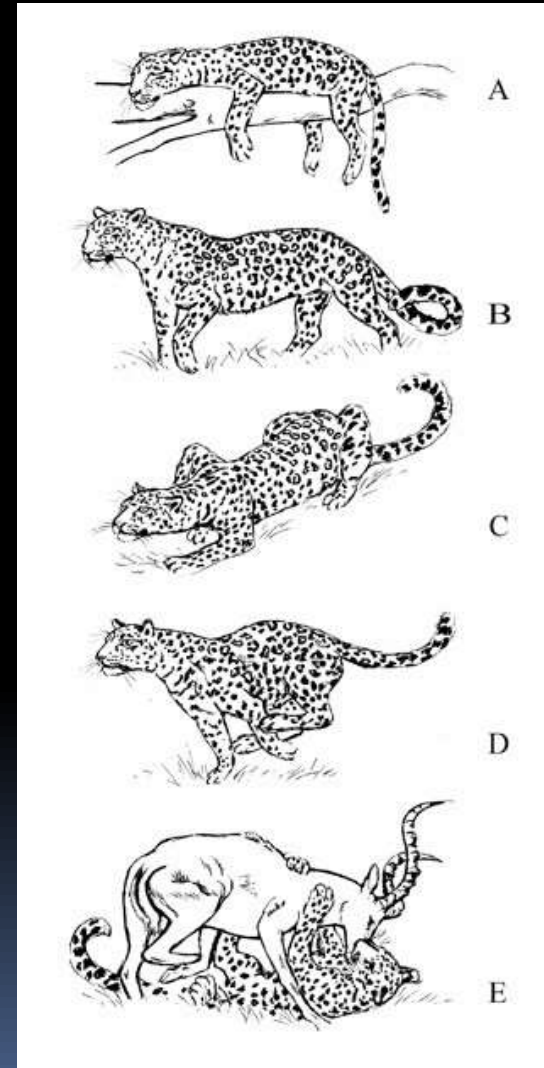
vyladění, motivace
apetenční chování
klíčový podnět
konečné chování
klidová fáze

Vakuový děj
Nadnormální klíčový podnět

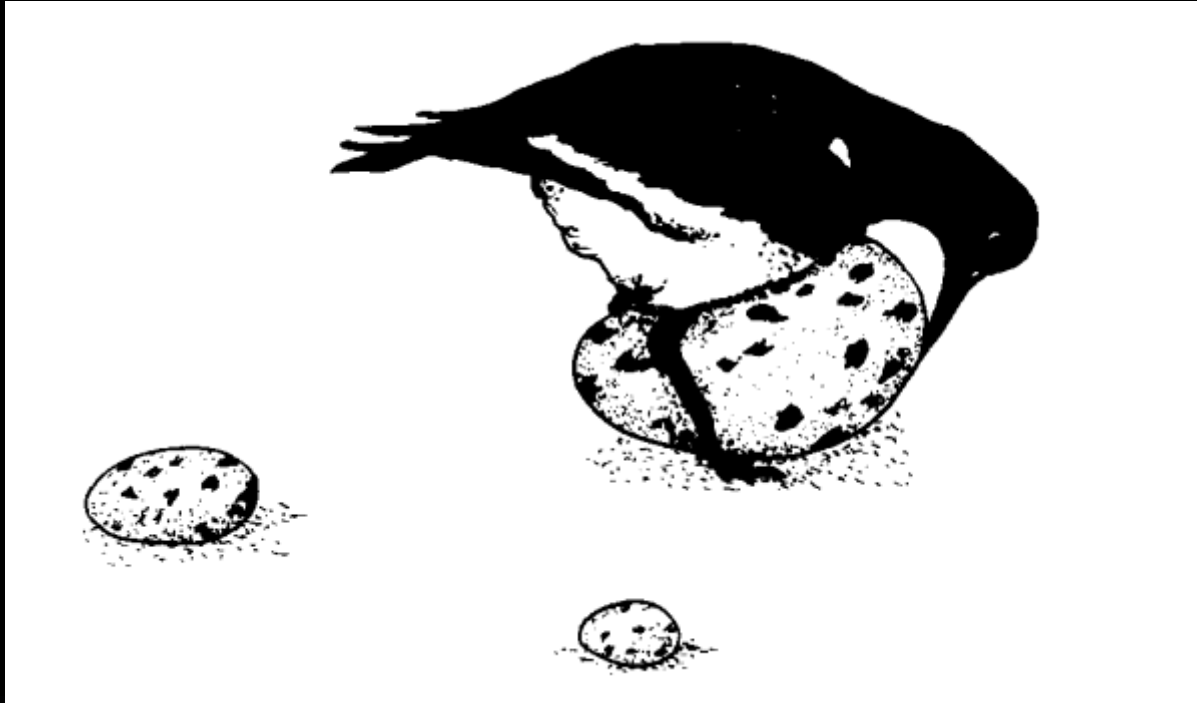
Instinktivní chování: v základech vrozené, modifikované zkušeností.

