

MOZEČEK

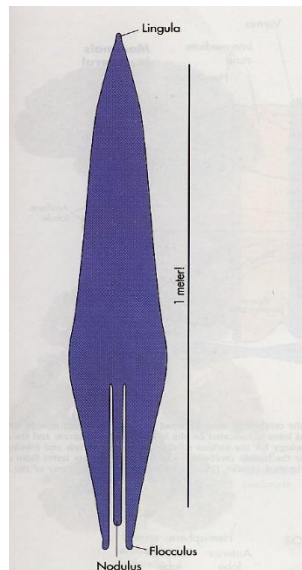
David Kachlík

Mozeček = Cerebellum

10 % hmotnosti celého mozku

více než $\frac{1}{2}$ neuronů celého mozku

$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ plochy mozku



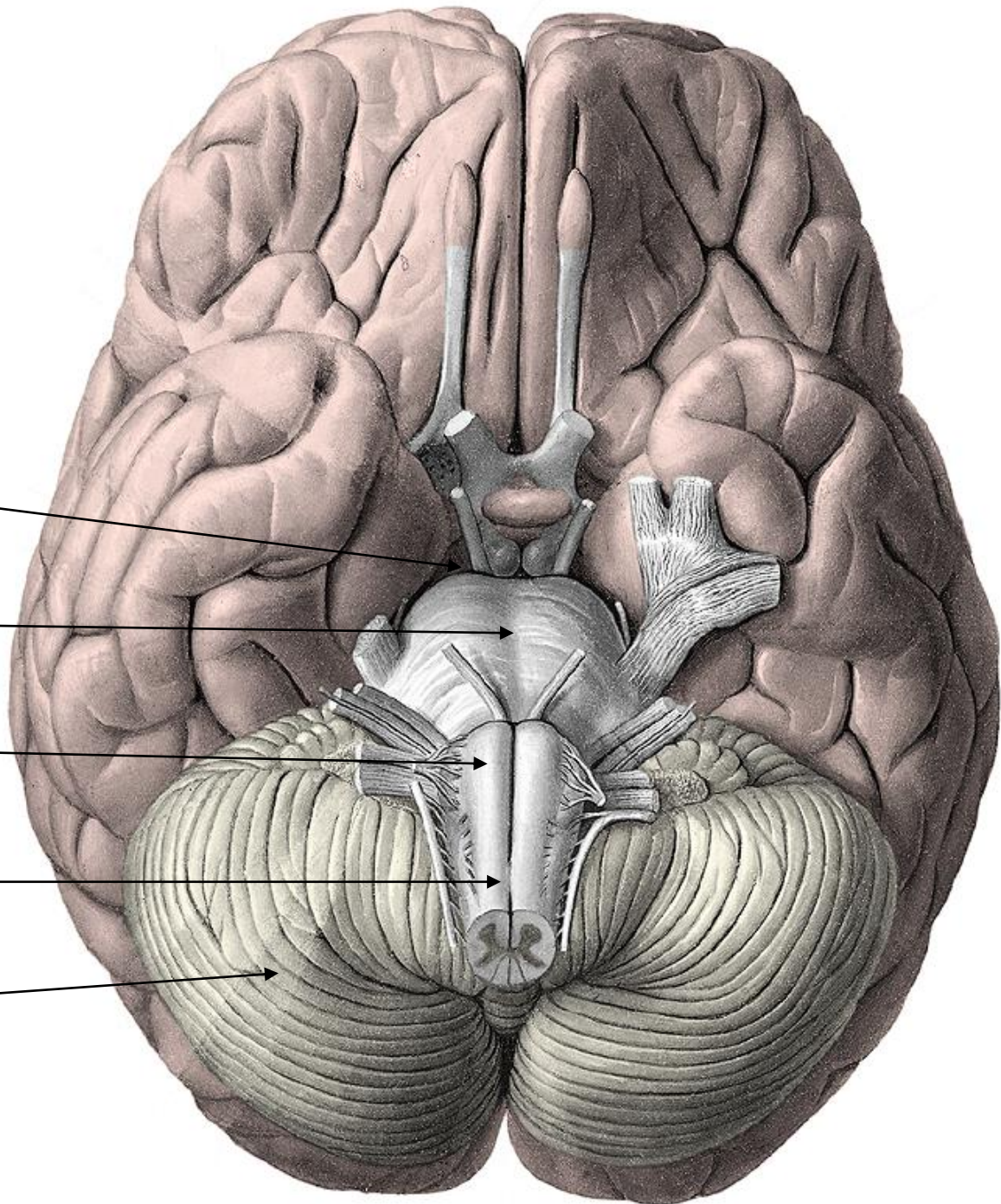
Mesencephalon

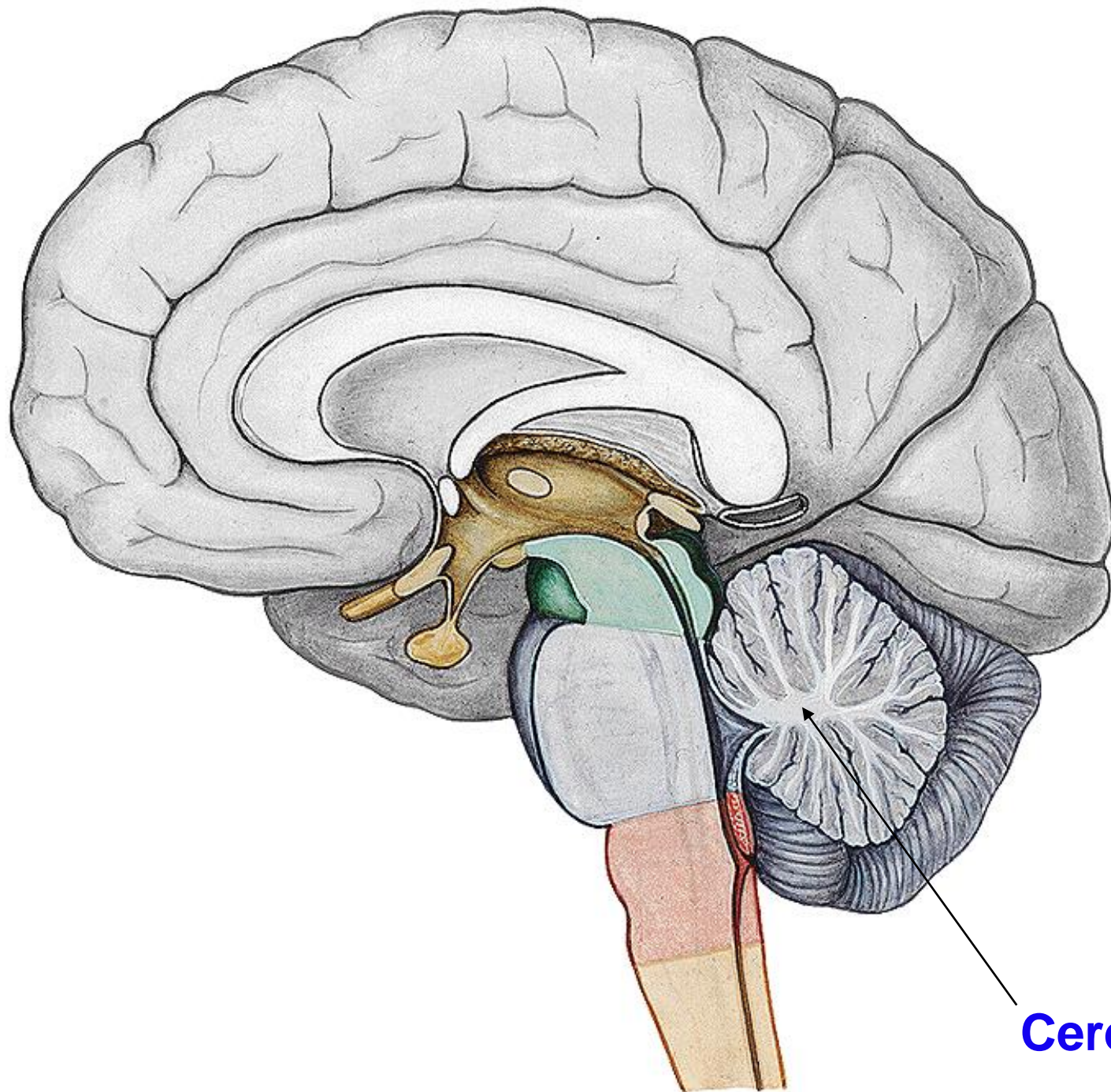
Pons

Medulla oblongata

Medulla spinalis

Cerebellum





Cerebellum

Mozeček – dělení

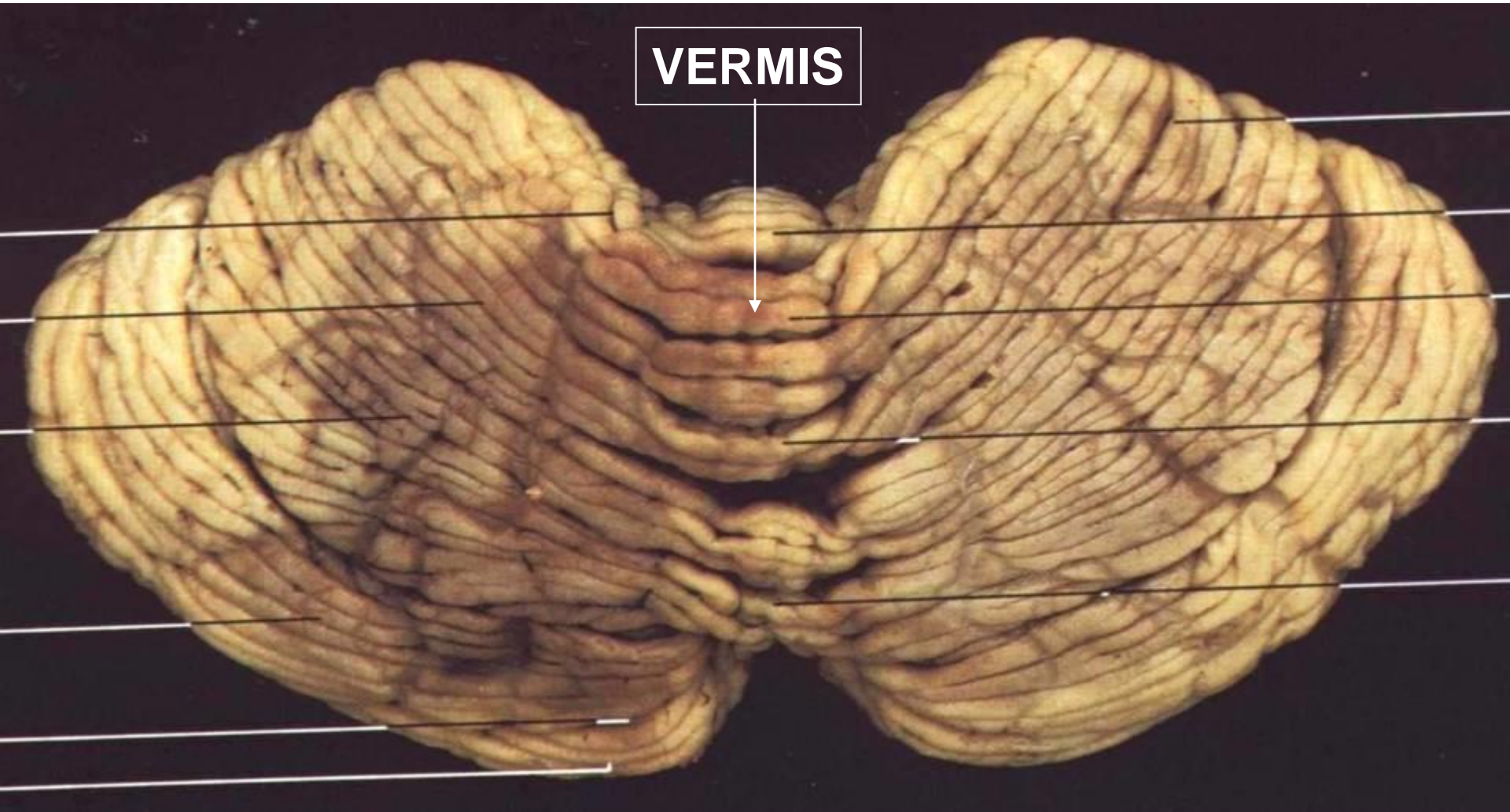
- dle vývoje:
 - archicerebellum
 - paleocerebellum
 - neocerebellum
- dle funkce:
 - vestibulocerebellum
 - spinocerebellum
 - cerebrocerebellum (= pontocerebellum)
- dle funkčního umístění:
 - vermis a lobus flocculonodularis
 - paravermální (intermediální) zóna
 - hemisféry (laterální zóna)
- dle vnější stavby:
 - lobus anterior
 - lobus posterior
 - lobus flocculonodularis

Mozeček – popis

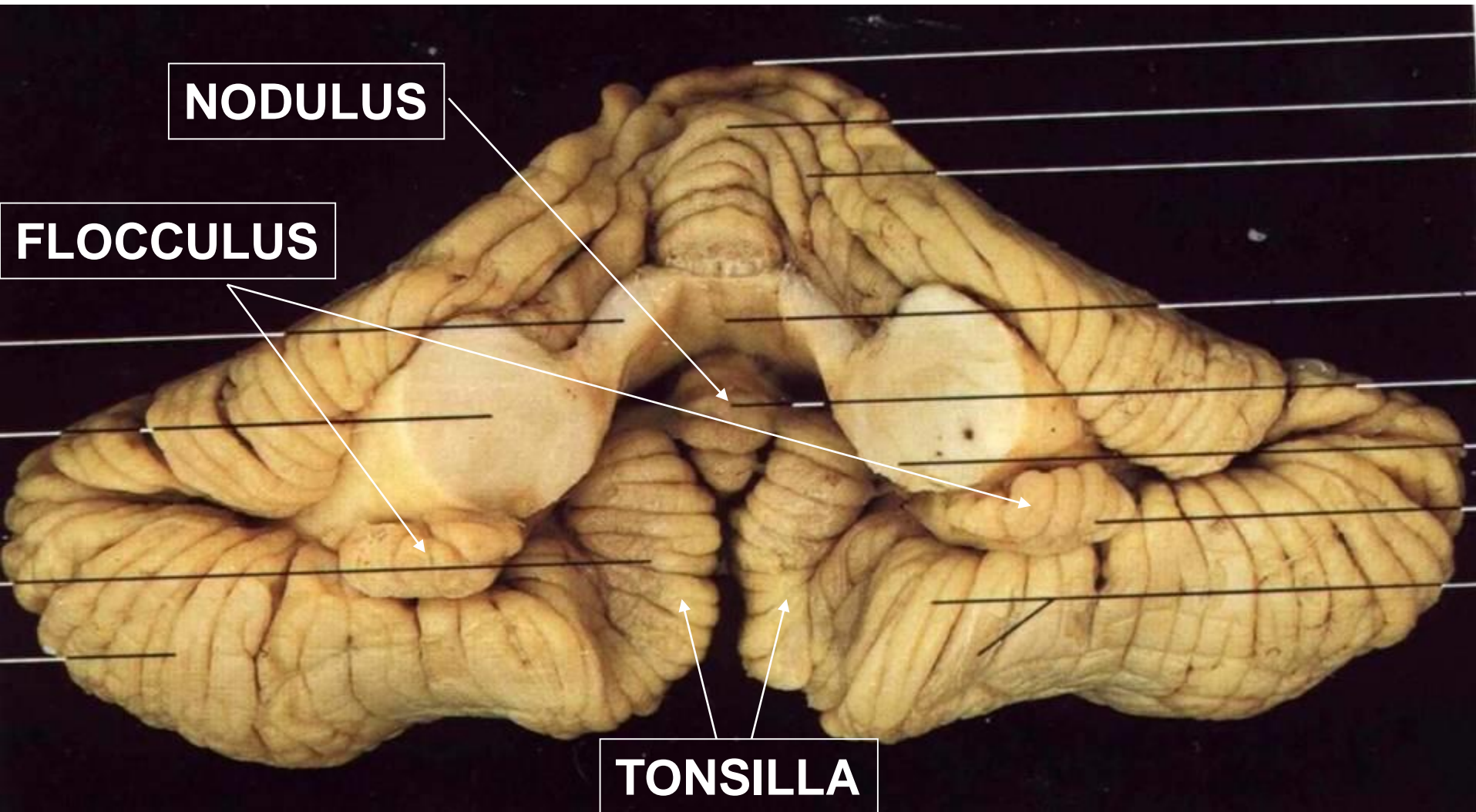
- **folia cerebelli** (*lístky*)
- **fissurae cerebelli** (*štěrbiny*)
- **vermis** (*červ*) – nepárový uprostřed
- **hemispheria** (*polokoule*) – párové
- **3 lobi** (*laloky*)
 - menší části
 - 10 v červu [I - X] – např. nodulus
 - 10 v polokoulích [H I - H X]
 - **tonsilla** – při otoku se vsouvá do foramen magnum a utlačuje kmen
 - flocculus



