

Univerzita Karlova v Praze – 1. lékařská fakulta



**Stavby nervového systému a jeho vývoj
(trubice, lišta, plakody). Schéma míšního nervu, reflexy
míšních nervů.**

**Plexus cervicalis, nn. thoracici. Autonomní nervy,
sympatikus, sakrální parasympatikus, enterický nervový
systém.**

Anatomický ústav

Autor: Ondřej Naňka

Obor: lékařství

F
É
N
I
X

Ryba
v nás



NEIL
SHUBIN

Cesta tři a půl miliardy let
dlouhou historií
lidského těla

NEIL SHUBIN

Ryba v nás


P A S E K A

Neil Shubin (1960), absolvent Columbijské a Harvardské univerzity, je americký paleontolog, evoluční biolog a úspěšný popularizátor vědy. Zabývá se především původem různých anatomických struktur, zejména končetin suchozemských obratlovců. Je profesorem na katedře biologie organismů a anatomie na Chicagské univerzitě a ředitelem Fieldova přírodovědného muzea. Jeho nejdůležitějším paleontologickým objevem je ryba *Tiktaalik roseae*, přibližně 370 milionů let stará, jeden ze „spojovacích článků“ mezi rybami a obojživelníky.

F
É
N

LEWIS WOLPERT

TRIUMF EMBRYA

STŘÍBRNÁ
ŘADA 
Academia



www.hyperinzerce.cz

„It is not birth, marriage,
or death,
but gastrulation,
which is truly
the most important time
in your life.“

Lewis Wolpert (1986)
(born 1929, emeritus professor
of biology at University College
London, retired in 2013)