vyladění, motivace
apetenční chování
klíčový podnět
konečné chování
klidová fáze

Vakuový děj
Nadnormální klíčový podnět



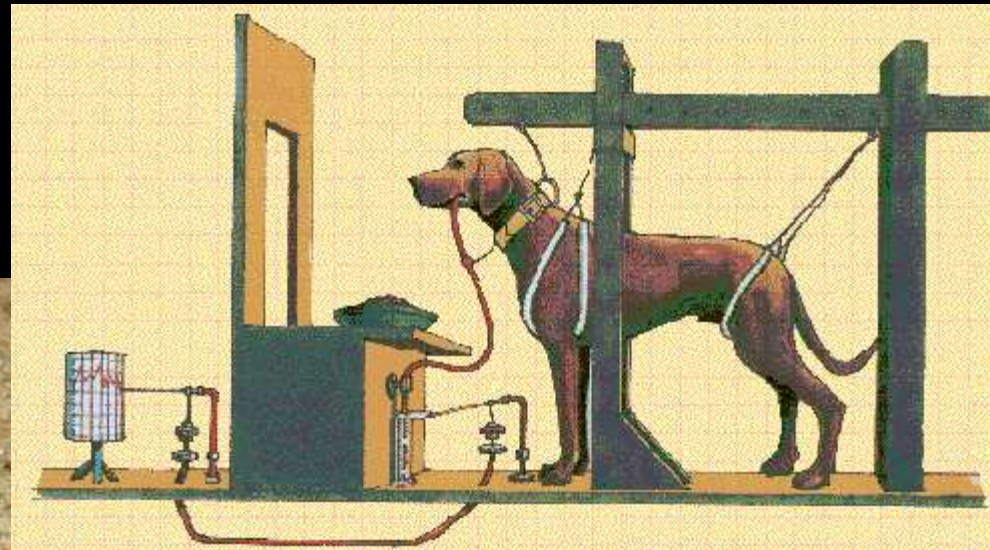
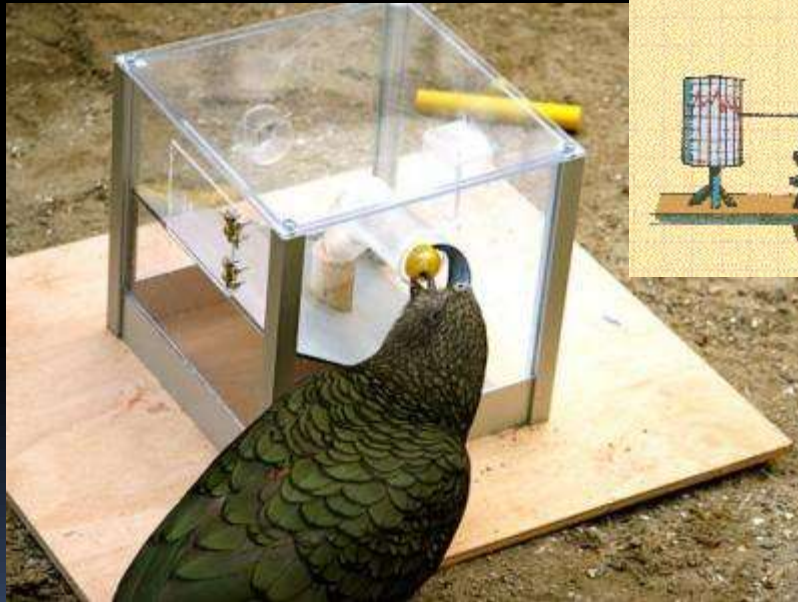
Instinktivní chování: v základech vrozené, modifikované zkušeností.