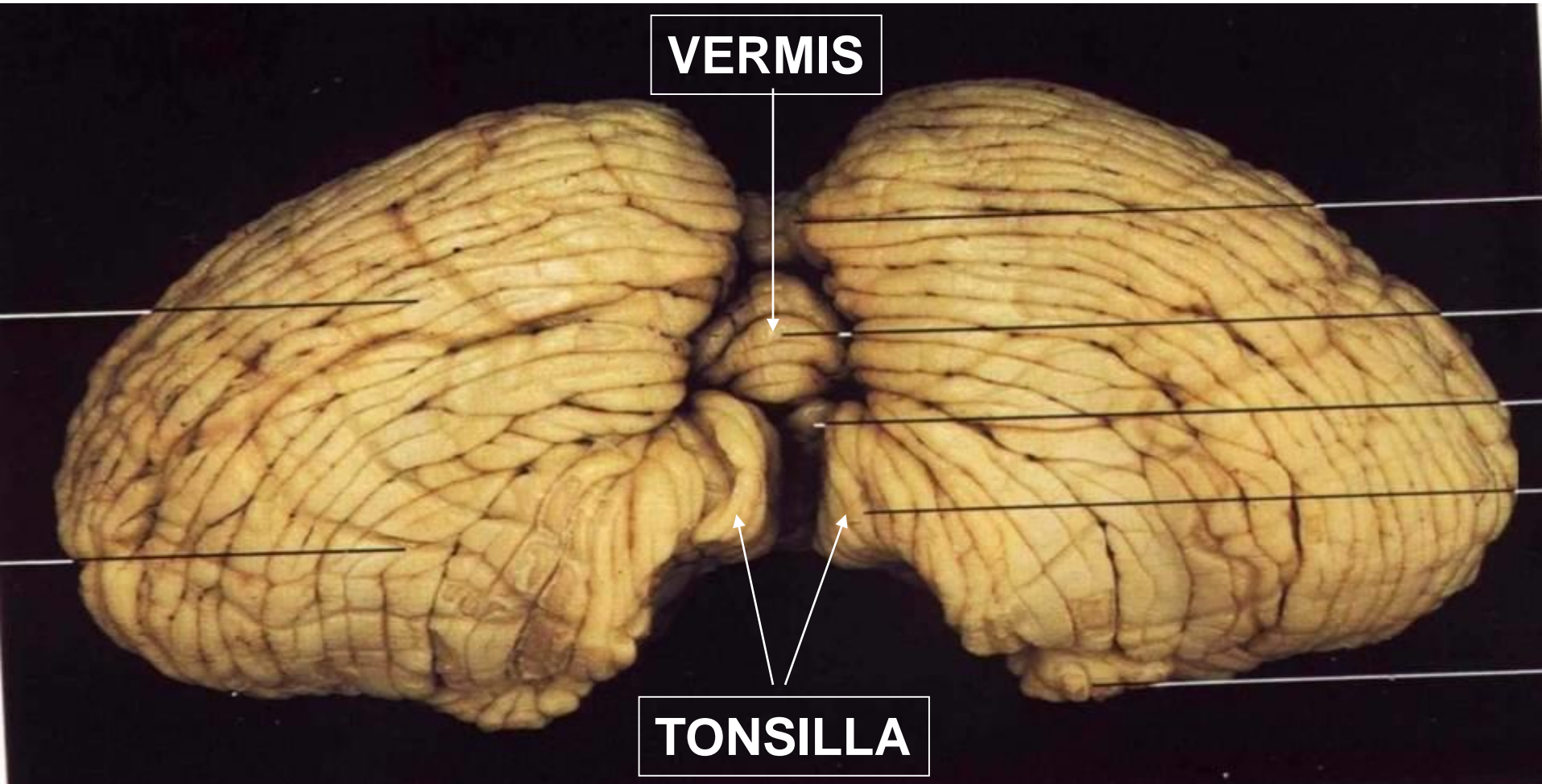
Mozeček – zadní pohled

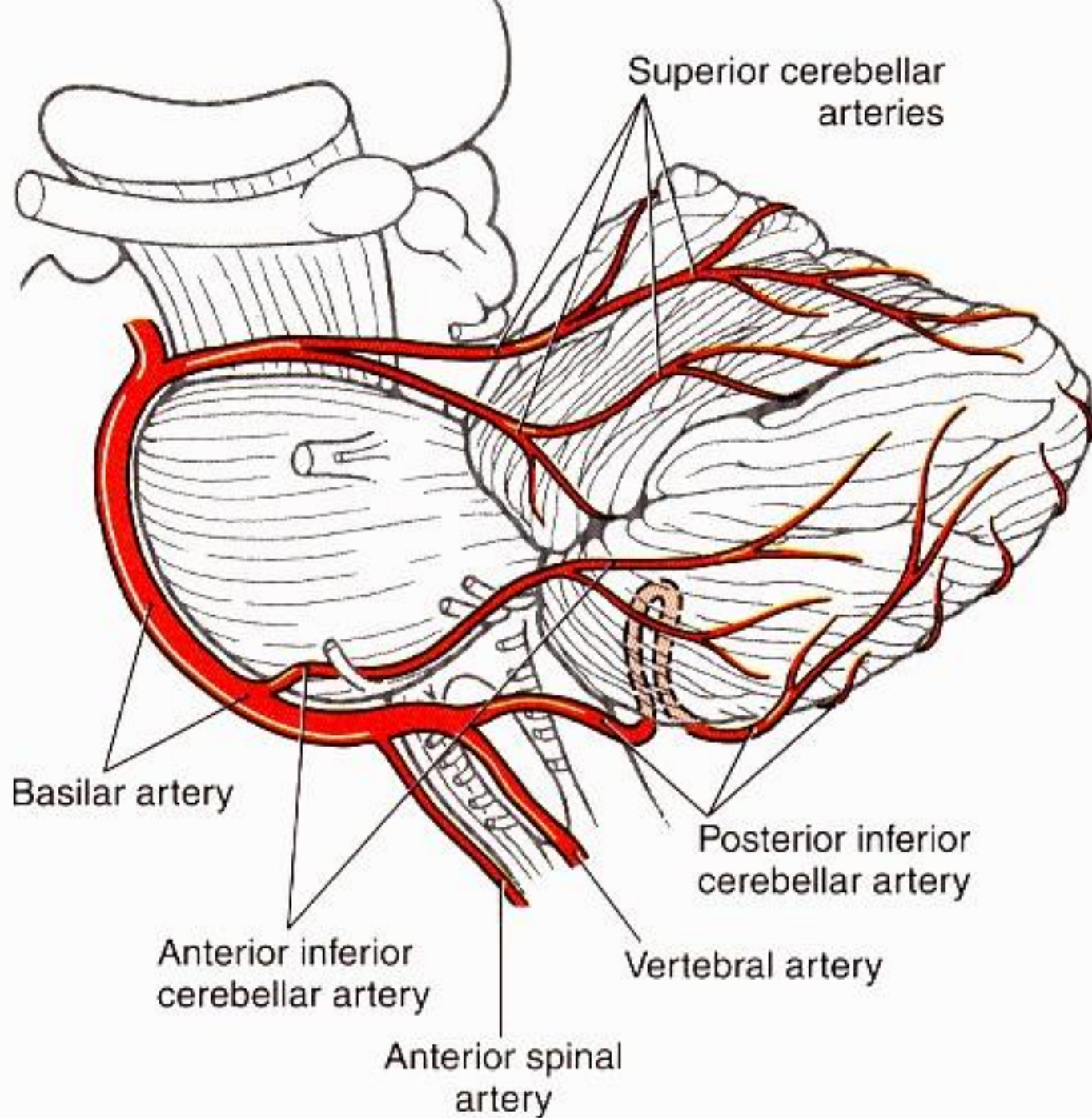


Mozeček – přední pohled



Mozeček – dolní pohled

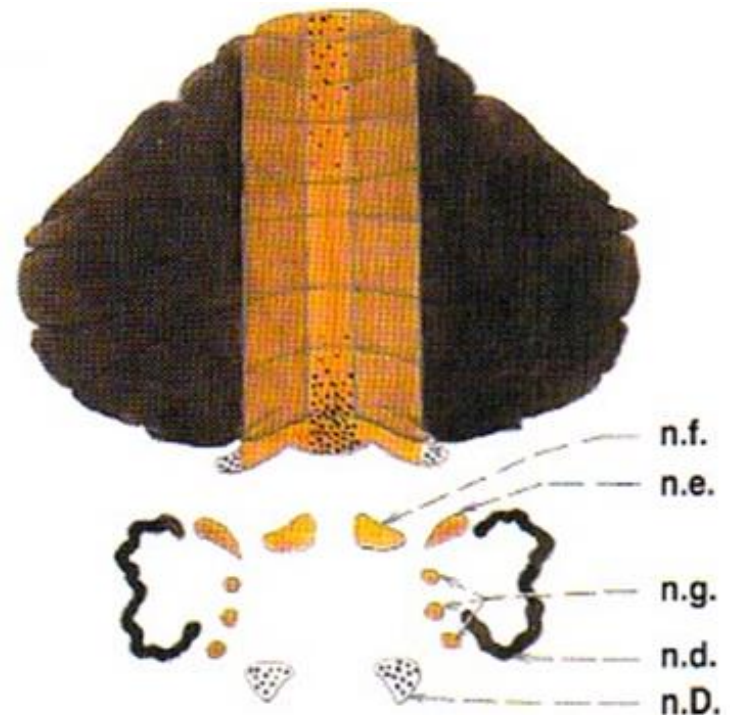
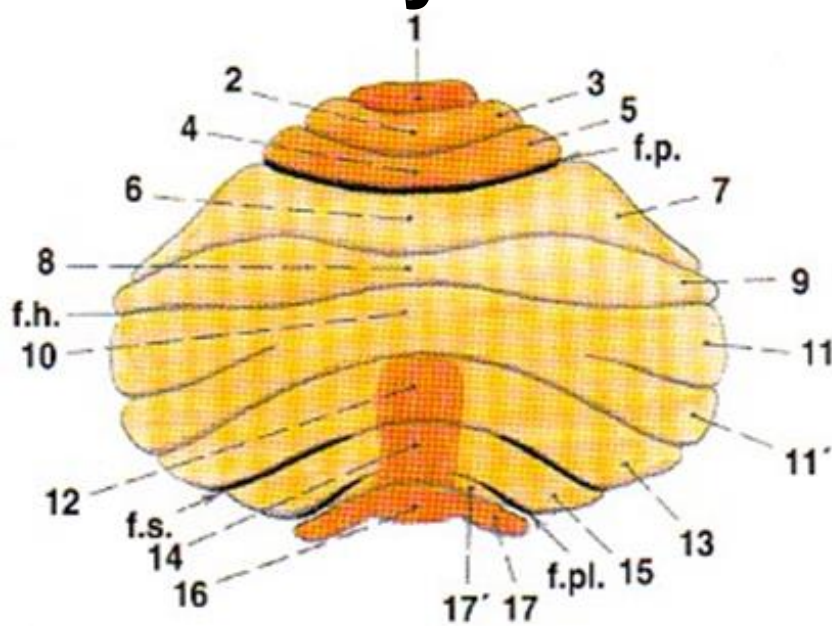




Mozeček – funkční části

3 podélné zóny

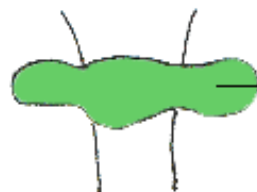
- **vermis + lobus flocculonodularis**
- **paravermální kůra**
- **hemisféry**



VÝVOJ MOZEČKU

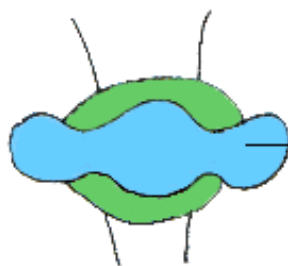
dorzální pohled (pohled shora)

RYBY



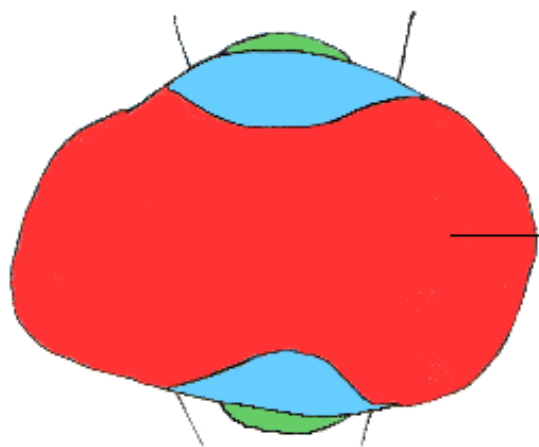
vestibulocerebellum

PLAZI



spinocerebellum

SAVCI

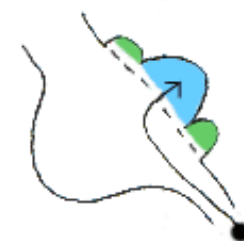


neocerebellum

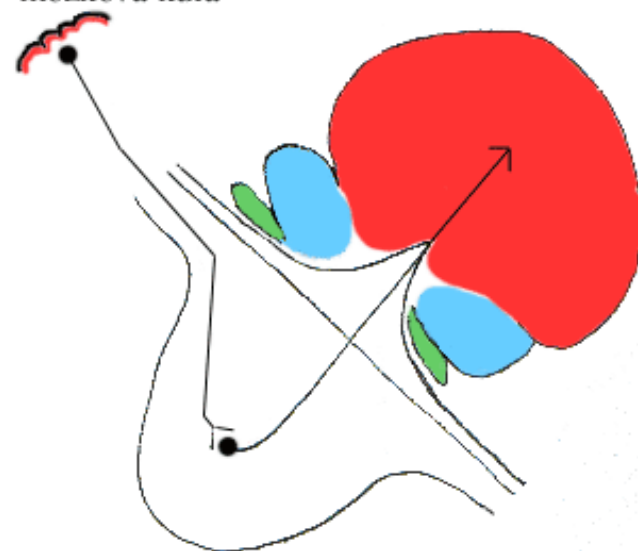
laterální pohled



PONS



mozková kůra



Mozeček – vývojové části

- lobus anterior [I-V + H I - H V]

= **spinocerebellum = paleocerebellum**

fissura prima

- lobus posterior [VI-IX + H VI - H IX]

= **pontocerebellum = neocerebellum**

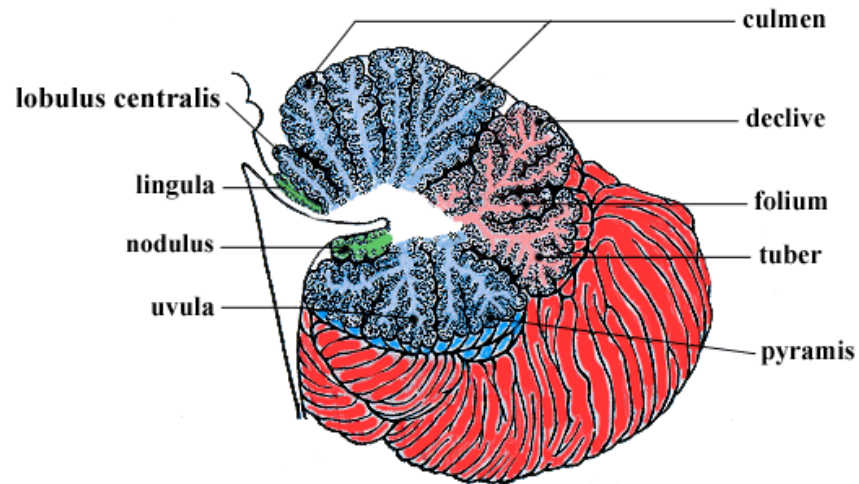
fissura posterolateralis

- lobus flocculonodularis [X + H X]

= **vestibulocerebellum = archicerebellum**

SCHÉMA FYLOGENETICKÉHO VÝVOJE MOZEČKU

pohled na sagitální řez skrz vermis cerebelli



PŮVODNÍ
HYPOTETICKÝ STAV



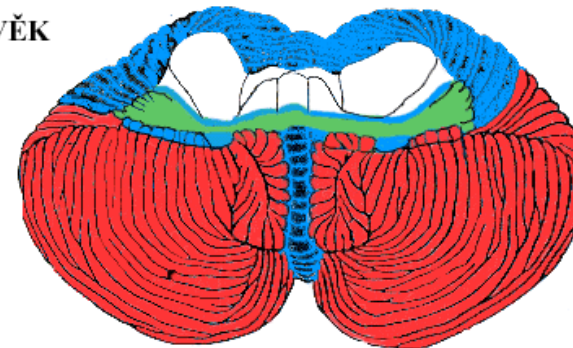
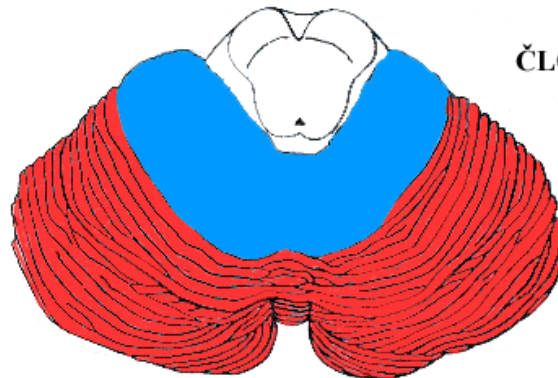
PLAZI