Student **CONSULT**

Activate at studentconsult.com

Searchable Full
Text Online

SIXTH EDITION

Clinical Neuroanatomy and Neuroscience



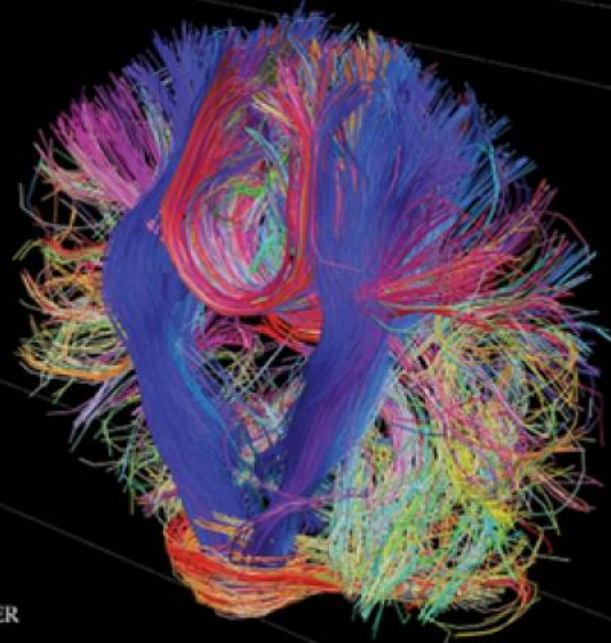
M J TURLOUGH FITZGERALD • GREGORY GRUENER • ESTOMIH MTUI

SAUNDERS
ELSEVIER

FITZGERALD'S
CLINICAL NEUROANATOMY
AND NEUROSCIENCE
ESTOMIH MTUI • GREGORY GRUENER • PETER DOCKERY

7

SEVENTH
EDITION



ELSEVIER

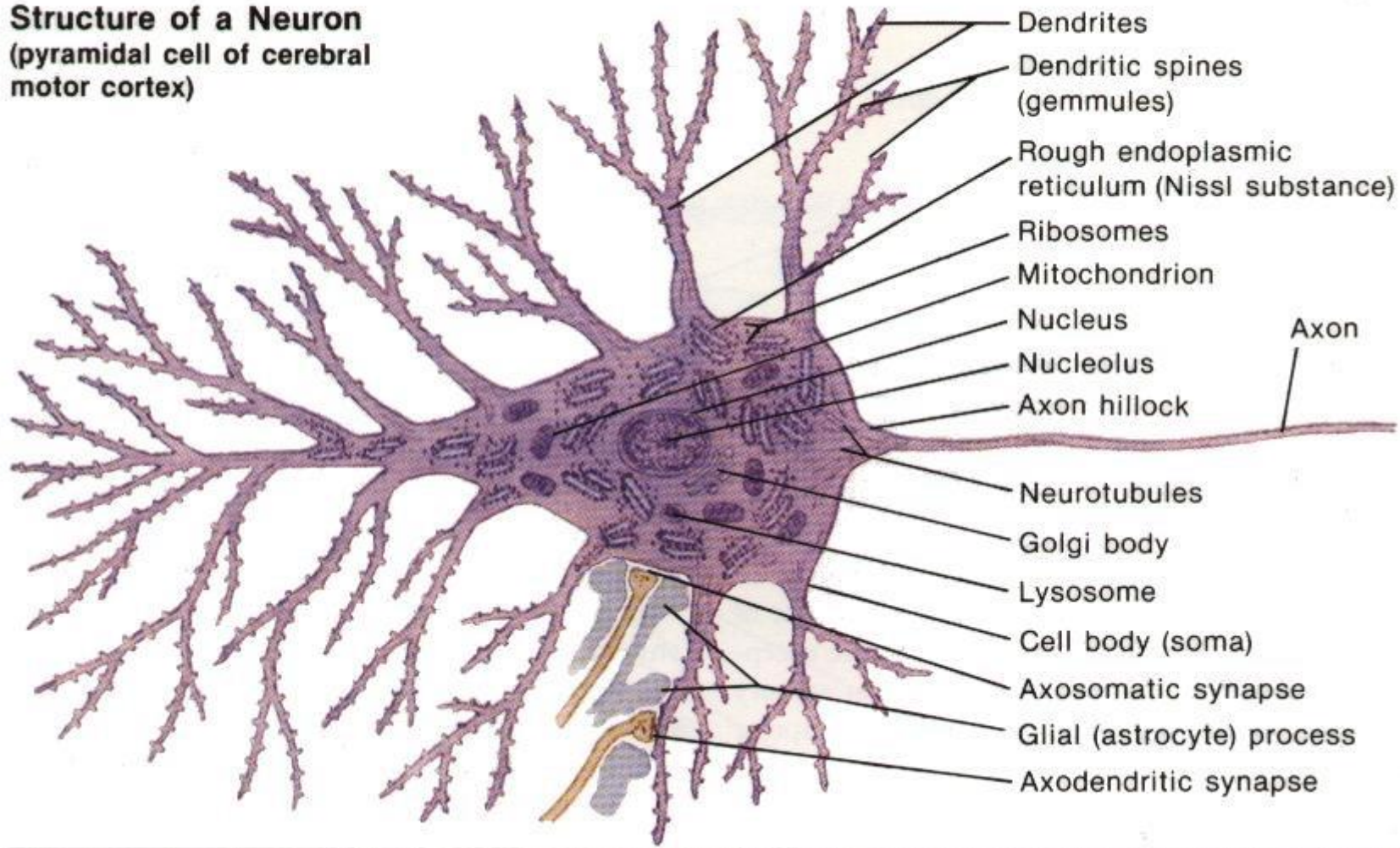
Neuron – dendrity, axon,
perikaryon (soma), nukleus, nukleolus
axonální transport (retro/anterográdní)

glie: oligodendrocyt, astrocyt, mikroglie,
Schwannovy buňky

myelinová pochva, Ranvierovy zářezy

vzruch, akční potenciál, depolarizace

Structure of a Neuron
(pyramidal cell of cerebral motor cortex)