Vakuový děj
Nadnormální klíčový podnět



Získané: neasociativní, asociativní učení (podmíněné reflexy, napodobování, hra, vtištění, vhled)

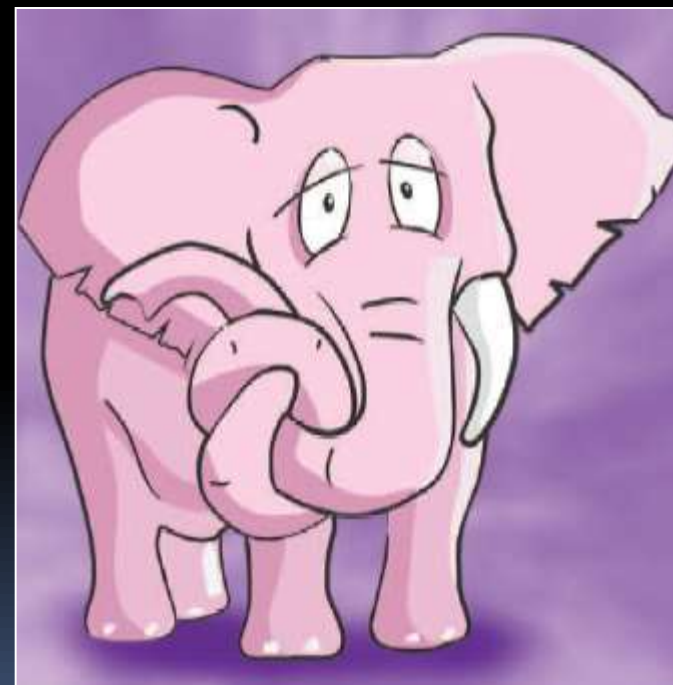


Paměť:

Čas: krátkodobá, střednědobá, dlouhodobá

Typ informace: nedeklarativní (pohybové vzorce - plavání,
percepční schémata - čtení)

deklarativní (dějová, rozpoznávací, významová)

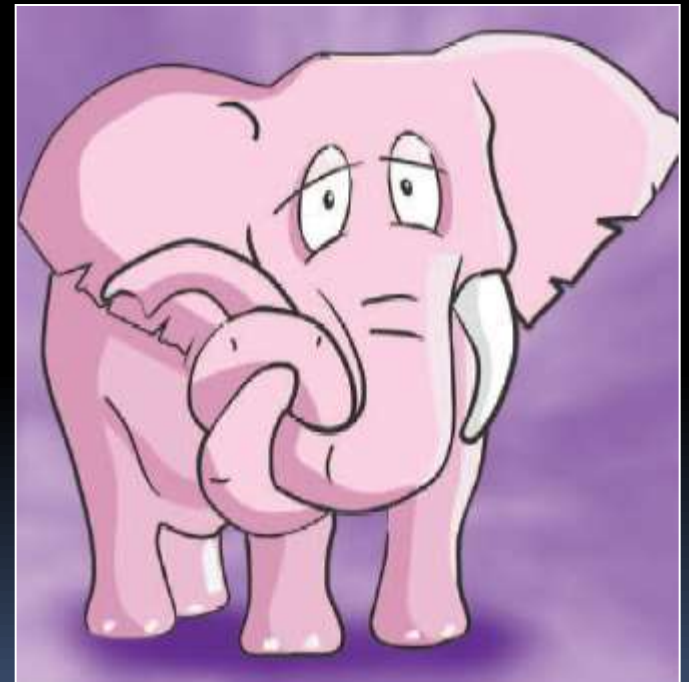


Mechanismus?