SAVCI

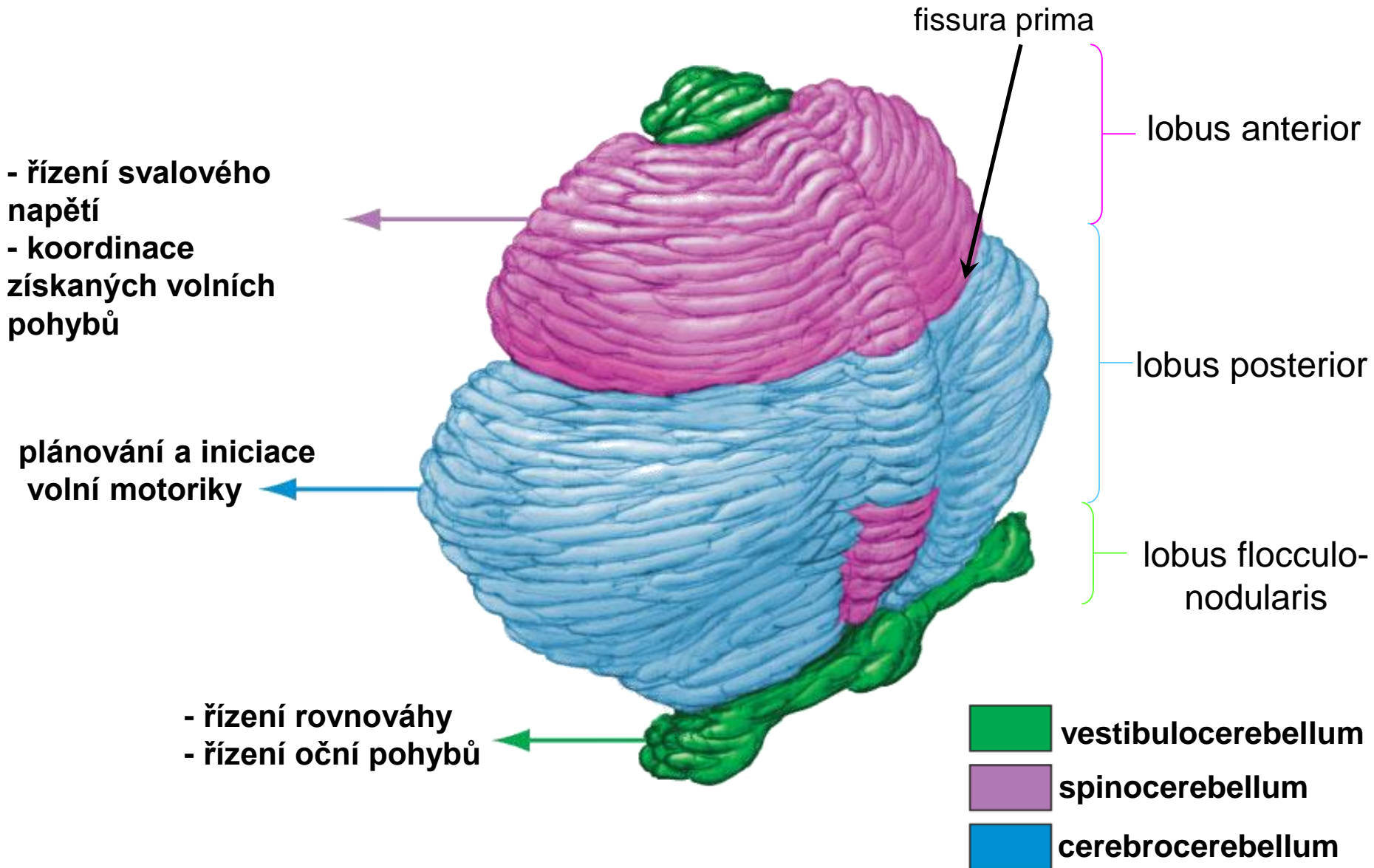


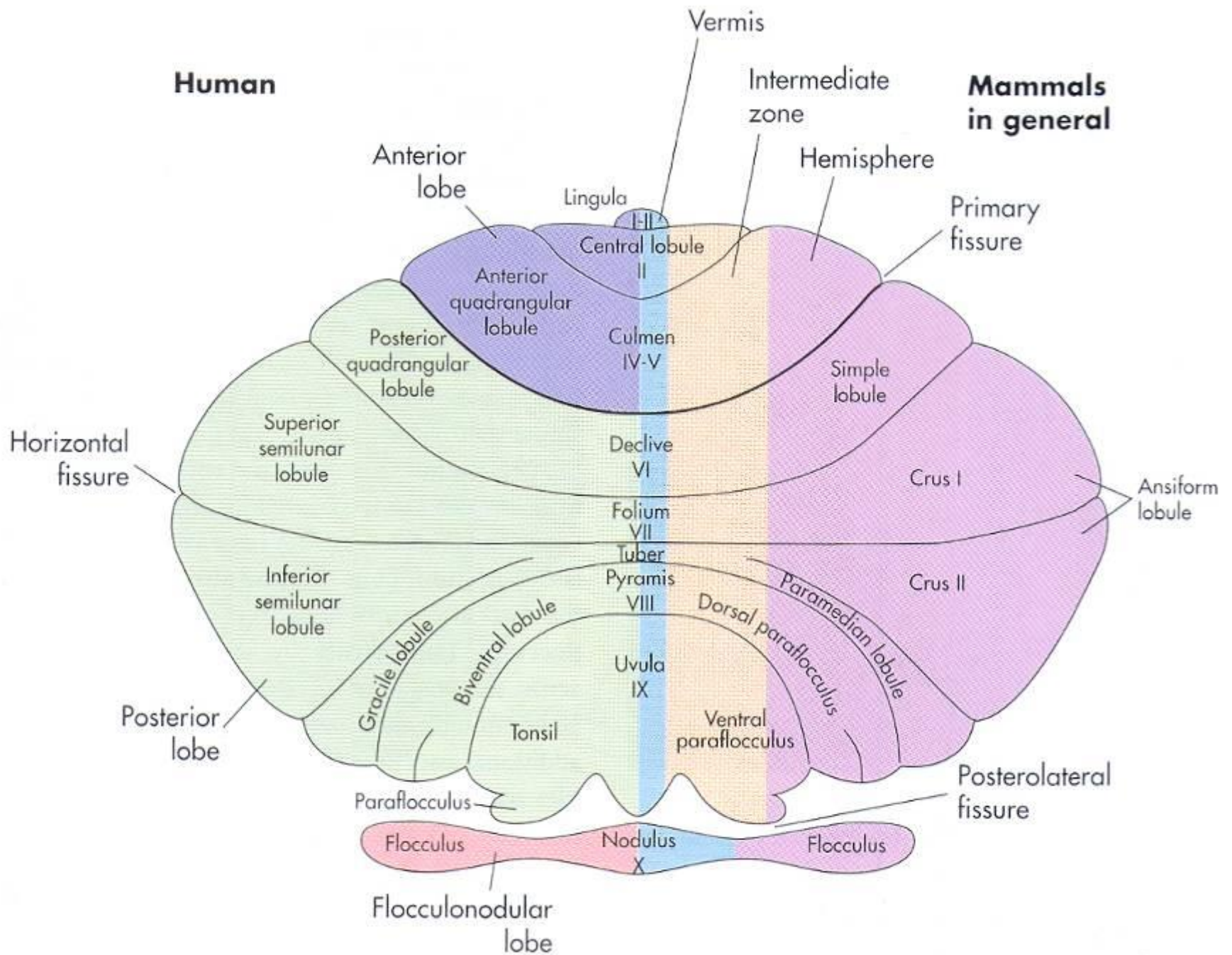
ČLOVĚK



zeleně - vestibulocerebellum
modře - spinocerebellum
červeně - neocerebellum

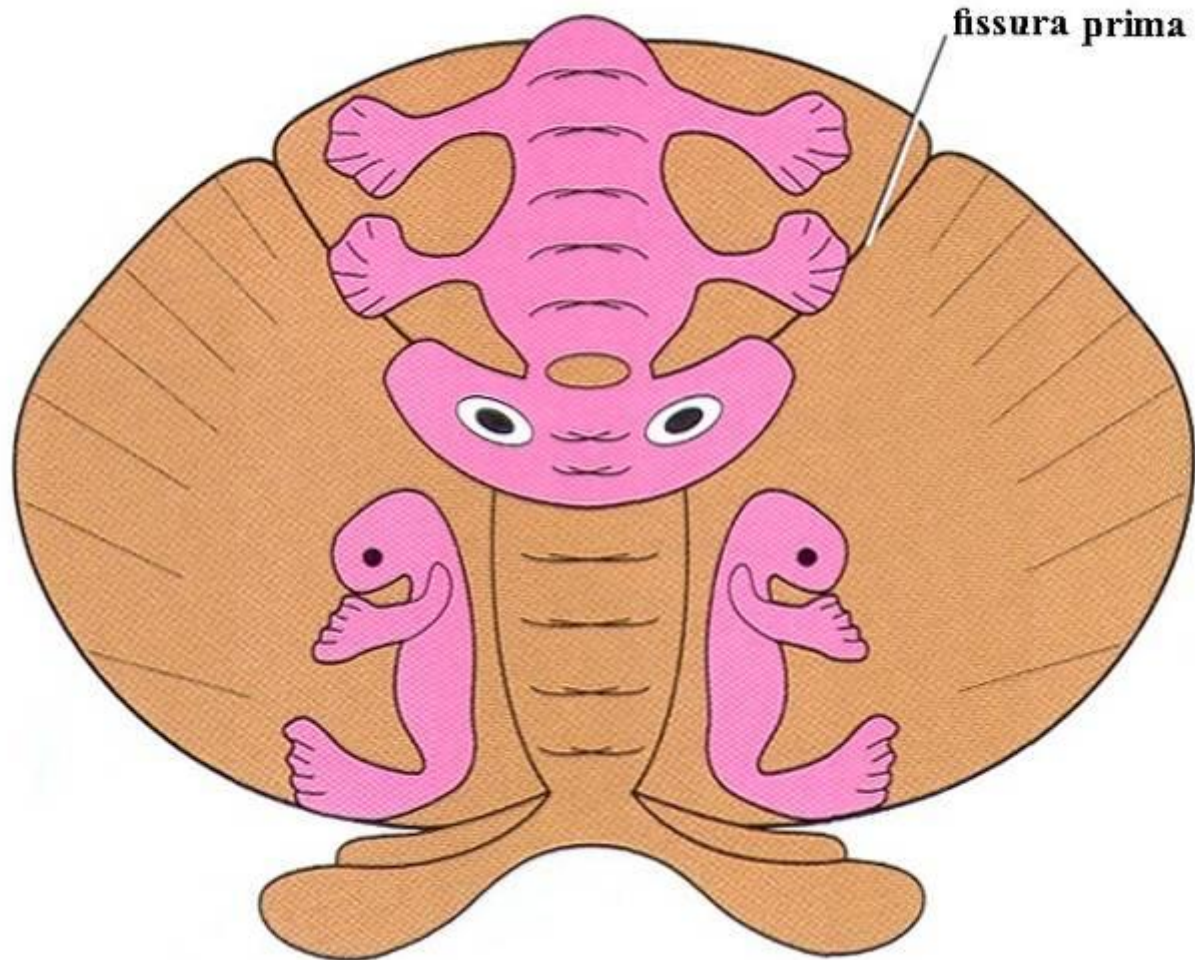
Mozeček





Mozečkový homunkulus

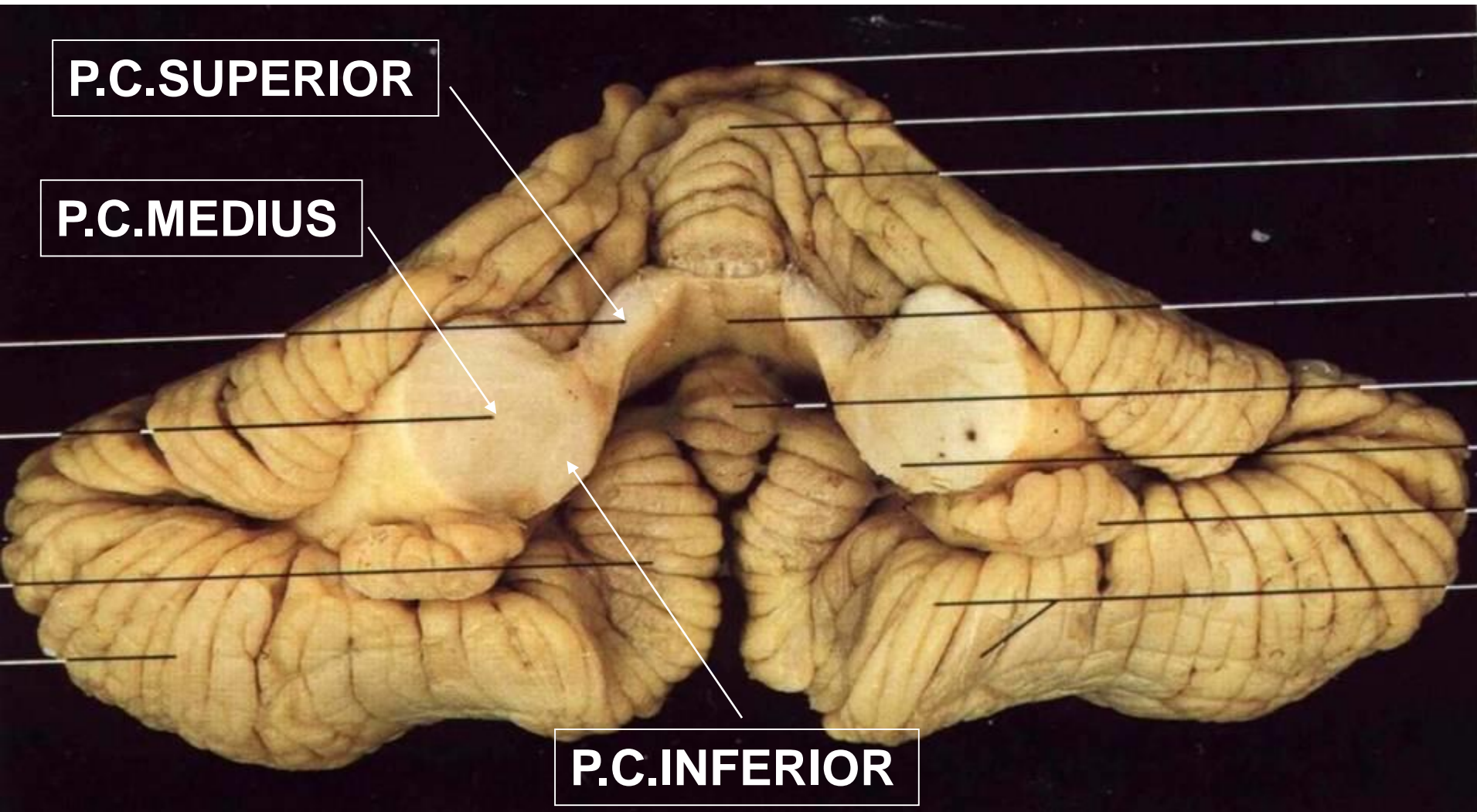
PROJECTIO SOMATOSENSORIA



Mozeček – stopky

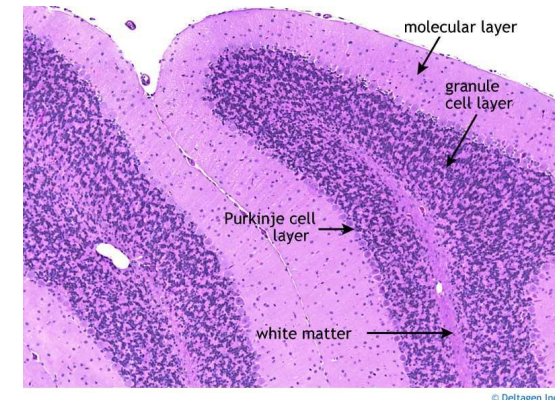
- **pedunculus cerebellaris inferior**
 - corpus restiforme
 - corpus juxtarestiforme
- **pedunculus cerebellaris medius**
(= brachium pontis)
 - AF: *tractus cortico-ponto-cerebellaris*
- **pedunculus cerebellaris superior**
(= brachium conjunctivum)

Mozeček – přední pohled

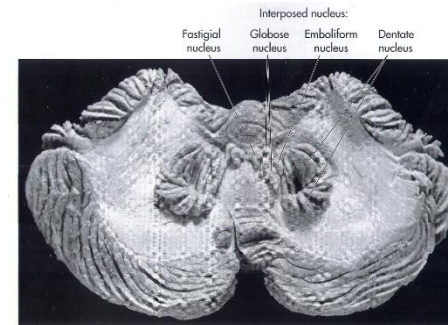


Mozeček – vnitřní stavba

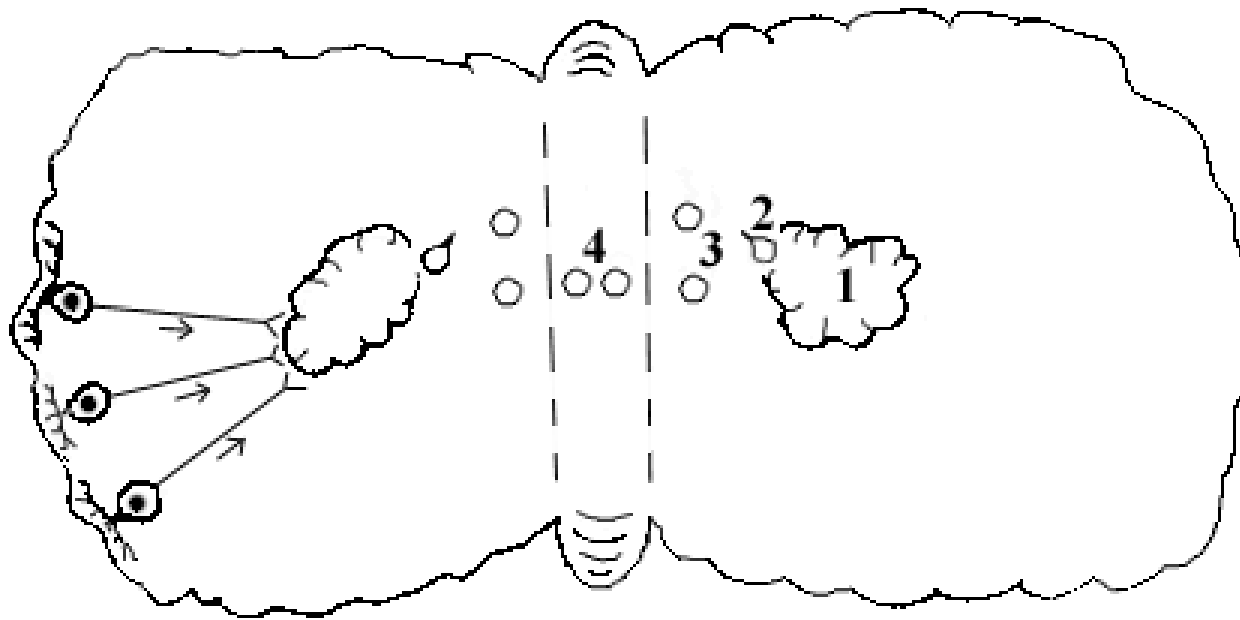
- **cortex cerebelli (kůra mozečku):** strata (3 vrstvy) – *arbor vitae*
 - stratum moleculare
 - stratum purkinjese
 - stratum granulosum



- **corpus medullare cerebelli:** nuclei cerebelli 4 párová jádra („Don't Eat Greasy Food“)
 - nucleus dentatus (= lateralis cerebelli)
 - nucleus emboliformis (= interpositus anterior)
 - nucleus globosus (= interpositus medialis)
 - nucleus fastigii (= medialis cerebelli)



Mozeček – jadra



- 1 - nucleus dentatus
(ncl. lateralis cerebelli)
- 2 - nucleus emboliformis
(ncl. interpositus anterior)
- 3 - nucleus globosus
(ncl. interpositus posterior)
- 4 - nucleus fastigii
(ncl. medialis cerebelli)