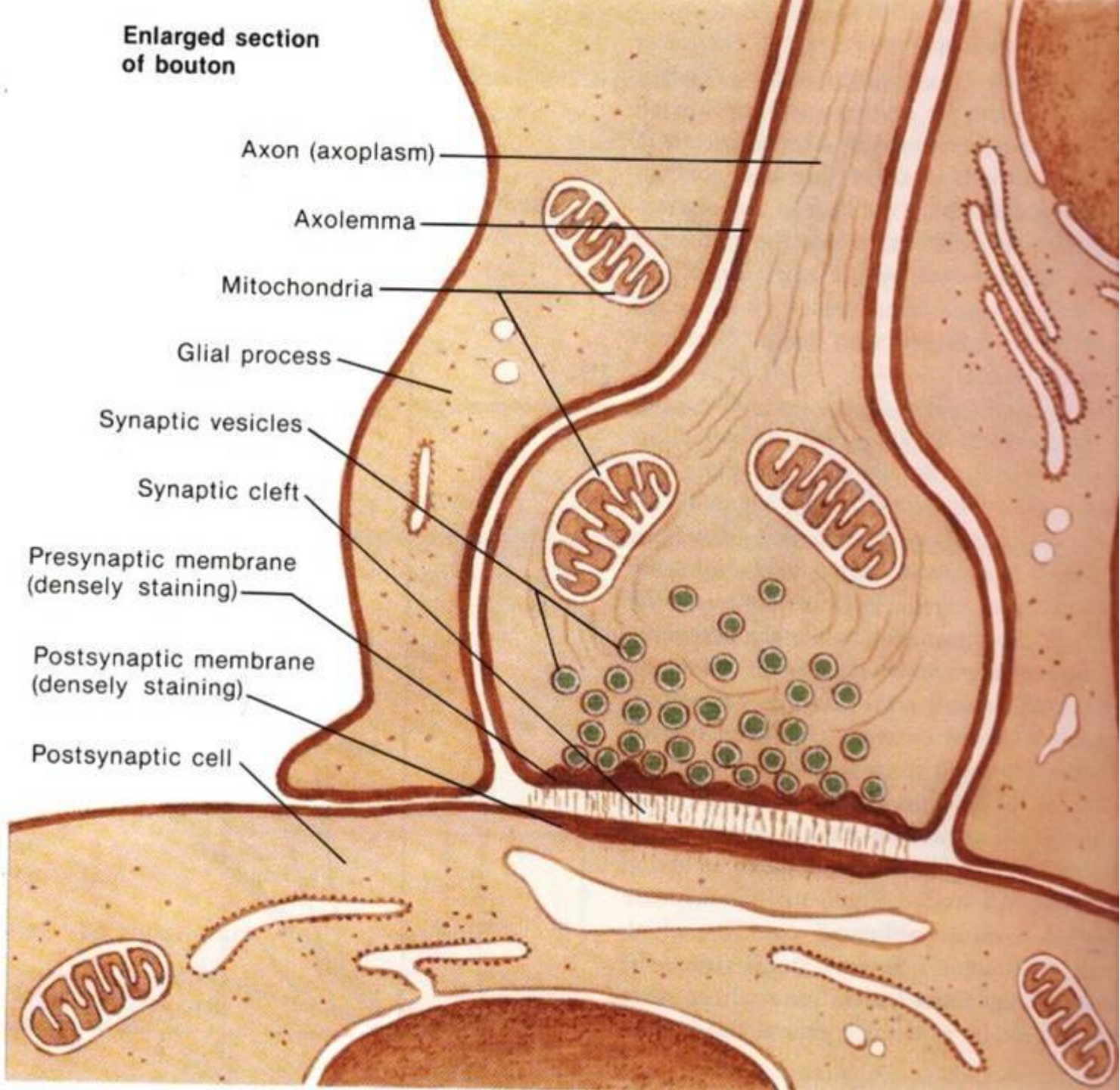
Synapse

1. *elektrická*
2. chemická

**terminální buton, presynaptická membrána,
synaptická štěrbina, postsynaptická
membrána**

**exocytóza vezikul s neurotransmiterem vazba
na receptor postsynaptické membrány, který
je spojený s iontovým kanálem**

**Enlarged section
of bouton**



Axon (axoplasm)

Axolemma

Mitochondria

Glial process

Synaptic vesicles

Synaptic cleft

Presynaptic membrane
(densely staining)

Postsynaptic membrane
(densely staining)