Plasticita NS

Krátkodobá – změny funkční

Dlouhodobá – změny morfologické



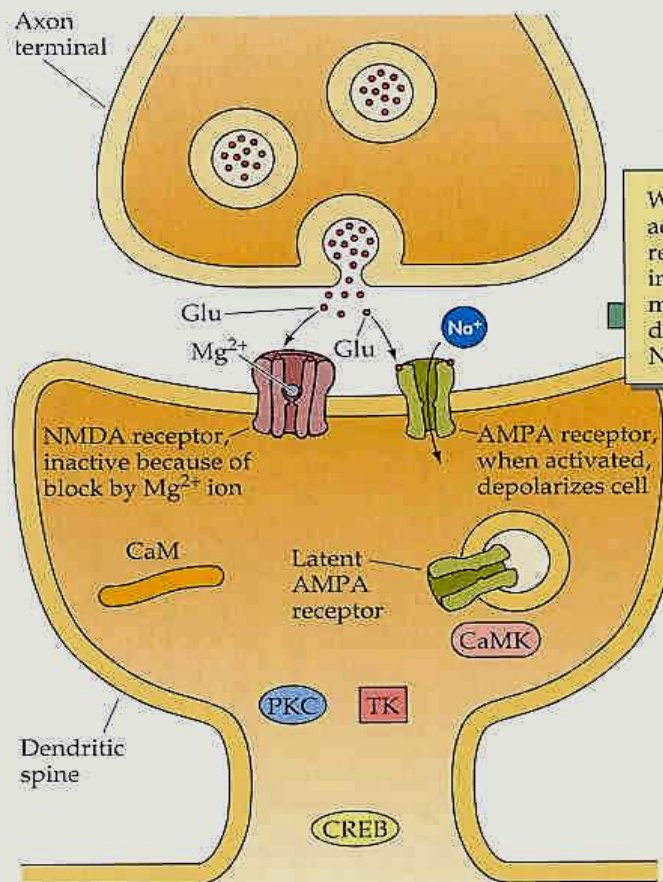
Synaptická plasticita – rychlá změna funkce

554

CHAPTER 18

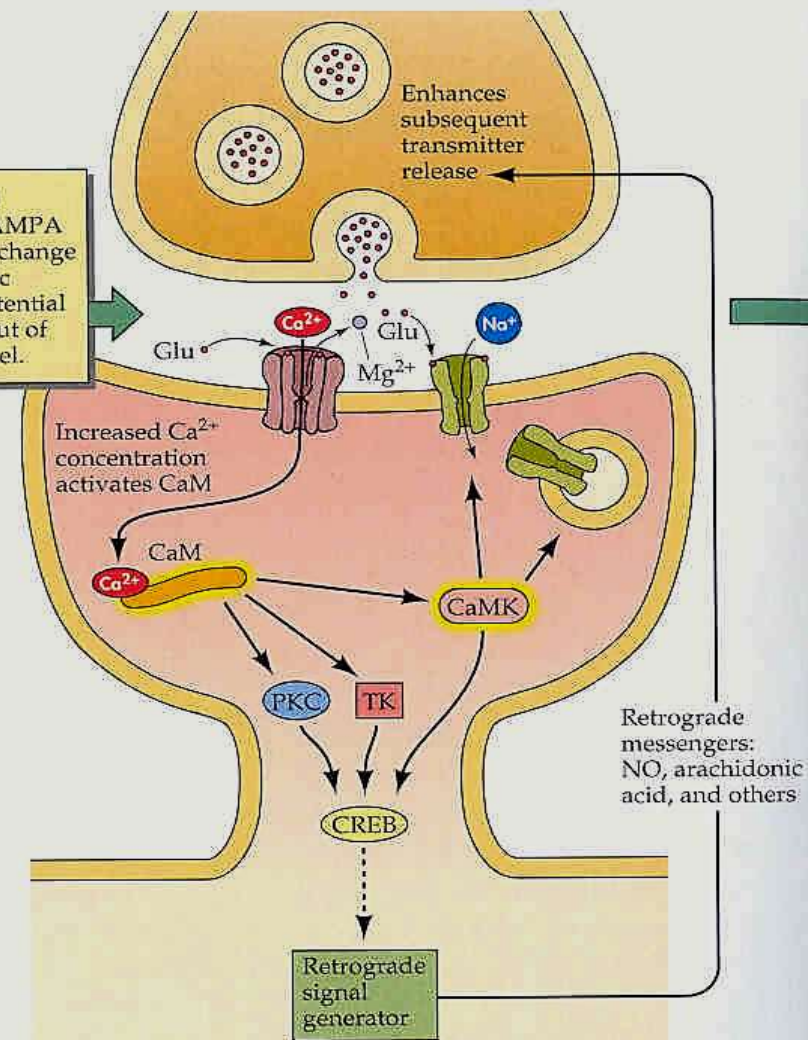
Pre- i Post-synaptické modifikace signálového přenosu po dráždění