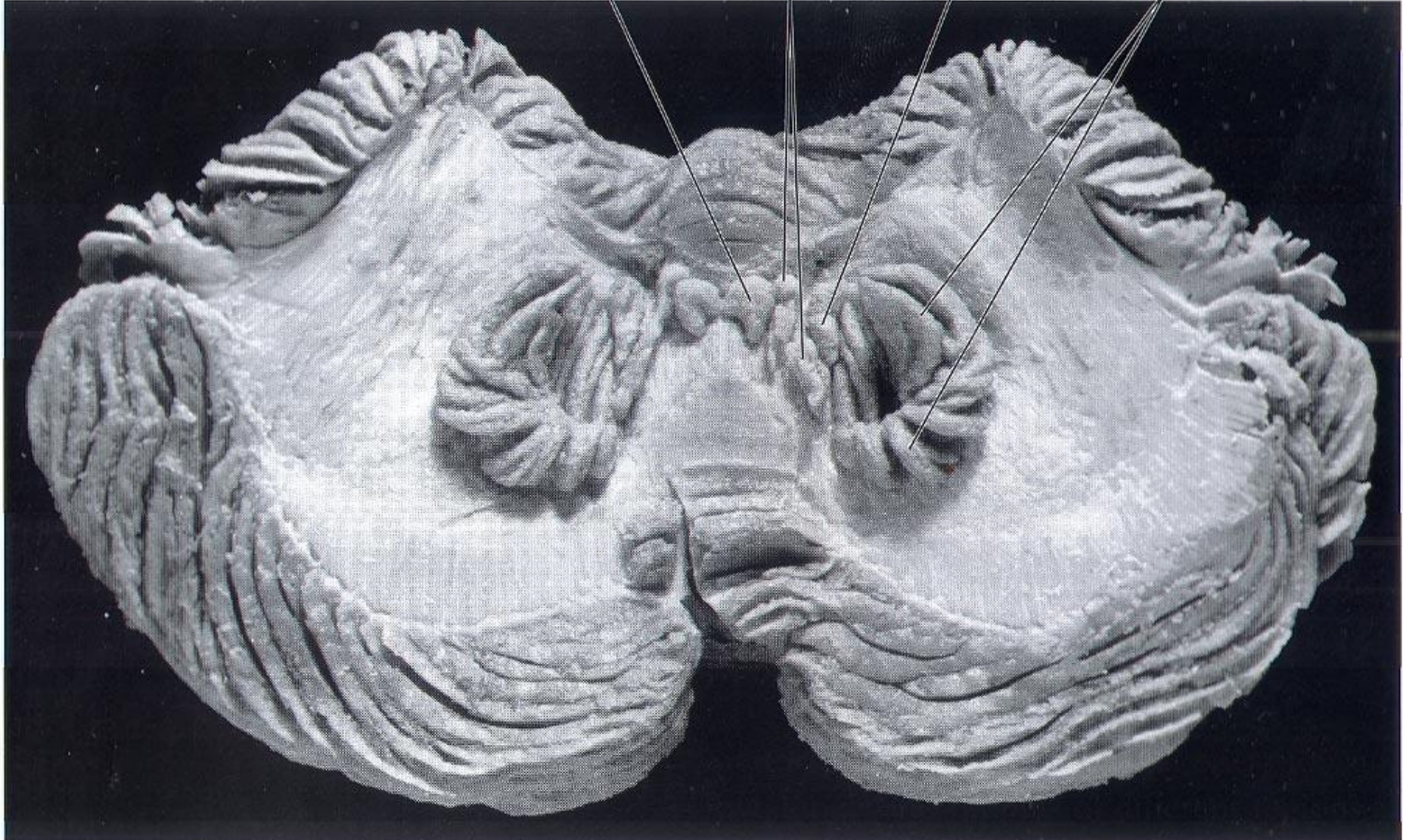
Interposed nucleus:

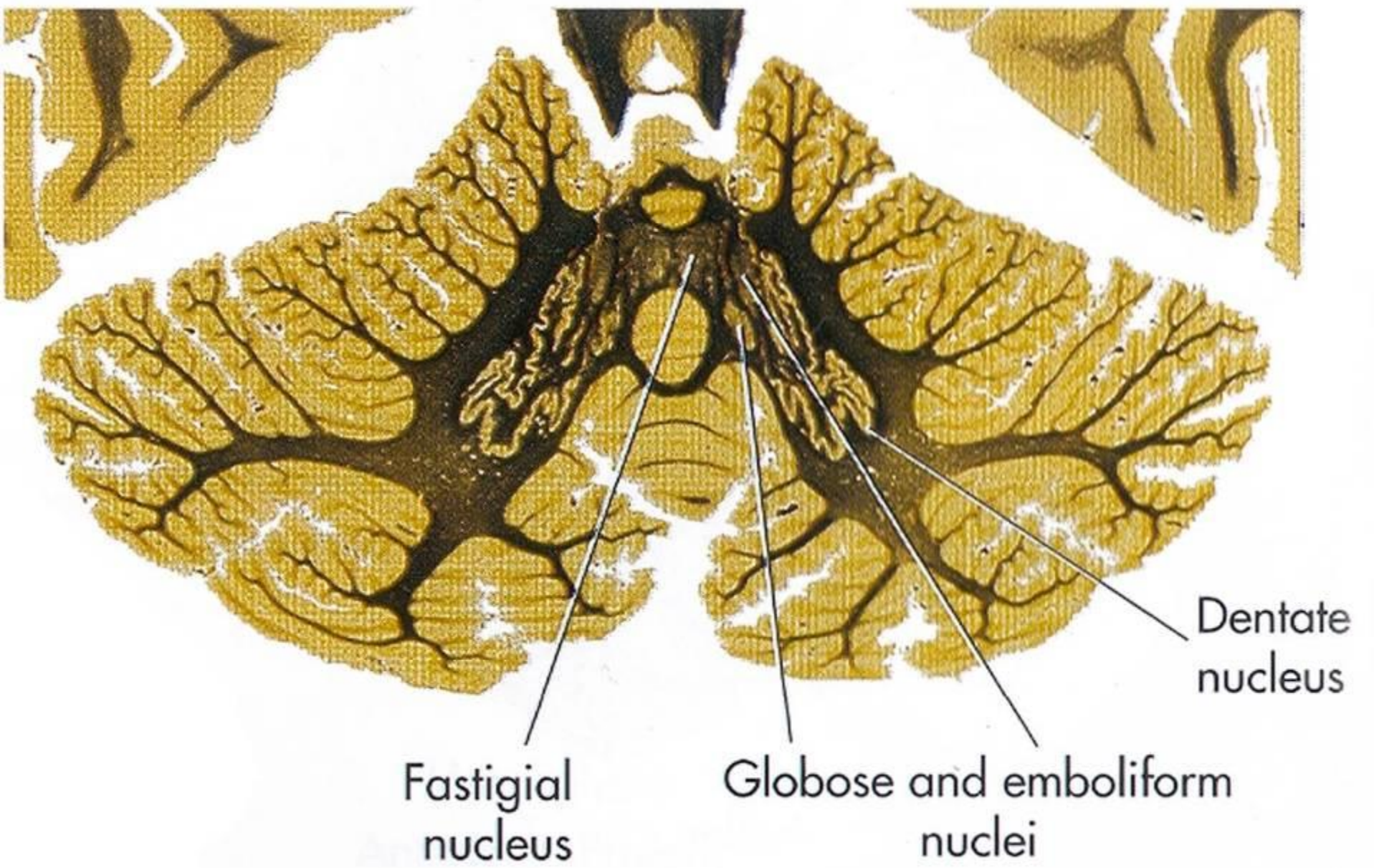
Fastigial
nucleus

Globose
nucleus

Emboliform
nucleus

Dentate
nucleus





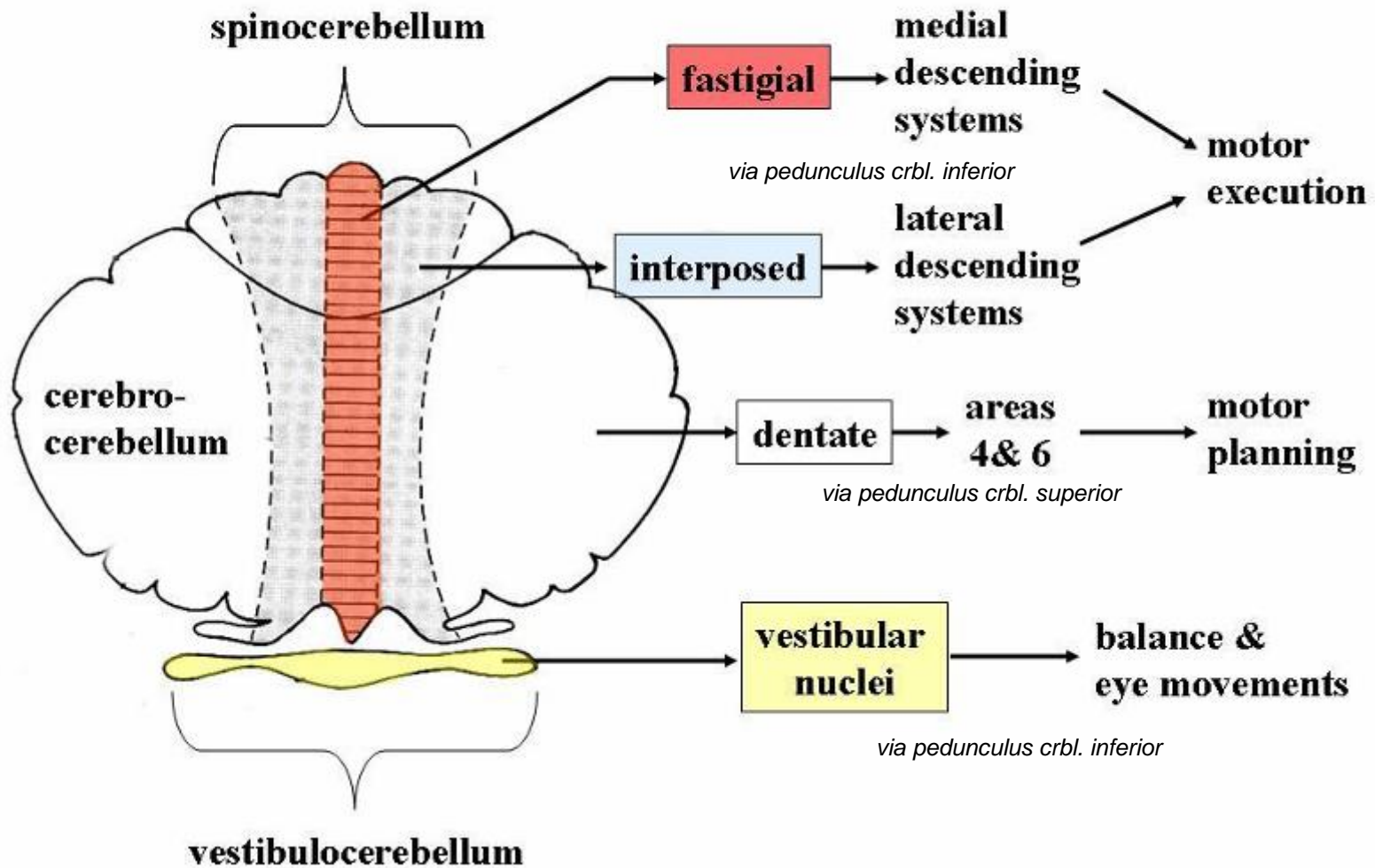
Fastigial
nucleus

Globose and emboliform
nuclei

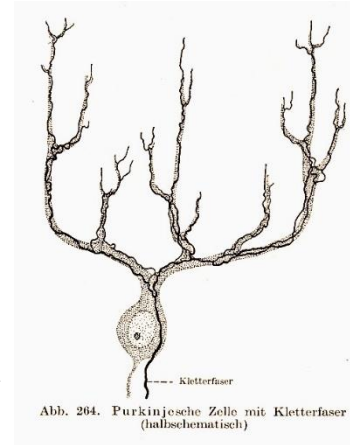
Dentate
nucleus

Mozeček – jádra a zapojení

Cerebellar Output



Mozeček – vrstvy kůry

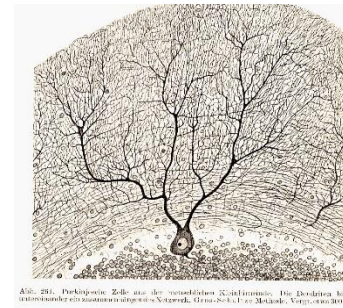


- stratum moleculare
 - neuron stellatum (**hvězdicová buňka**)
 - neuron corbiforme (**košičová buňka**)
 - neurofibra paralela (**souběžné/paralelní vlákno**) – axony zrníčkových buněk

- stratum purkinjese

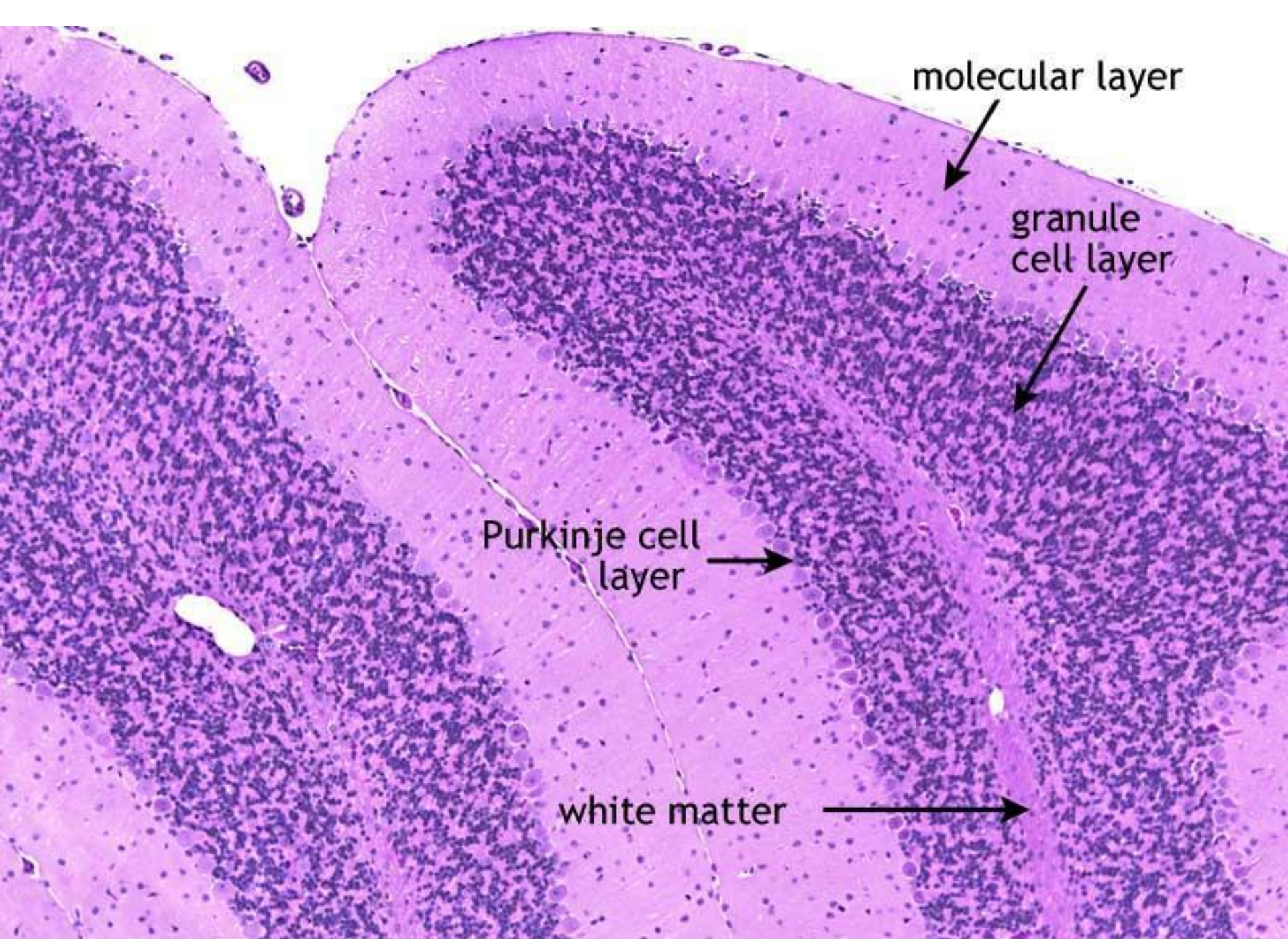
(= *dříve* stratum neurium piriformium; stratum gaglionicum)

- neuron purkinjese (**Purkyňova buňka**)
 - corbis neurofibrarum (bohaté větvení do stratum moleculare)
 - axony k jádrům mozečku



- stratum granulare

- neuron granulosum (**zrníčková/granulární buňka**)
- neuron stellatum magnum Golghi (**Golgiho buňka**)
- další 3 typy buněk
- glomerulus cerebelli
- aferentní vlákna: neurofibra muscosa (**mechové vlákno - Glu**) + ascendens (**šplhavé vlákno - Asp**)