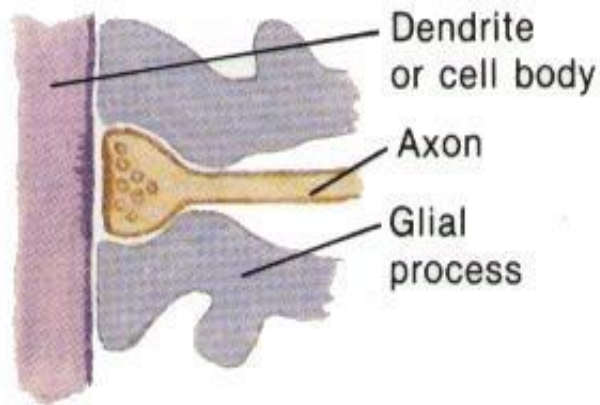
Postsynaptic cell

A) synapse interneuronová

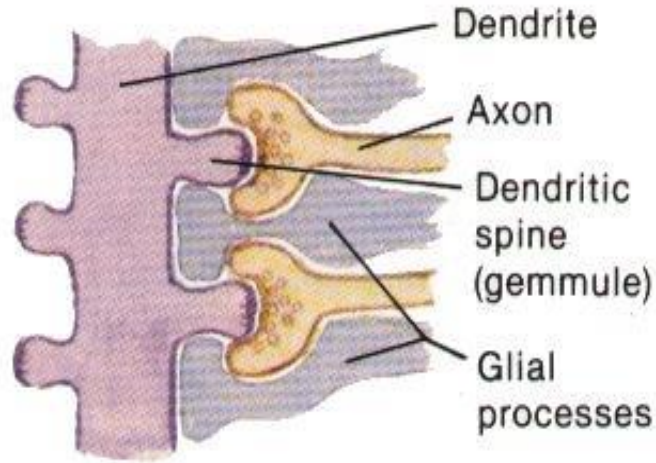
**axondendritická, axosomatická,
axoaxonální,**

**dendrodendritické, somatodendr
itické, somatosomatick**

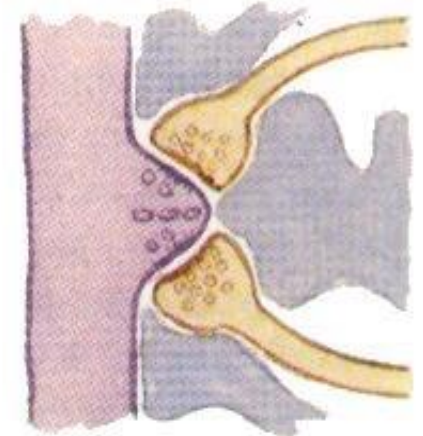
Types of Synapses



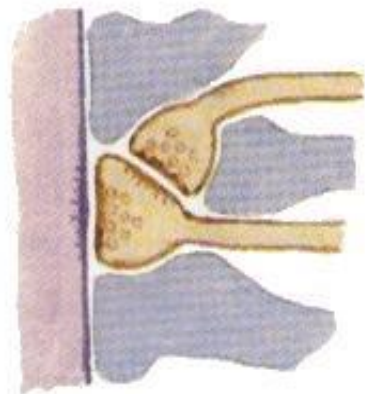
A. Simple axodendritic or axosomatic synapse