(a) Normal synaptic transmission



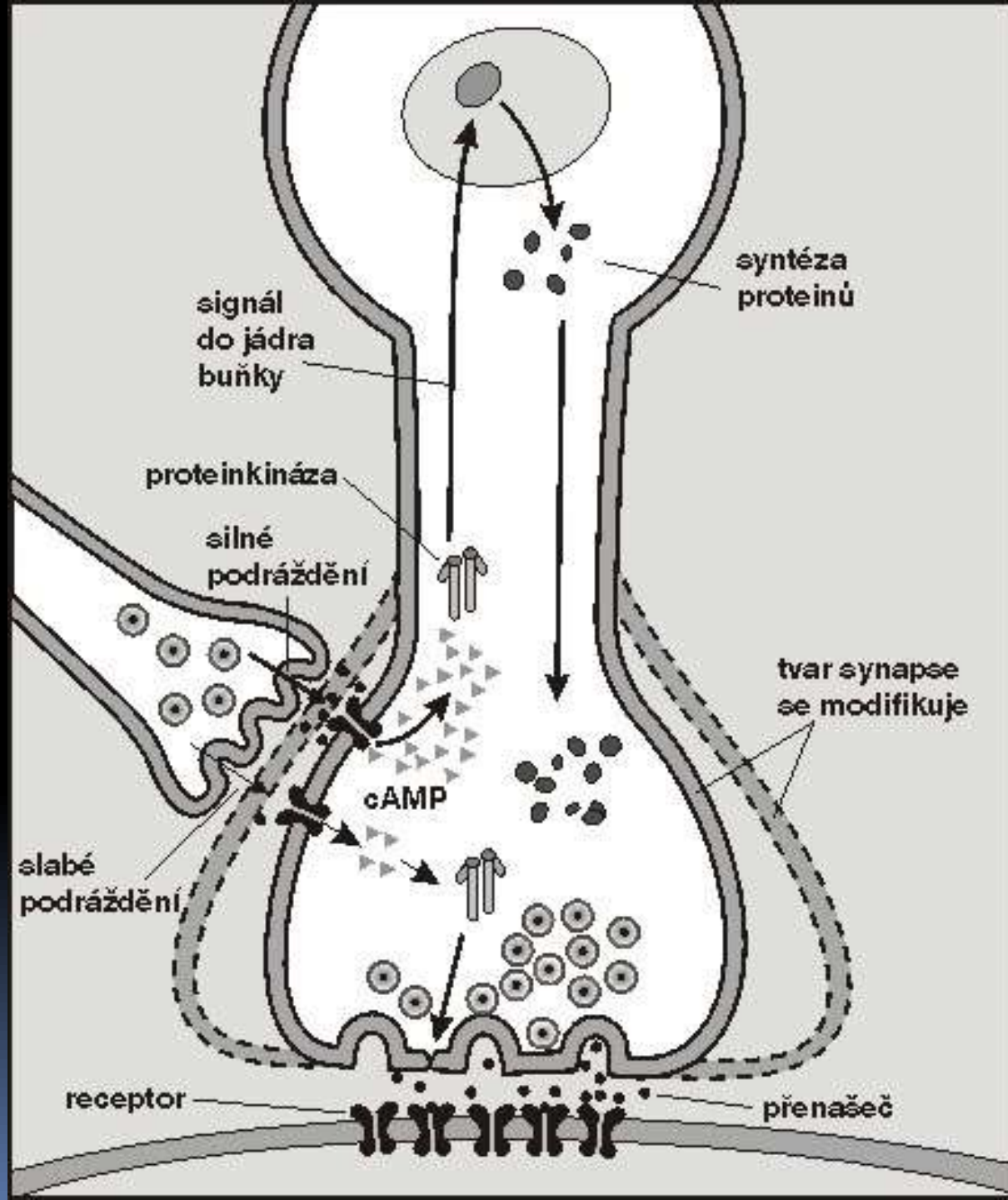
(b) Induction of LTP

With repeated activation of AMPA receptors, the change in postsynaptic membrane potential drives Mg²⁺ out of NMDA channel.