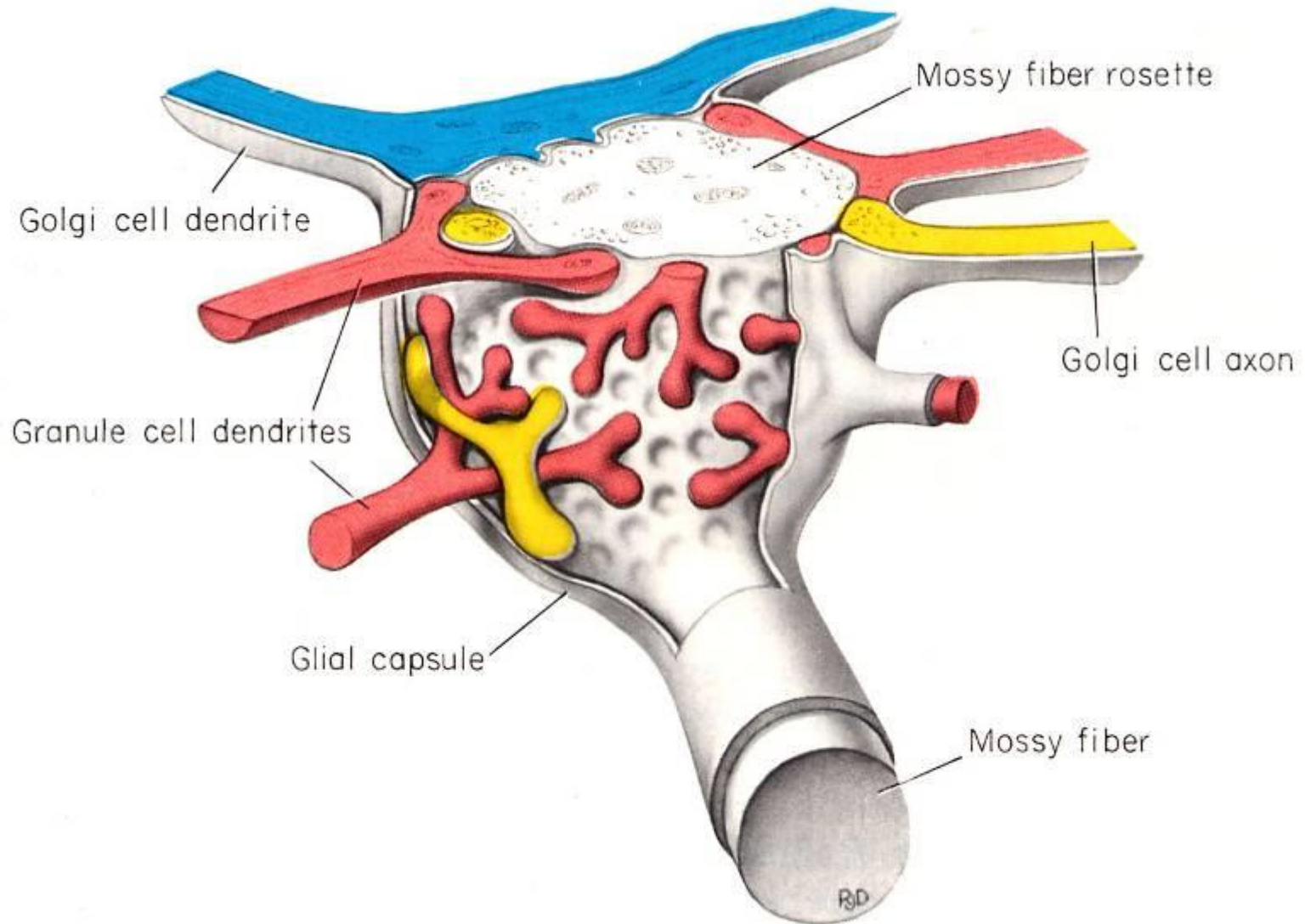
molecular layer

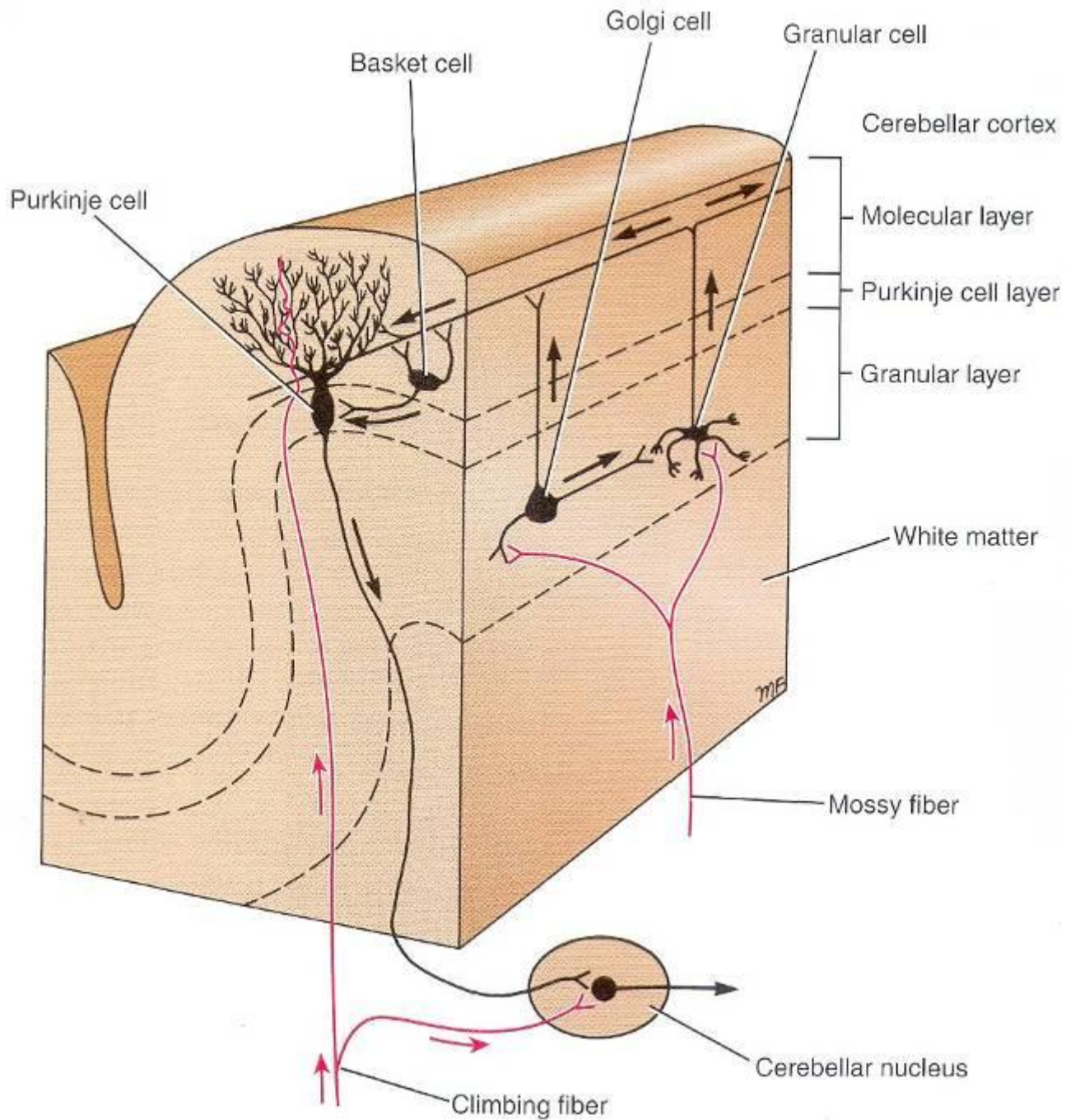
granule cell layer

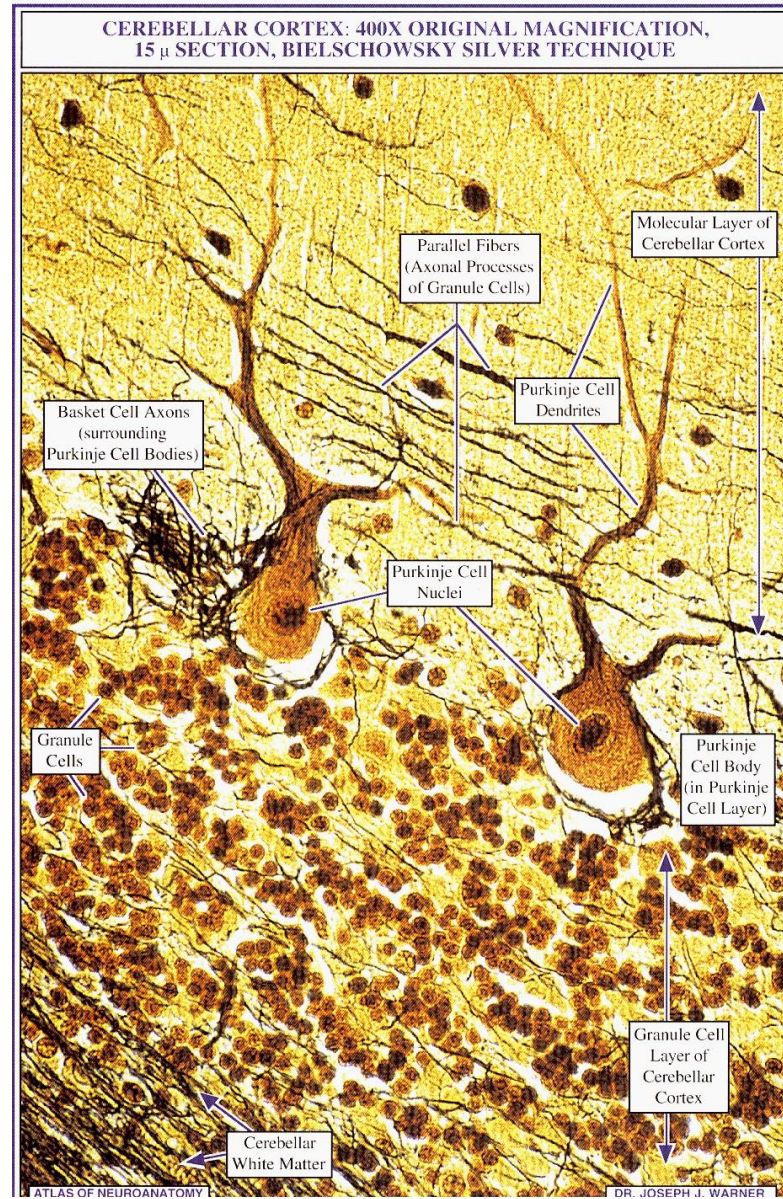
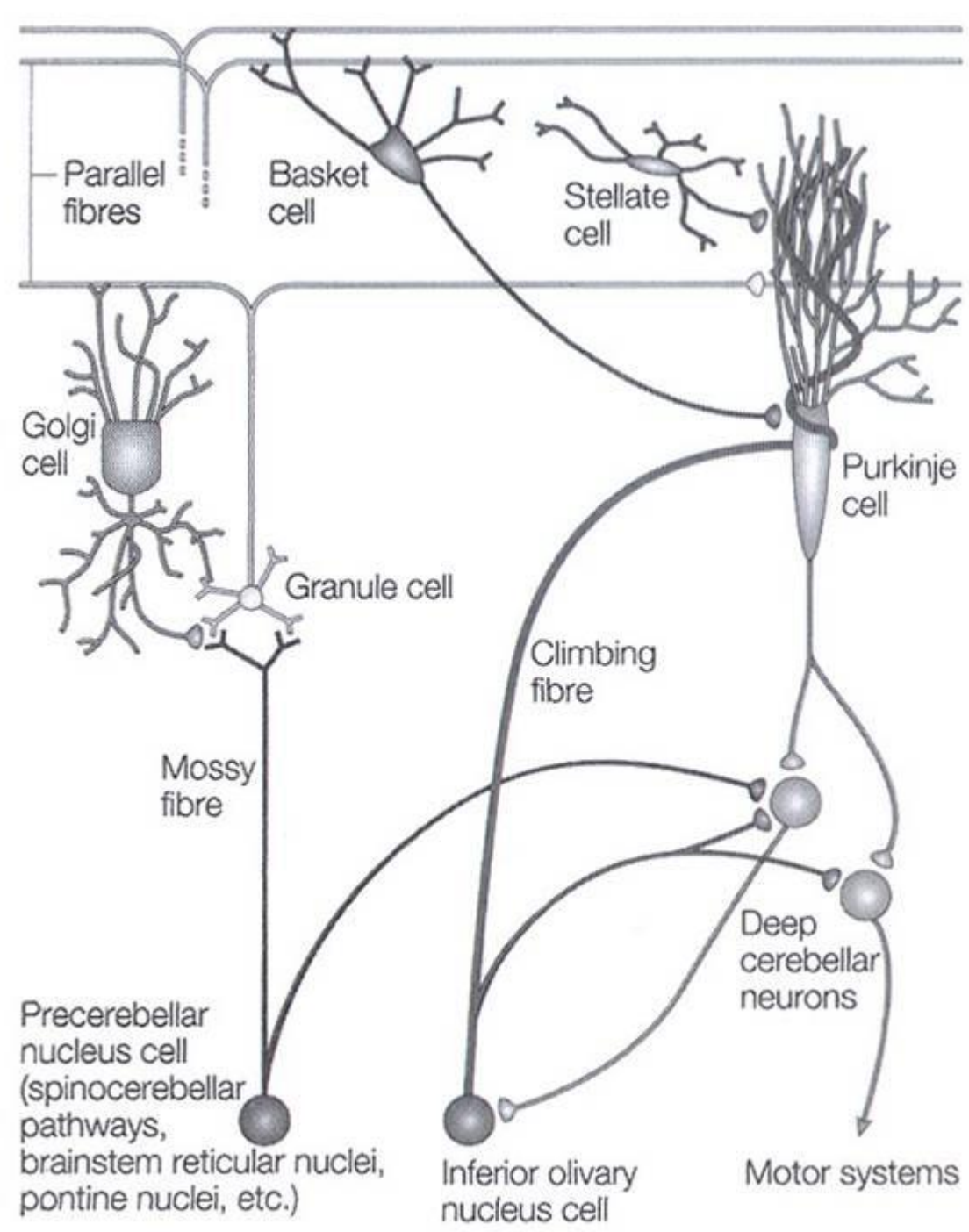
Purkinje cell layer