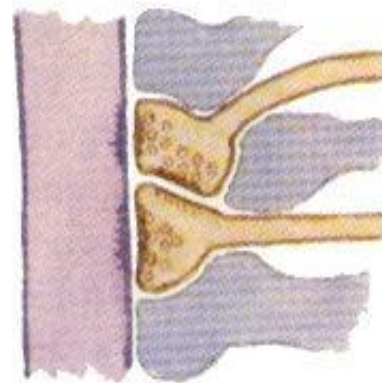
B. Dendritic spine synapses



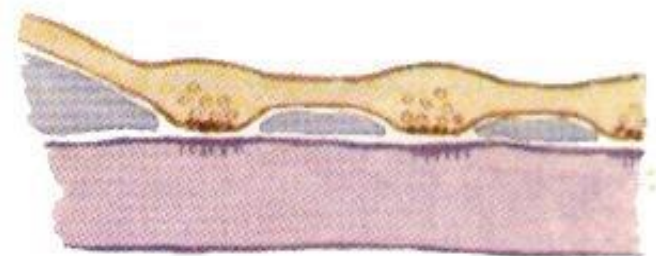
C. Dendritic crest synapse



D. Simple synapse plus axoaxonic synapse



E. Combined axoaxonic and axodendritic synapse



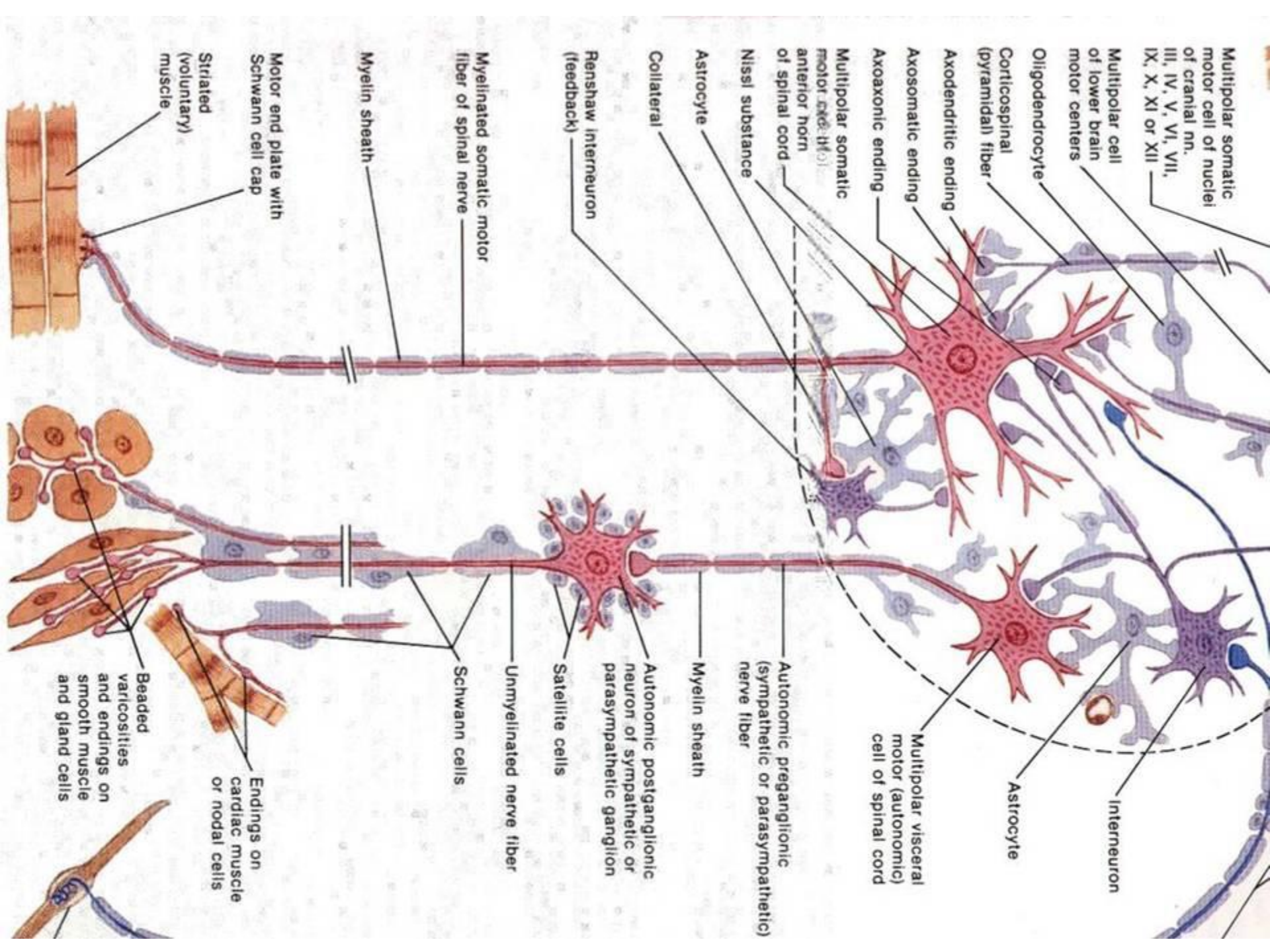
F. Varicosities ("boutons en passant")