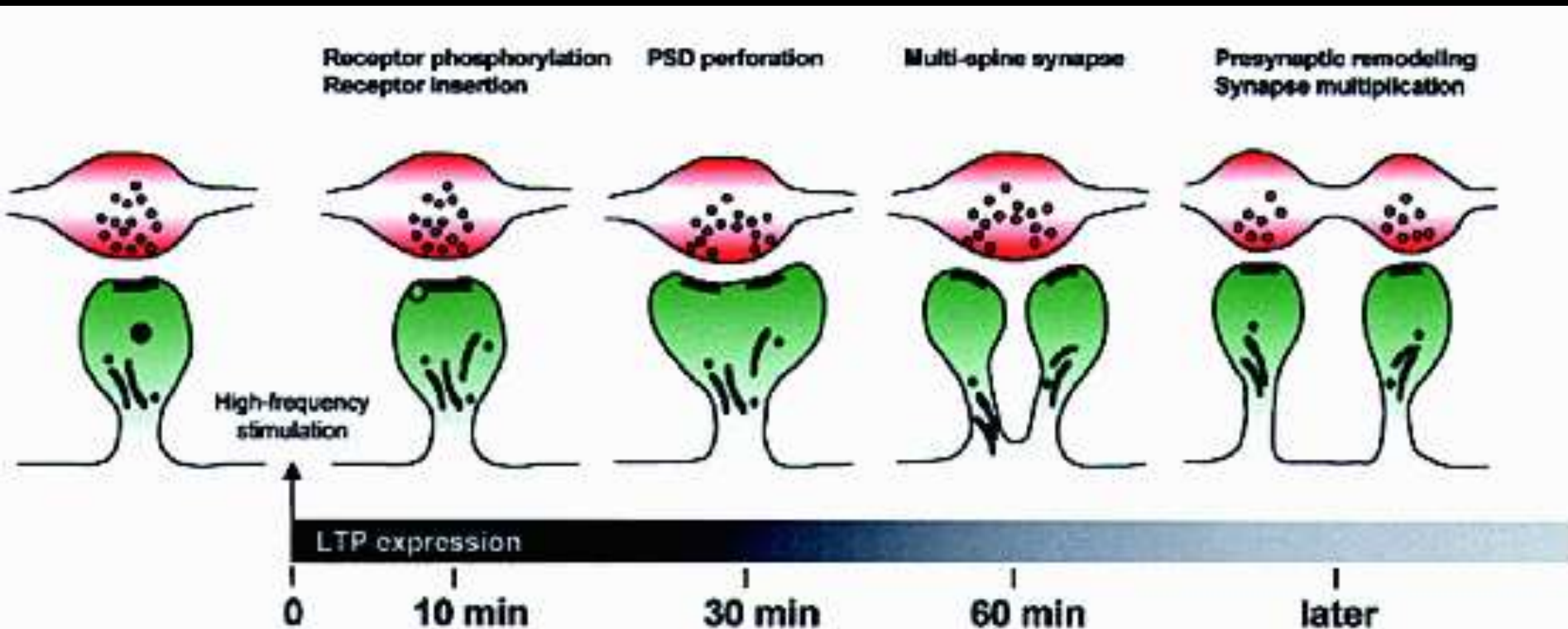
Synaptická Plasticita-dlouhodobá

Modifikace stavby – Jak presynaptická...