white matter

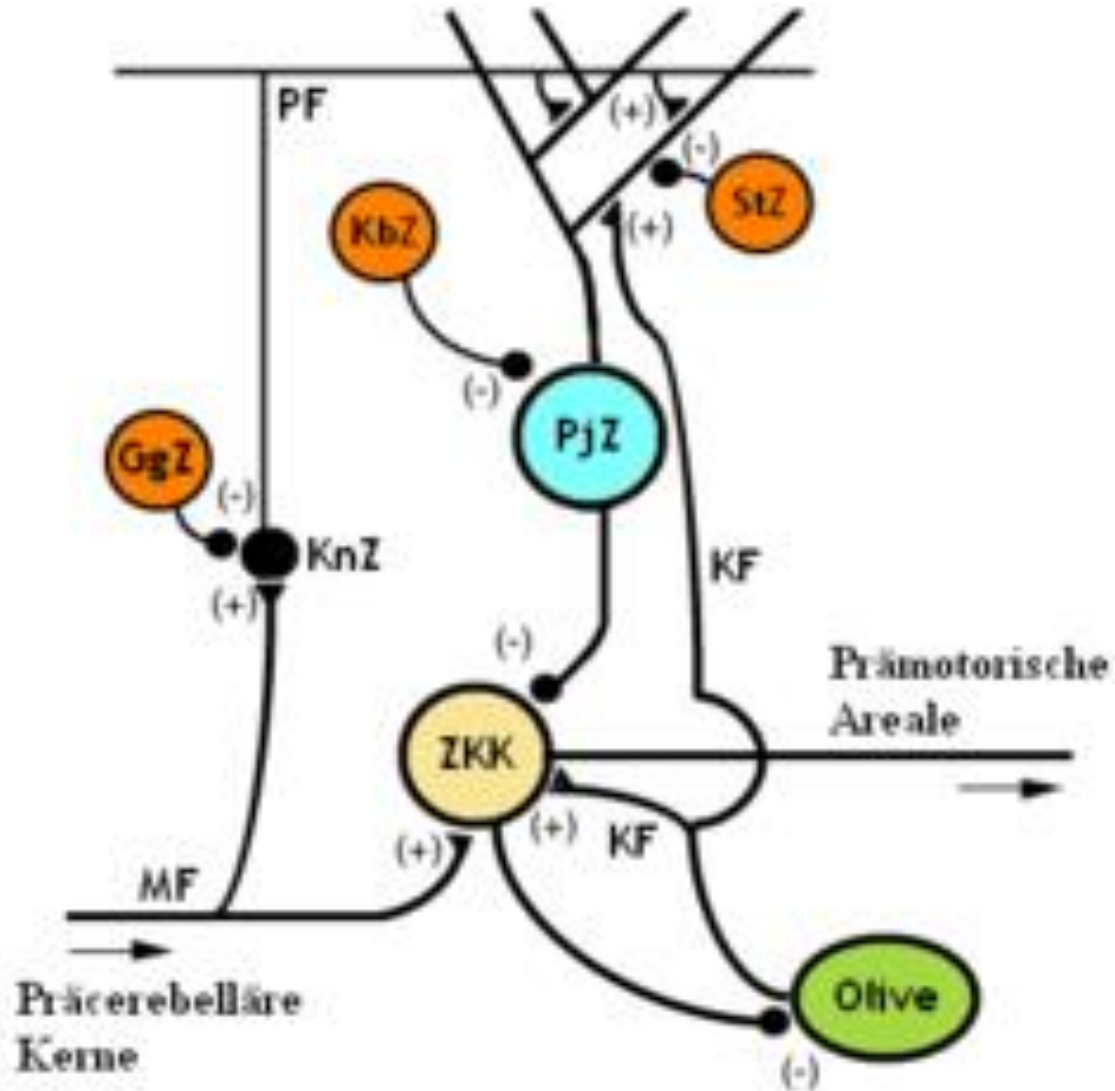
Glomerulus cerebelli



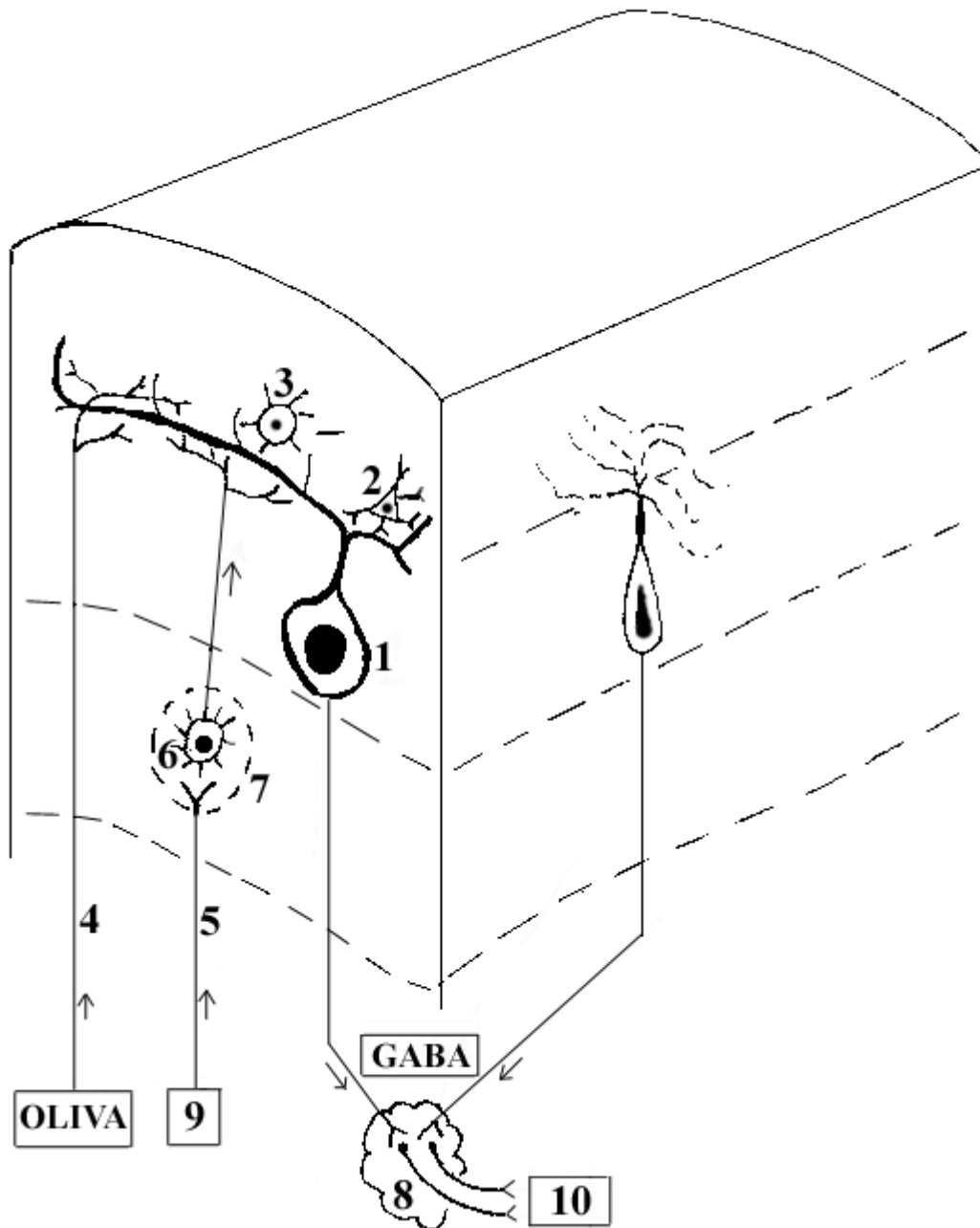




Zapojení buněk



OBEČNÁ STAVBA MOZEČKU - ŘEZ KŮROU



- 1 - Purkyňovy buňky (inhibice mozečkových jader)
 - 2 - košíčkové buňky (inhibice Purkyňových buněk)
 - 3 - hvězdčité buňky (inhibice Purkyňových buněk)
 - 4 - šplhavá vlákna (excitace Purkyňových buněk)
 - 5 - mechová vlákna (excitace Purkyňových buněk)
 - 6 - granulární buňky
 - 7 - mozečkové glomeruly
 - 8 - mozečková jádra
 - 9 - mozečkové aferenty
 - 10 - mozečkové eferenty
- GABA - gama-aminomáselná kyselina

Mozeček – aferentace *rovnováha*

- tractus vestibulocerebellaris directus

vestibulum → corpus juxtarestiforme (v PCI) →
nodulus + uvula (*ipsilat.*)

míjí ncl. vestibulares a vede přímo do mozečku !

- tractus vestibulocerebellaris indirectus

vestibulum → ncl. vestibulares → corpus
juxtarestiforme (v PCI) → lobus
flocculonodularis + vermis (*bilat.*)

- tractus trigeminocerebellaris

informace z hlavy

Mozeček – aferentace

pasivní propiocepce (polohocit)

- tractus spinocerebellaris posterior

ncl. thoracicus post. *Stilling-Clarke*

→ medulla oblongata → pedunculus crbl. inf. →

vermis + paravermální kůra (*ipsilaterální*)

polohocit z trupu a DK

- tractus cuneocerebellaris

→ dráha zadních provazců → nucleus cuneatus
accessorius → pedunculus crbl. inf. →

vermis + paravermální kůra (*ipsilaterální*)

polohocit z HK a hrudníku

Mozeček – aferentace

aktivní propiocepce (pohybocit)

- tractus spinocerebellaris anterior

ncl. thoracicus post. *Stilling-Clarke* → křížení na míšní úrovni → mesencephalon → pedunculus crbl. superior → křížení v mozečkové kůře → vermis + paravermální kůra (*oboustranně*) – **DK**

- tractus spinocerebellaris rostralis

ncl. thoracicus post. *Stilling-Clarke* → pedunculus crbl. inferior → vermis + paravermální kůra (*ipsilaterální*) – **HK**

- tractus spinoolivaris

- *kontralaterálně*

- motorické učení (*např. lezení do strmých schodů*)

Mozeček – aferentace z kůry

- **tractus cortico-ponto-cerebellaris** (17.000.000 vláken)

lobus f,p,o,t → capsula interna → ncll. pontis → fibrae pontis transversae → křížení → pedunculus crbl. medius → kůra mozečku (*kontralat.*)

- **tractus cortico-olivo-cerebellaris**

lobus f,p,o,t → capsula interna → complexus olivaris inf. (*bilat.*) → křížení → pedunculus crbl. inferior → kůra mozečku

- **tractus cortico-reticulo-cerebellaris**

lobus f,p,o,t (hlavně senzomotorická kůra) → capsula interna → precerebellární jádra RF (*bilat.*) → křížení → pedunculus crbl. medius + inf. → kůra mozečku

volní motorika, příprava pohybu, nastavení správného svalového tonu

Mozeček – eferentace

ncl. fastigii

1. → PCI → ncl. vestibularis lat. *Deitersi (bilat.)* → tr. vestibulospinalis
2. → PCI → RF (*bilat.*) → tr. reticulospinalis
3. → hlavové nervy, svalstvo krku

ncll. interpositi (globosus + emboliformis)

→ PCS → křížení → ncl. ruber (pars magnocellularis) → tractus rubrospinalis → křížení → mícha (*ipsilat.*)

ncl. dentatus

→ PCS → křížení → ncl. VA+VL thalami → area 4 → tr. pyramidalis → křížení → mícha (*ipsilat.*)

Mozeček – dolní stopky pedunculi cerebellares inferiores

- corpus restiforme

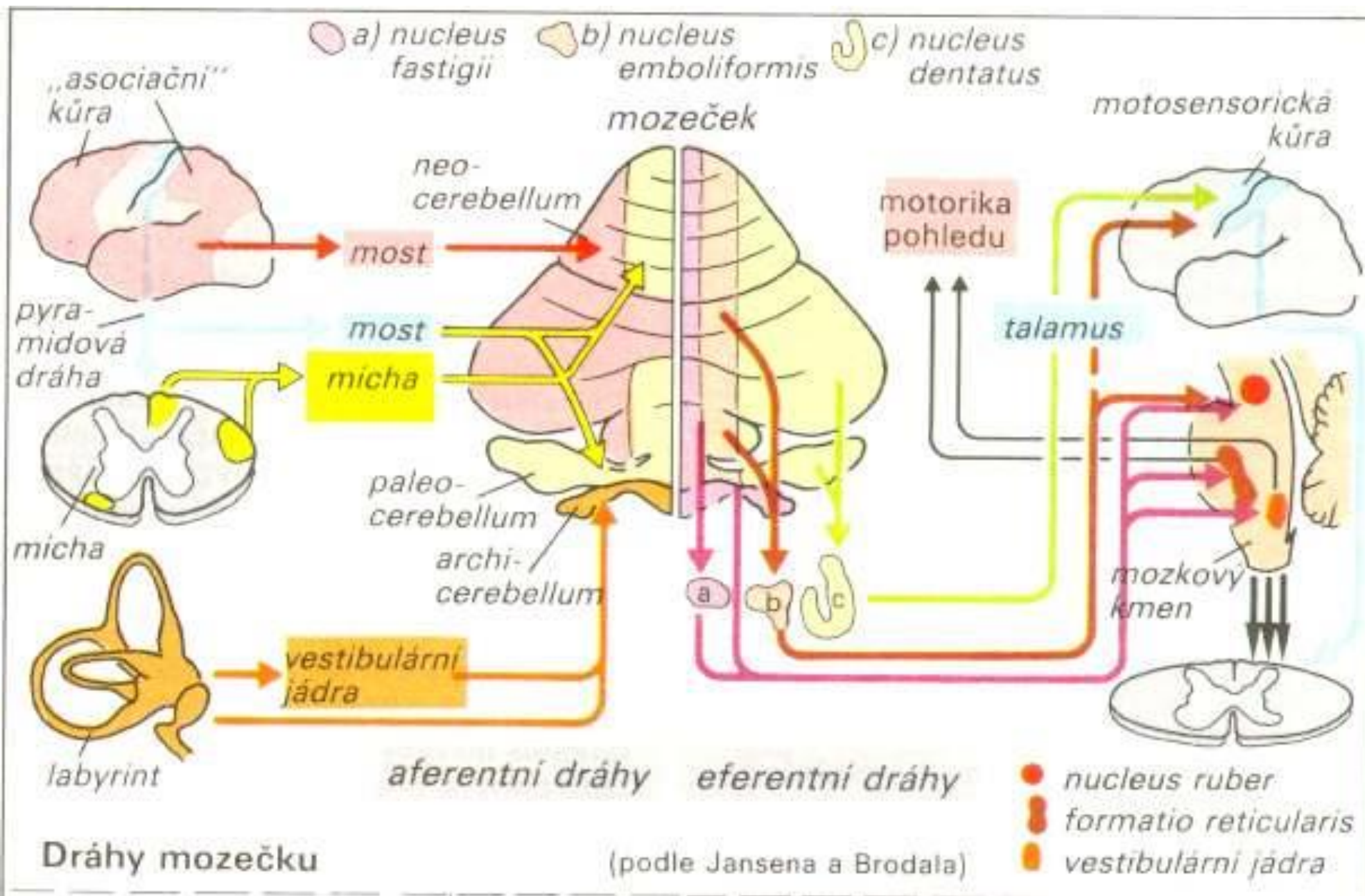
- AF↑: tr. spinocerebellaris posterior + rostralis, tr. cuneocerebellaris, tr. spinoolivaris
- AF↑: tr. spino-reticulo-cerebellaris
- AF↓: tr. cortico-reticulo-cerebellaris, cortico-olivo-cerebellaris, cortico-arcuato-cerebellaris

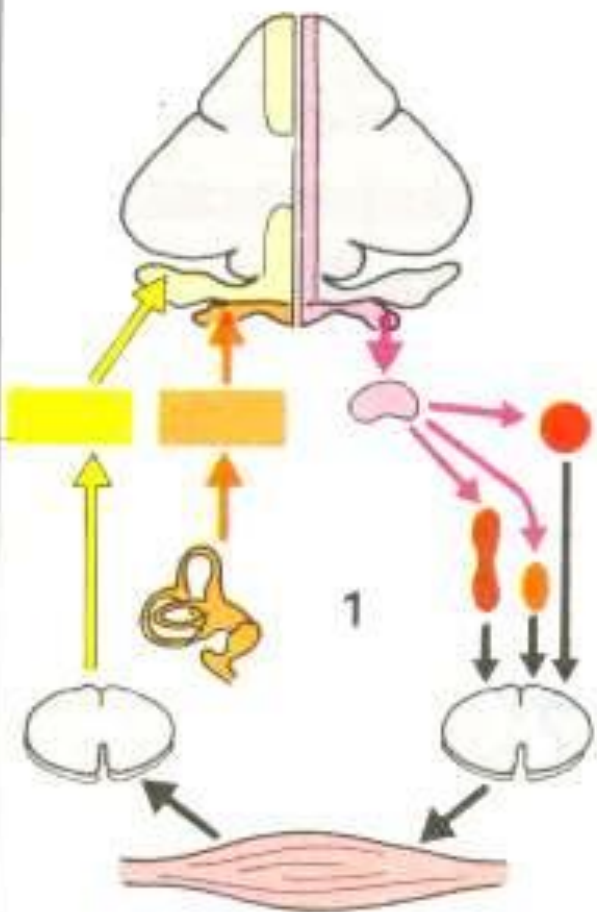
- corpus juxtarestiforme

- AF↑ tr. vestibulocerebellaris directus + indirectus
- EF↓: tr. cerebello-reticulospinalis, - cerebellovestibularis, cerebellospinalis, cerebellonuclearis (vše z *ncl. fastigii*)

Mozeček – střední a horní stopky pedunculi cerebellares medii et superiores

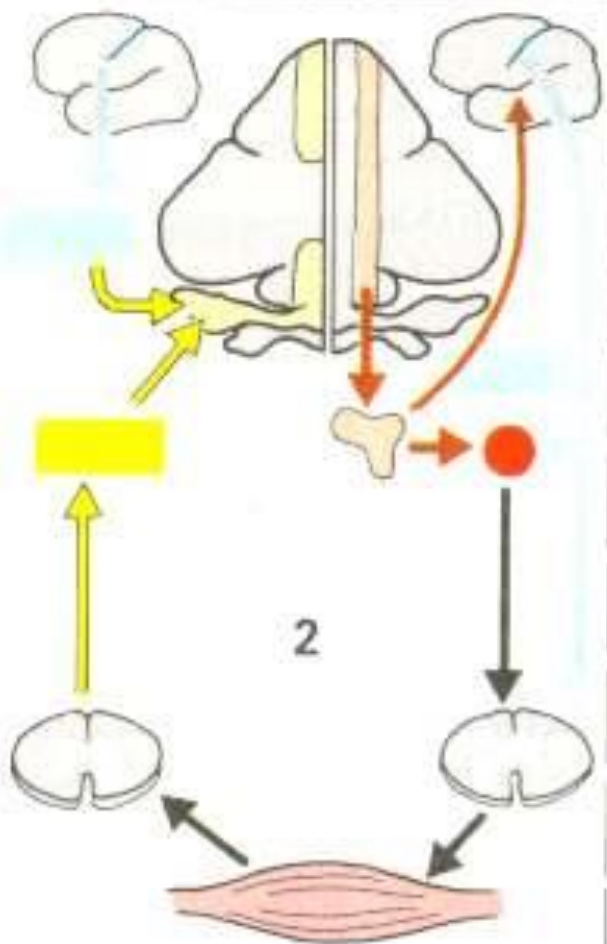
- **pedunculus cerebellaris medius**
AF↓: tractus cortico-ponto-cerebellaris
- **pedunculus cerebellaris superior**
AF↑: tr. spinocerebellaris anterior + tectocerebellaris
EF↓: tr. cerebello-rubro-thalamo-corticalis + tr. cerebello-rubro-spinalis
EFokruh: tr. cerebello-rubro-olivo-cerebellaris (*Papezův kontrolní okruh*)





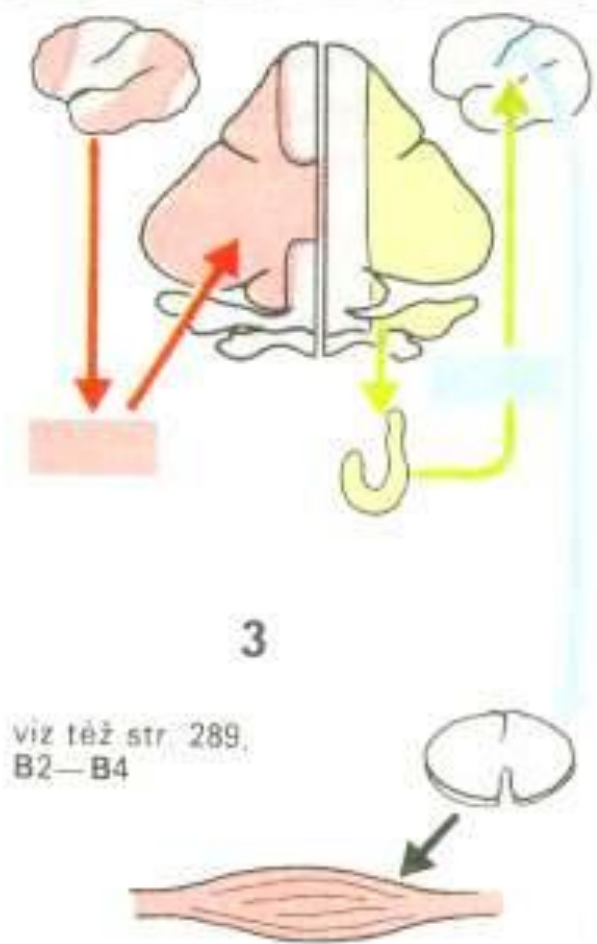
1

optimalizace a korektura opěrné a pohled. motoriky (tonus; držení, rovnováha)



2

koordinace opěrné a cílené motoriky, korektura směru cílené motoriky

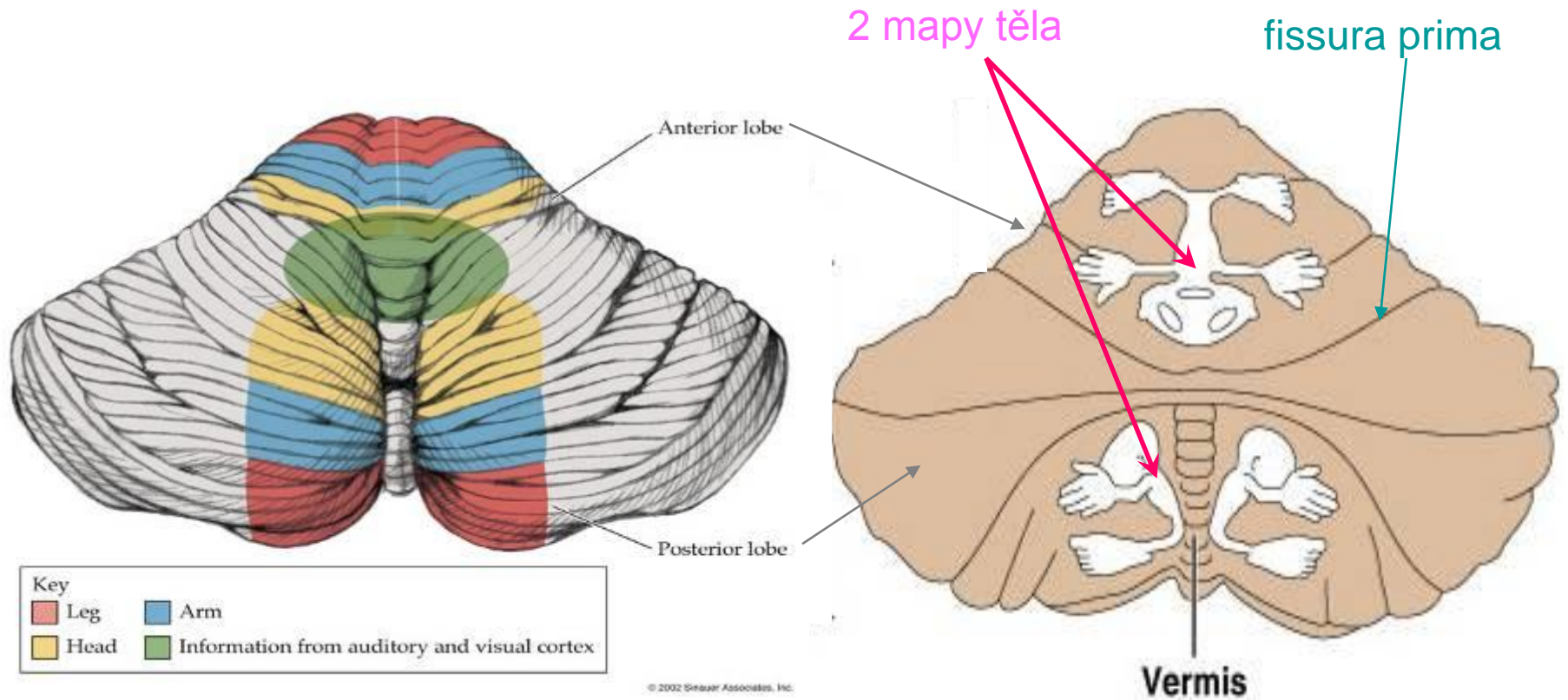


3

viz též str. 289, B2—B4

pohybové programy pro cílenou motoriku (podle R. F. Schmidta)

Aferentace do mozečku somatotopická organizace



somatosenzorická a motorická projekce z mícha a mozkové kůry je do stejných míst

Function	Movement parameters	Visually-guided movements	Working memory
Cortical area	M1	PMv	PFC
Thalamic nucleus	VPLo	X	MD/VLc
Cerebellum	DN Dorsal	DN Lateral	DN Ventral

Fig. 4 Output channels in the dentate nucleus. Schematic diagram indicating the cerebello-thalamocortical connections of three output channels in the dentate (DN dorsal, lateral and ventral). It also illustrates the observation that neurons within individual output channels appear to be involved in different aspects of motor and non-motor behavior, consistent with the areas to which they project. (M1, primary motor cortex; MD, medialis dorsalis; PFC, prefrontal cortex; PMv, ventral premotor cortex; VLc, ventralis lateralis pars caudalis; VPLo, ventralis posterior lateralis pars oralis; X, area X.)