B) synapse mezi neuronem a výkonným orgánem

motorická ploténka

**synapse autonomních nervů
typu „*en passant*“ na bb. hladké
svaloviny či žlázy**



Q UMD



**Znalost jednotlivých neurotransmiterů
(neuromodulátorů) a jejich receptorů
umožňuje jejich farmakologické ovlivnění**

katecholaminy (Adr, NAdr, Dopa)

acetylcholin, serotonin

AA inhibiční – GABA, glycin

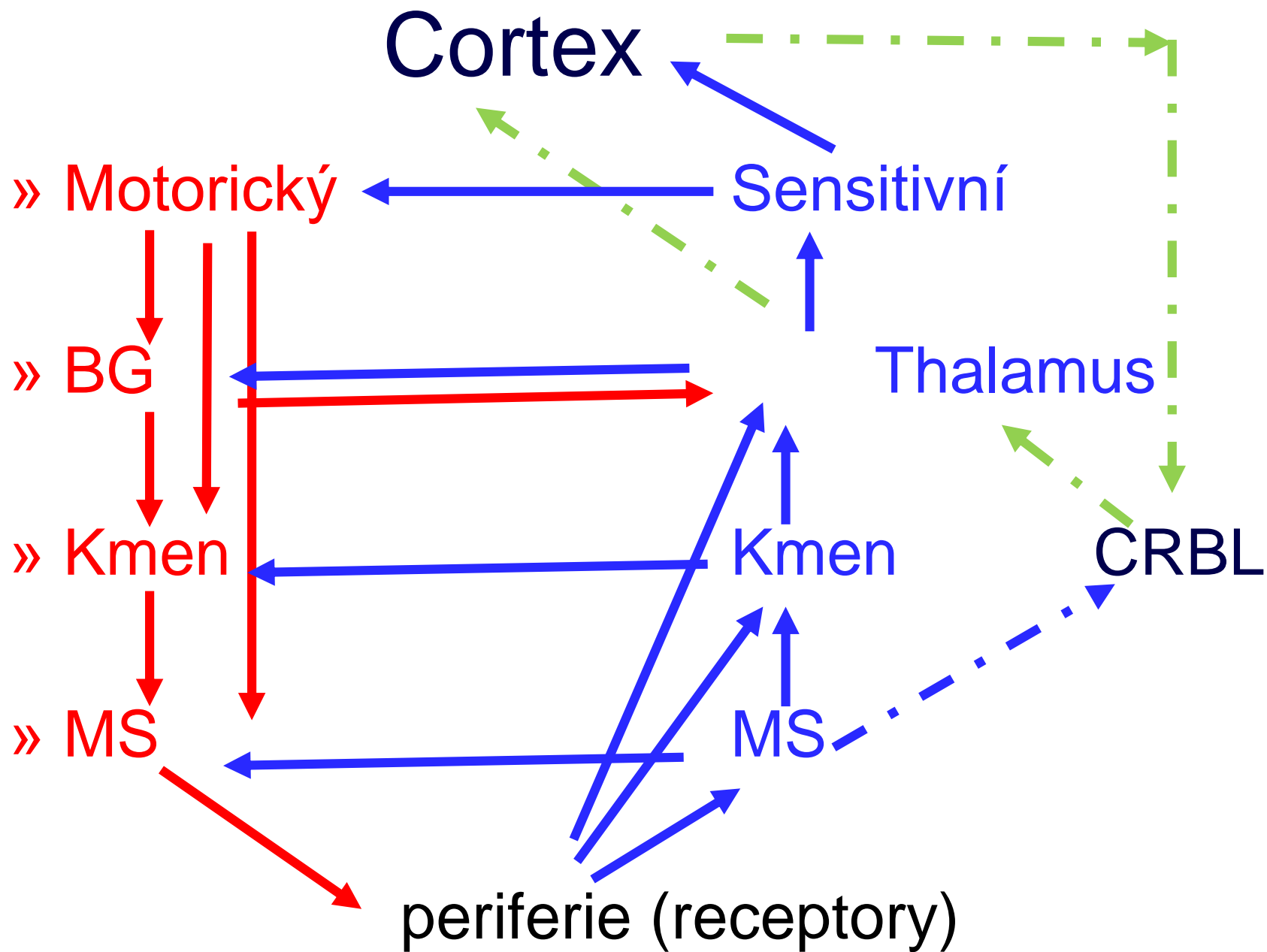
AA excitační – glutamát, aspartát

NO, CO

neuromodulátory - peptidy

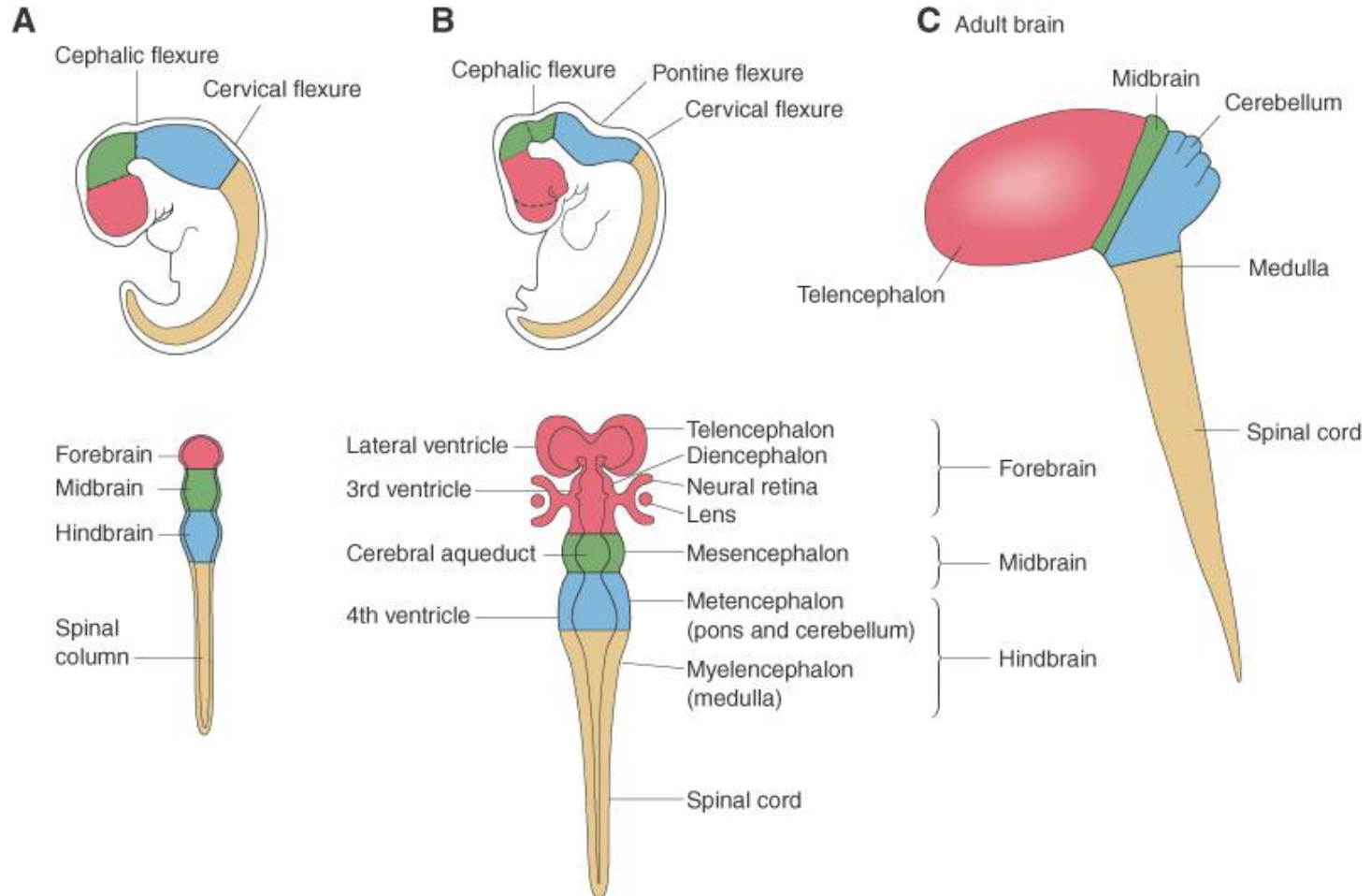
Původ a specifikace buněčných populací tvořící nervový systém

Signální molekuly indukují expresi transkripčních faktorů, signalizační kaskáda transformuje prekursorové buňky v sady neuronů se specifickou identitou