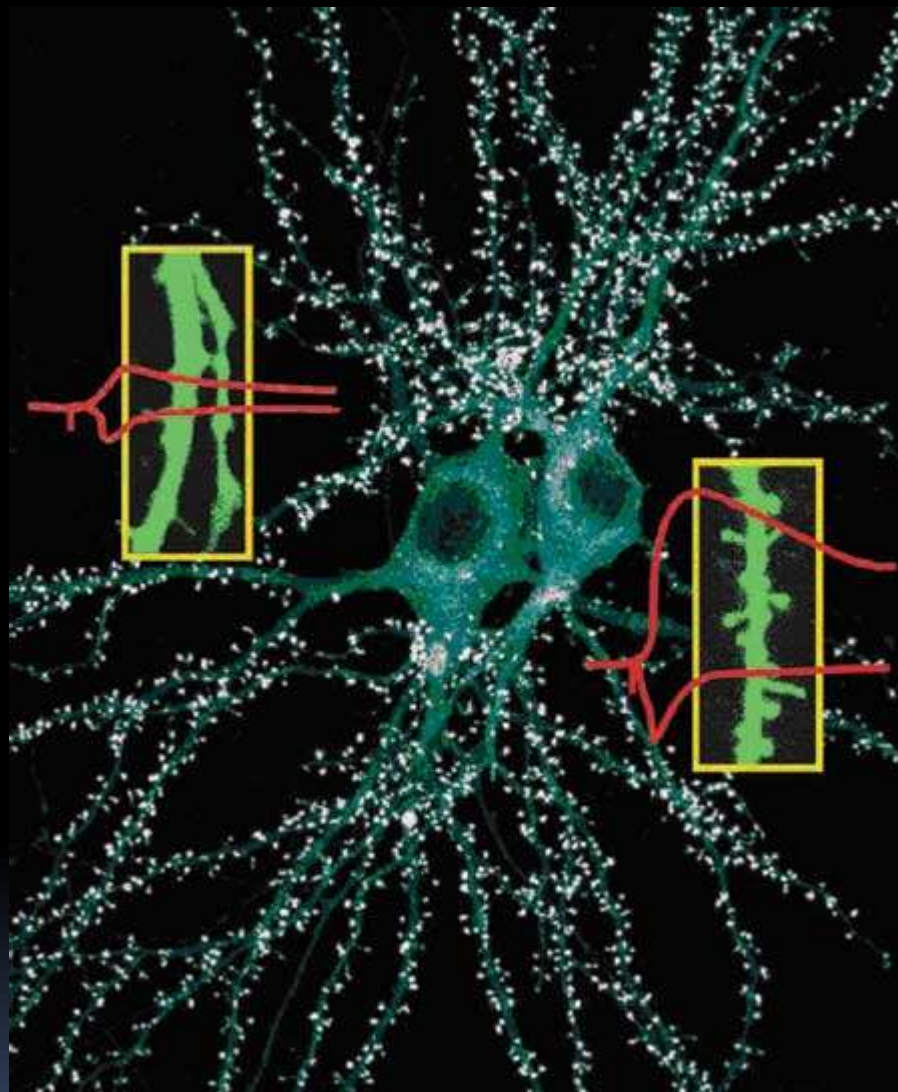


Synaptická plasticita - dlouhodobá

...Tak postsynaptická: dendritické trny místem přestavby



Dendritické trny
místem přestavby



Chemie nervového systému

Účinky na psychiku

Účinky neurotransmiterů prostřednictvím synaptického přenosu

neurotransmitter	dostupnost (aktivita neurotransmiteru)	lék
serotonin	deprese	antidepresivum
acetylcholin	Alzheimerova nemoc	inhibitory acetylcholinesterázy, která odbourává acetylcholin
g-aminomáselná kyselina (GABA)	úzkost (tzv. generalizovaná)	anxiolytika (usnadňují účinek kyseliny g-aminomáselné)
dopamin	pozitivní příznaky schizofrenie	antipsychotika (blokují účinek dopaminu)

snížena ↓
↑ zvýšena

Příklady testovacích otázek ke zkoušce z Fyziologie živočichů

1. Vysvětlete existenci klidového membránového potenciálu. Zmiňte roli K^+ a Na^+ .

Příklad správné odpovědi na plný počet bodů: Hlavní roli mají ionty Na^+ , K^+ , Cl^- a intracelulární fixní anionty bílkovin. Klidový potenciál je asi $-90mV$. Příčiny vzniku: A) Elektrogenní Na/K pumpa čerpá 2 K^+ dovnitř buňky a 3 Na^+ ven. B) Propustnost membrány – Sodíková propustnost je nízká, zavřené kanály nedovolují Na^+ vracet se do buňky. Elektrická i koncentrační síla působí vysokou hnací sílu sodíku. Draslíková propustnost je vysoká, jeho elektrická a protichůdná koncentrační síla se vyrovnávají – je blízko svému rovnovážnému potenciálu.

2. Popište děje při přenosu vzruchu mezi dvěma neurony přes synaptické spojení.

Příklad správné odpovědi na plný počet bodů: AP dorazí na synaptický knoflík. Depolarizace způsobí otevření napěťově vrátkovaných Ca kanálů. Nárůst intracelulárního Ca^{2+} vyvolá přesun a exocytózu vezikul s mediátorem do štěrbin synapse. Mediátor se naváže na receptory postsynaptické membrány. Zde se otevřou kationtové kanály (přímo nebo přes kaskádu G-protein – adenylát cykláza – cAMP). Vzniklá depolarizace zvyšuje pravděpodobnost vzniku nového AP na iniciálním segmentu. Mediátor je ze štěrbin odstraněn enzymaticky nebo endocytózou.