Mozeček – hlavní okruhy

- okruh: mozková kůra-mozeček

mozková kůra → most / oliva / RF (oliva) – ncl. pontis / complexus olivaris inferior → *křížení* → kůra → ncl. dentatus → *křížení* → thalamus (ncl. VL) → mozková kůra

- Papezův mozečkový kontrolní okruh:

ncl. dentatus → *křížení* → ncl. ruber (pars parvocellularis) → oliva → *křížení* → ncl. dentatus

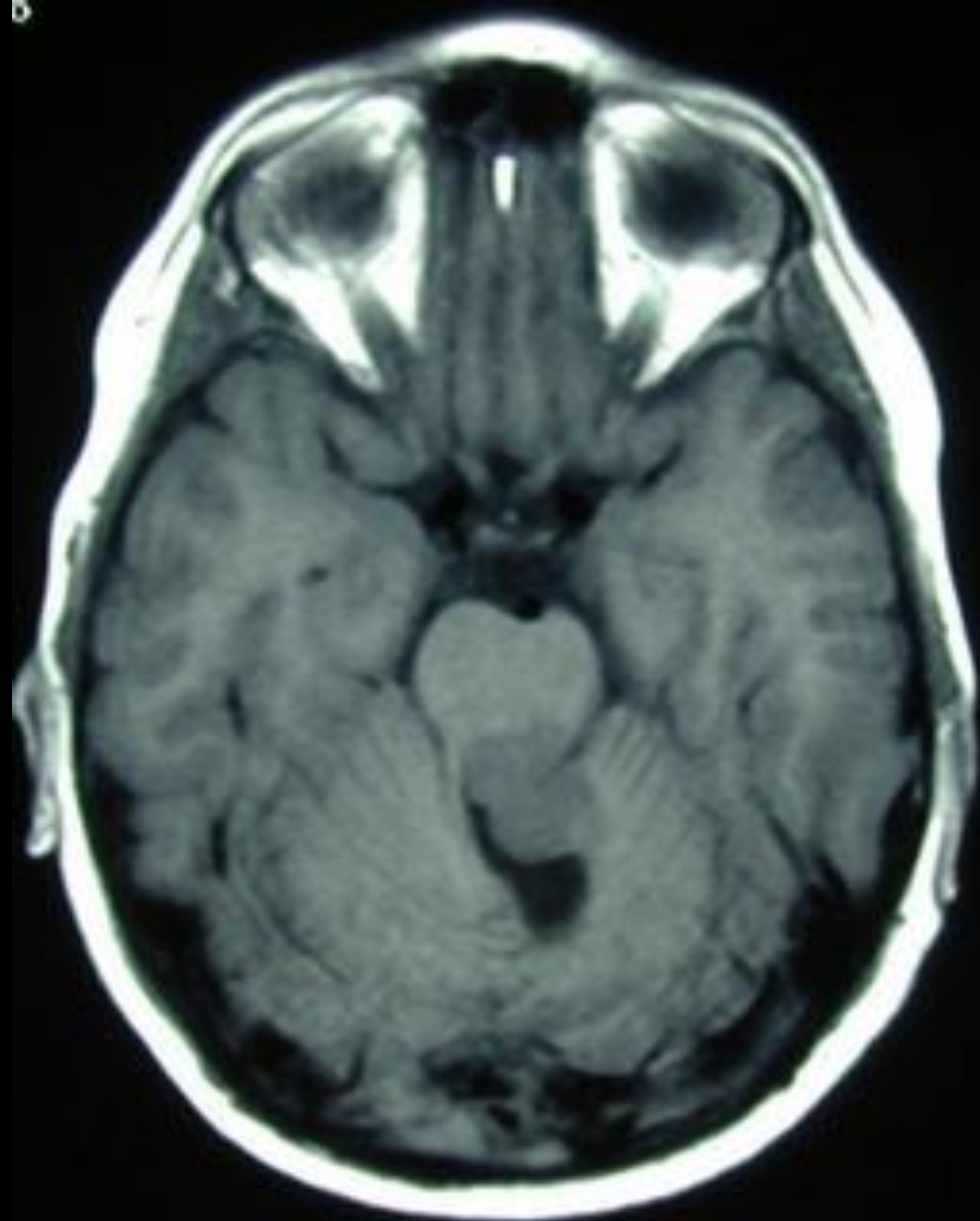
– učení se nejen motorickým, ale i kognitivním a jazykovým dovednostem

- mozková kůra – mozeček: **vždy kontralaterálně**
- mozeček – tělo: **vždy ipsilaterálně**

Archicerebellum (vestibulocerebellum)

- lobus flocculonodularis + vermis
- rovnováha
- *nystagmus*
- spojení s ncl. vestibulares
(inferior + medialis)

nejčastější příčina: *meduloblastom*



Paleocerebellum (spinocerebellum)

- lobus anterior
- AF: tractus spinocerebellaris anterior + posterior
- polohocit a pohybocit (informace o reflexech)
- kolaterály přímo na mozečková jádra
- EF: činnost antigravitačních svalů, koordinace činnosti agonistů/antagonistů
- postoj (chůze)

Neocerebellum (cerebrocerebellum)

- lobus posterior
- AF: tractus cortico-ponto-cerebellaris
- kolaterály k mozečkovým jádrům
- EF: motorická kontrola
 - koordinace jemných pohybů končetin
 - zpětnovazebná úprava motorické aktivity
 - společně s mozkovou kůrou plánuje pohyby

Mozečkový syndrom

- svalová hypotonie (zvýšený rozsah a pasivita pohybů)
- ataxie (porucha koordinace)
 - hypermetrie – dysmetrie
 - makrografie, skandovaná řeč, megafonie, bradylálie
 - adiadochokinéza
 - asynergie („opilecká chůze“)
- intenční tremor
- nystagmus a závratě
- (hyporeflexie elementárních posturálních reflexů)

Mozečková ataxie

ataxická chůze a
postoj
nádor mozečku
vlevo

- ve stoje padání
doprava
- pevný stoji na
pravé noze
- vratký stoj na
levé noze
- ataktická
chůze



Mozečkový kognitivně-afektivní syndrom

- kognitivní dyzmetrie
 - chybějící představa pohybu
- porucha exekutivních (výkonných) funkcí
- postižení prostorových úloh
- osobnostní změny
 - oploštění (snížená emoční reaktivita), desinhibice, neadekvátní chování
- metalinguistické (jazykové) obtíže
 - dysprosodie, agrammatismus, mírná anomie
 - nenachází logické vazby mezi výroky

Mozeček – shrnutí

- rovnováha
- převážně motorická funkce
 - tvorba, podpora a udržování svalového napětí
 - součinnost s kůrou při plánování pohybu
 - složité a jemné pohyby: tanec, řeč, psaní
- „komparátor“
- jiné funkce – kognice, senzorické vnímání, paměť

Alcohol Damages the Cerebellum

Control



Alcoholic

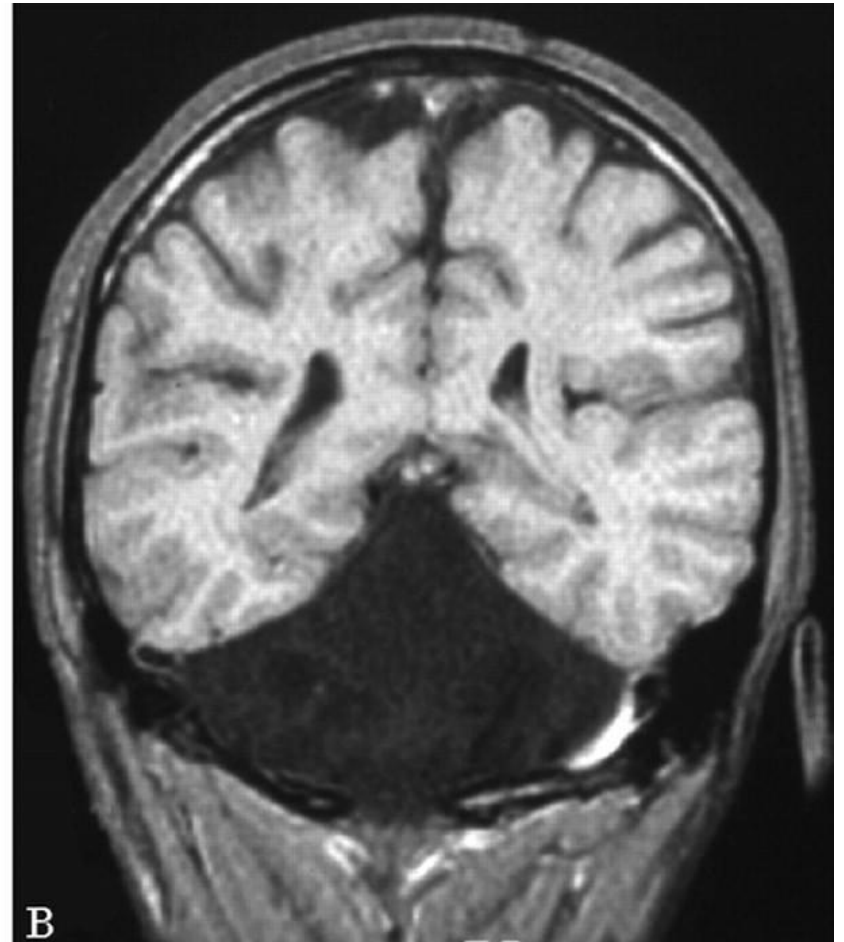
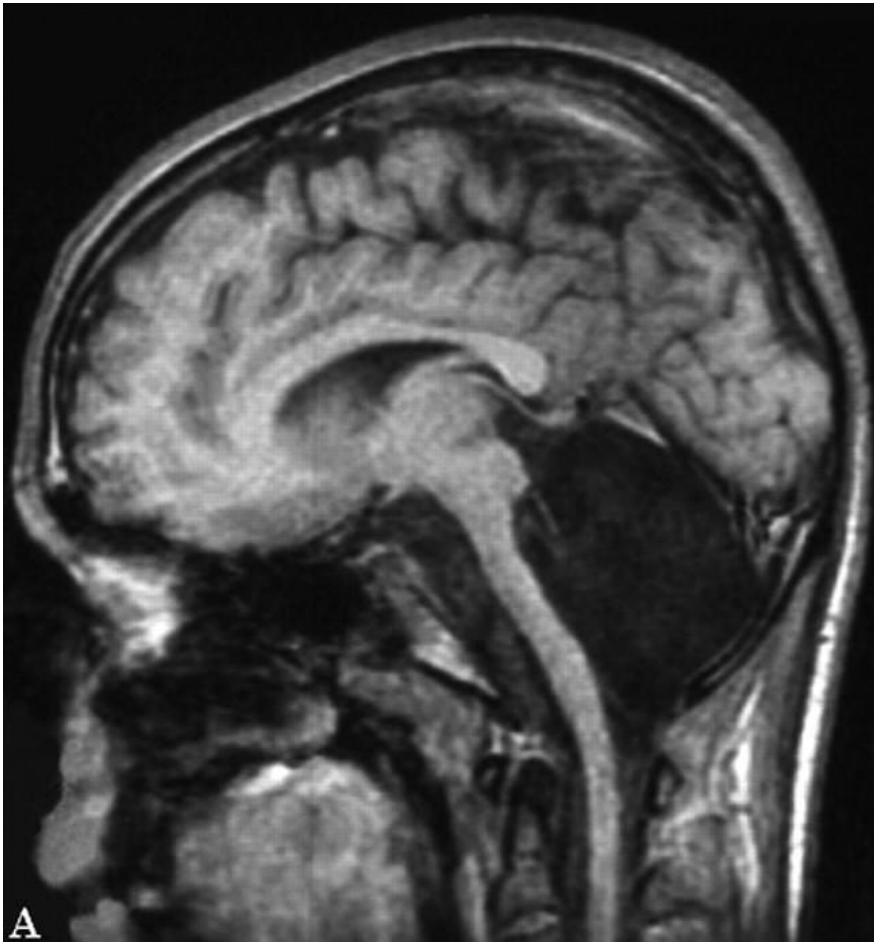


nedostatek thiaminu (B1) způsobuje degeneraci lobus anterior cerebelli

Sullivan et al., Neuropsychology, In press

Agensis cerebelli

- vzrozené chybění mozečku
- jen mírná ataxie a mírná mentální retardace



Doplňkové informace

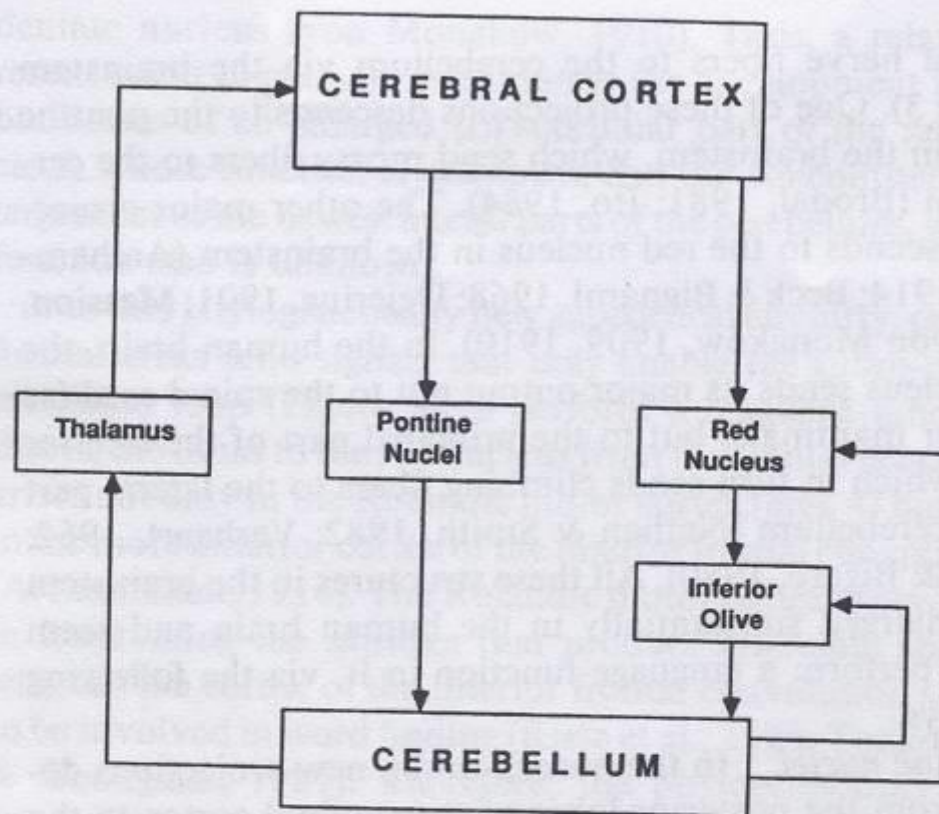
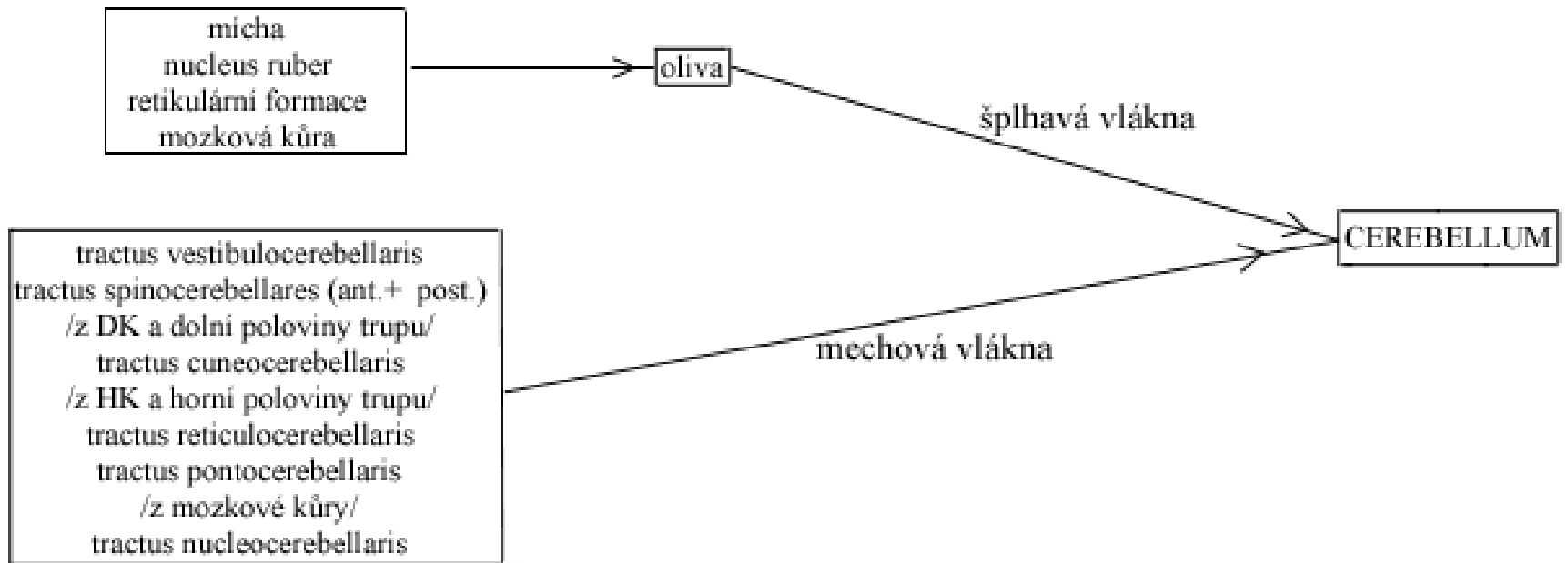


Figure 3. Major cerebro-cerebellar loops in the human brain. (From the cerebral cortex, two major sets of projections descend to the cerebellum via enlarged structures in the brainstem, i.e., via pontine nuclei and via rubro-olivary nuclei. The pontine nuclei project mossy fibers to the cerebellum, and the inferior olive projects climbing fibers—a dual input that seems to be a basic pattern of cerebellar organization. The conjunctive activation of mossy fibers and climbing fibers may enable learning to occur in the cerebro-cerebellar loops, leading to the acquisition of new procedural skills, which could include not only motor but also cognitive and language skills.)

AFERENTY MOZEČKU



EFERENTY MOZEČKU

VERMIS → nuclei fastigii → nuclei vestibulares → extenzory končetin a trupu

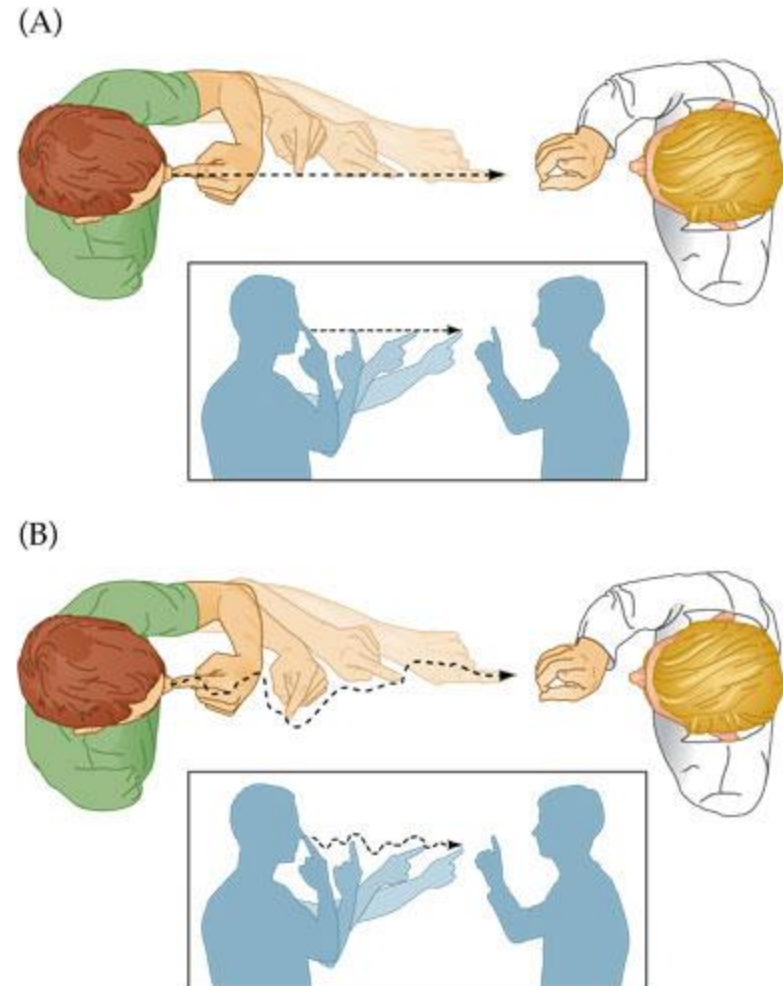
PARAVERMÁLNÍ KŮRA → nuclei emboliformis et globosus → retikulární formace, nucleus ruber → proximální svaly končetin

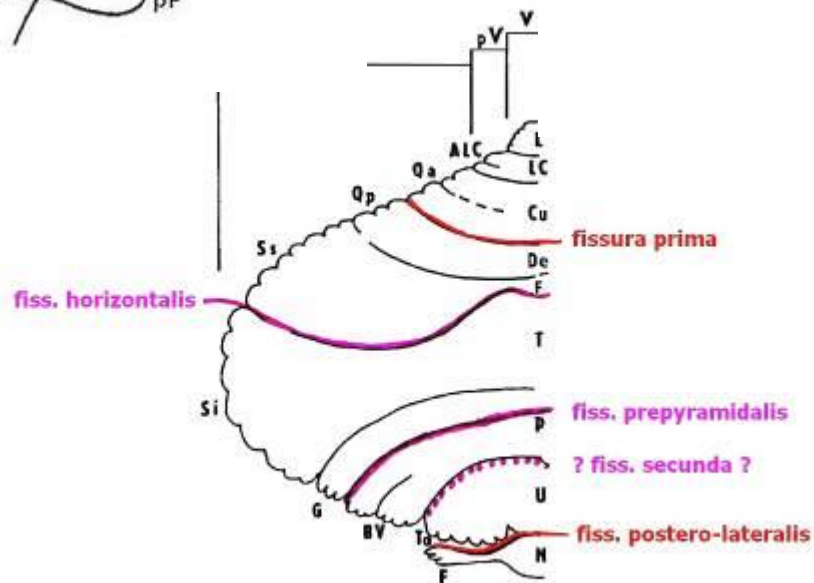
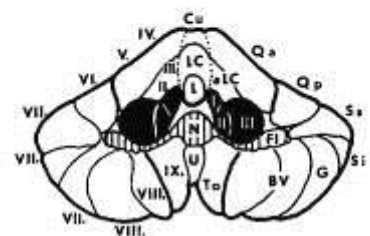
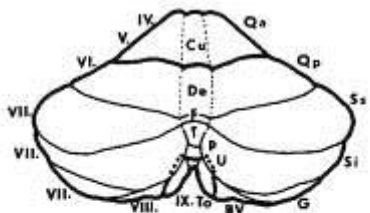
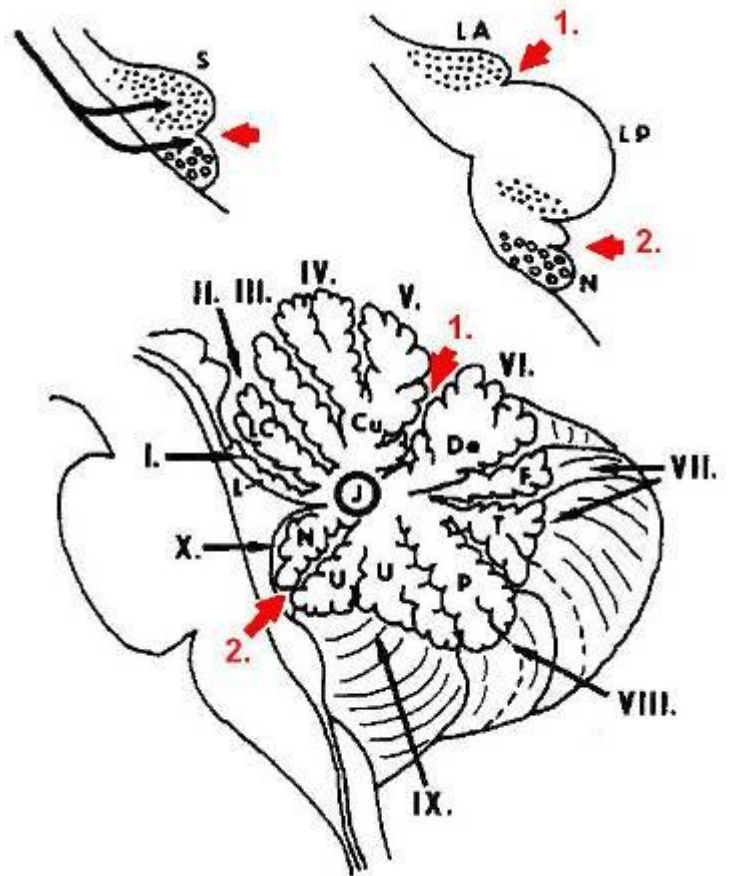
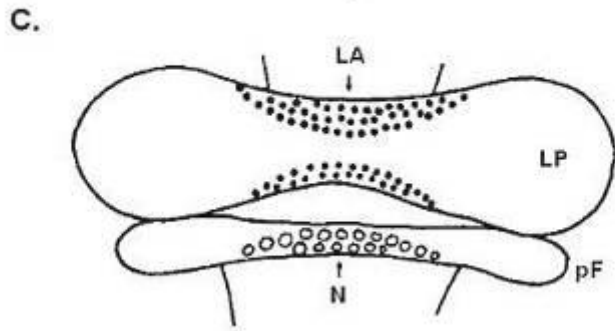
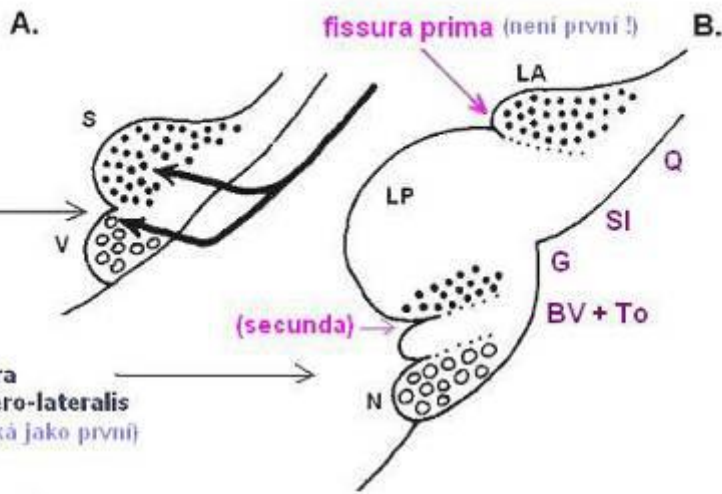
HEMISFÉRY → nucleus dentatus → thalamus → mozková kůra /area 4/ → tractus corticospinalis → distální svaly končetin

Clinical Findings and Localization of Cerebellar Lesions

Ataxia refers to disordered contractions of agonist and antagonist muscles and lack of coordination between movements at different joints typically seen in patients with cerebellar lesions. Normal movements require coordination of agonist and antagonist muscles at different joints in order for movement to have smooth trajectory. In ataxia movements have irregular, wavering course consisting of continuous overshooting, overcorrecting and then overshooting again around the intended trajectory.

Dysmetria = abnormal undershoot or overshoot during movements toward a target (finger-nose-finger test).



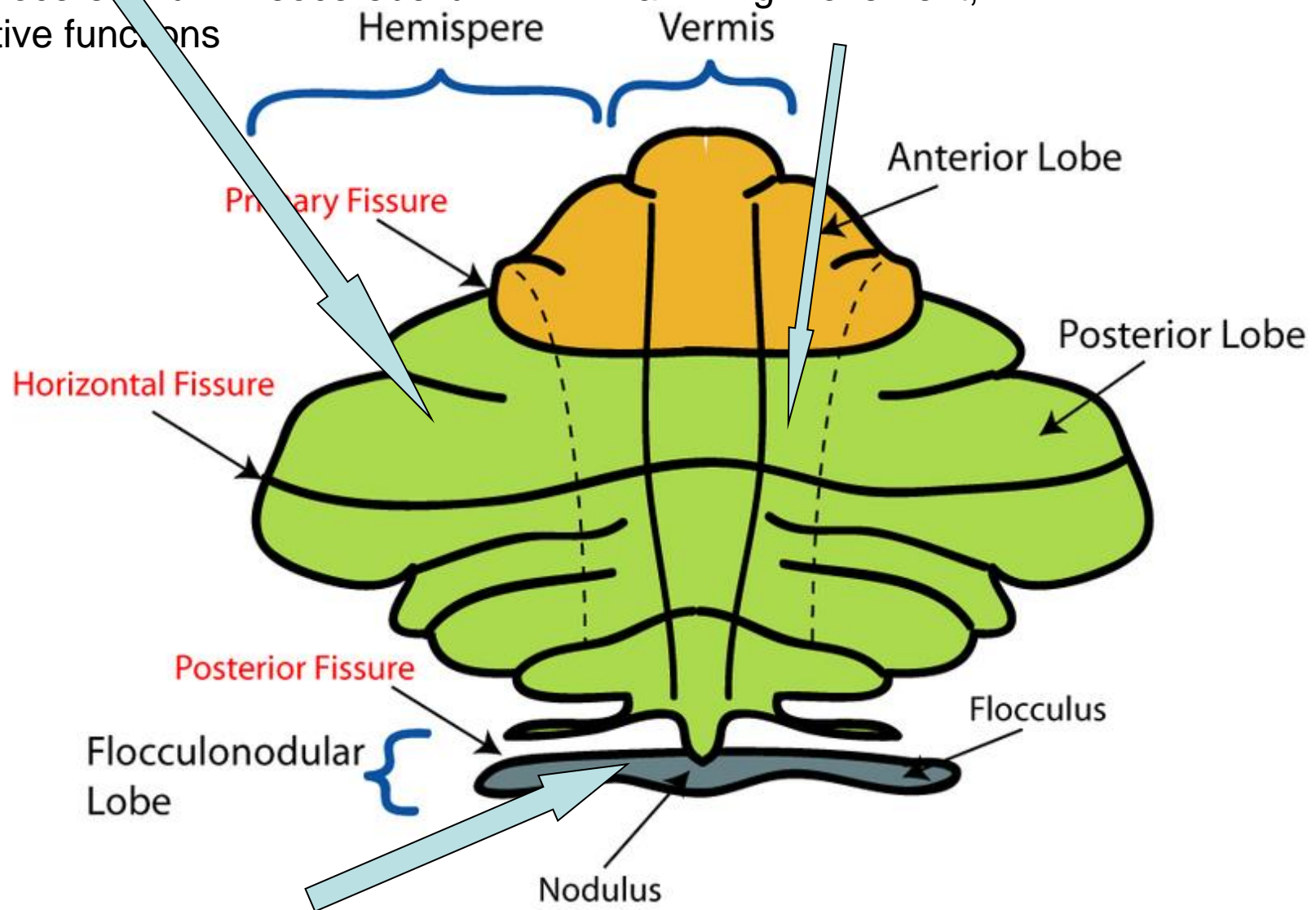


Medial zone of anterior and posterior lobe

=paleocerebellum=spinocerebellum=fine tune body and limb movement

Lateral zone of anterior and posterior lobe =

cerebrocerebellum=neocerebellum = ?? Planning movement, cognitive functions



Flocculonodular lobe =vestibulocerebellum=archicerebellum=balance and gait

Cerebellum: 3 layered cortex

Climbing fibers: excite the Purkinje cells

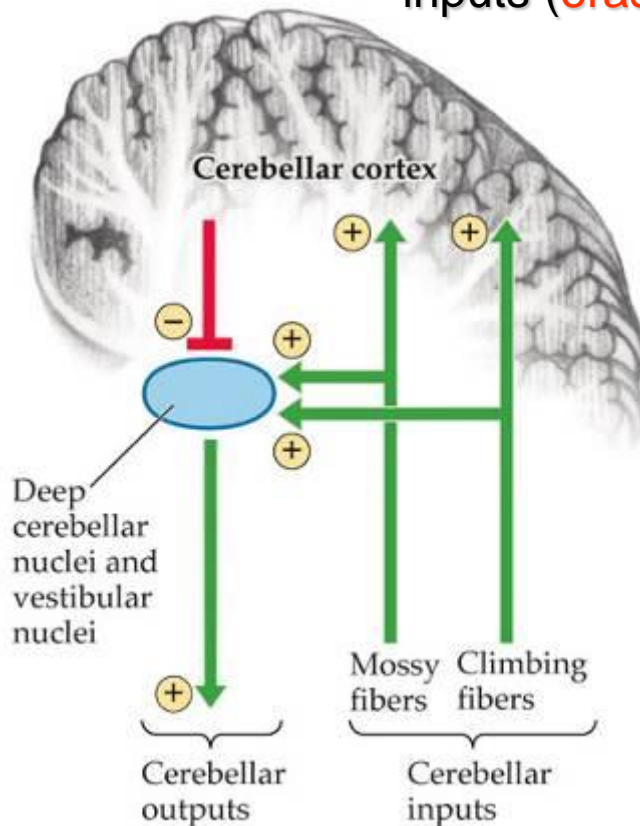
Mossy fibers: excite the granule cells

Granule cells: make excitatory contact with the Purkinje cells

Purkinje cells: Tonic inhibition on the activity of the neurons of the cerebellar nuclei

=> All excitatory inputs will be converted to the inhibition

=> Removing the excitatory influence of the cerebellar inputs (**erasing**)



© 2002 Sinauer Associates, Inc.