Základní schéma vývoje CNS u člověka

- neurální trubice
- neurální lišta
- nervové plakody



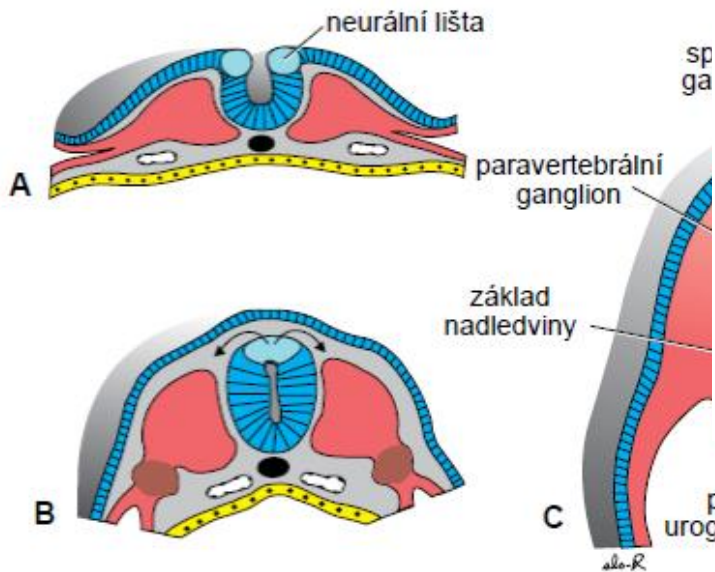
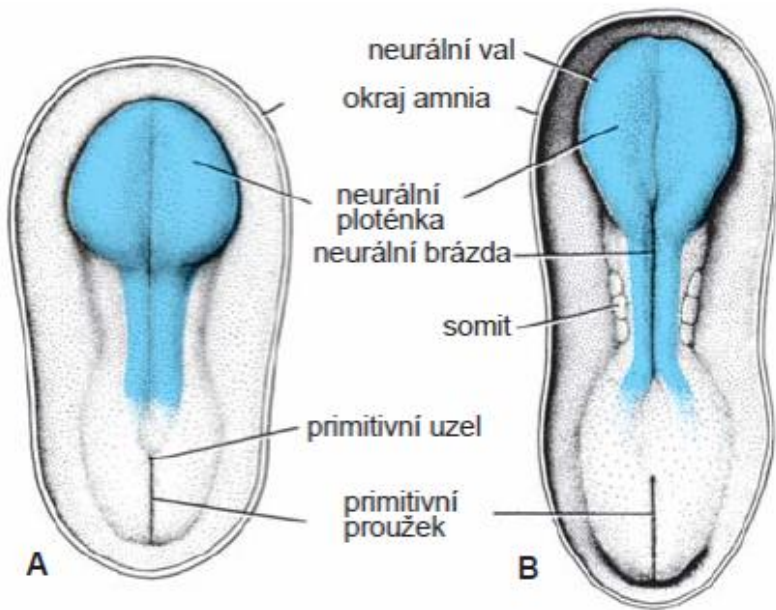
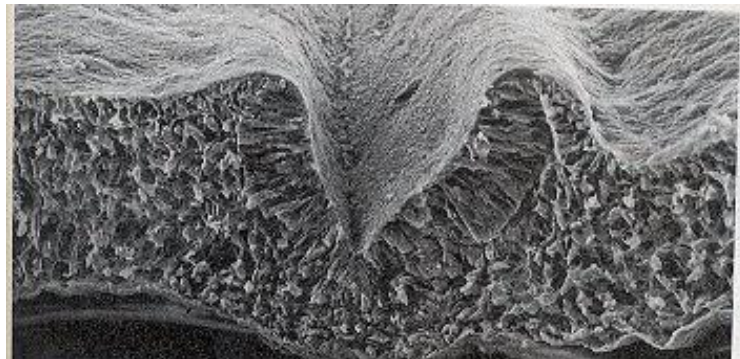
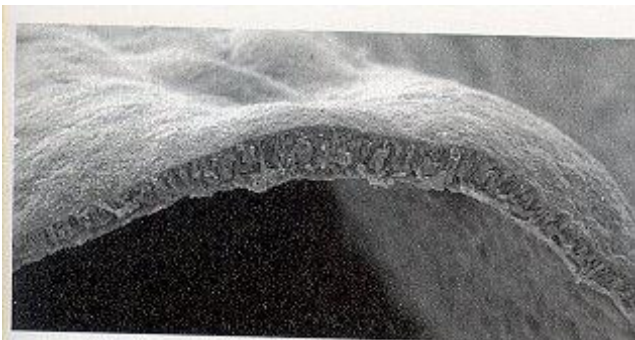
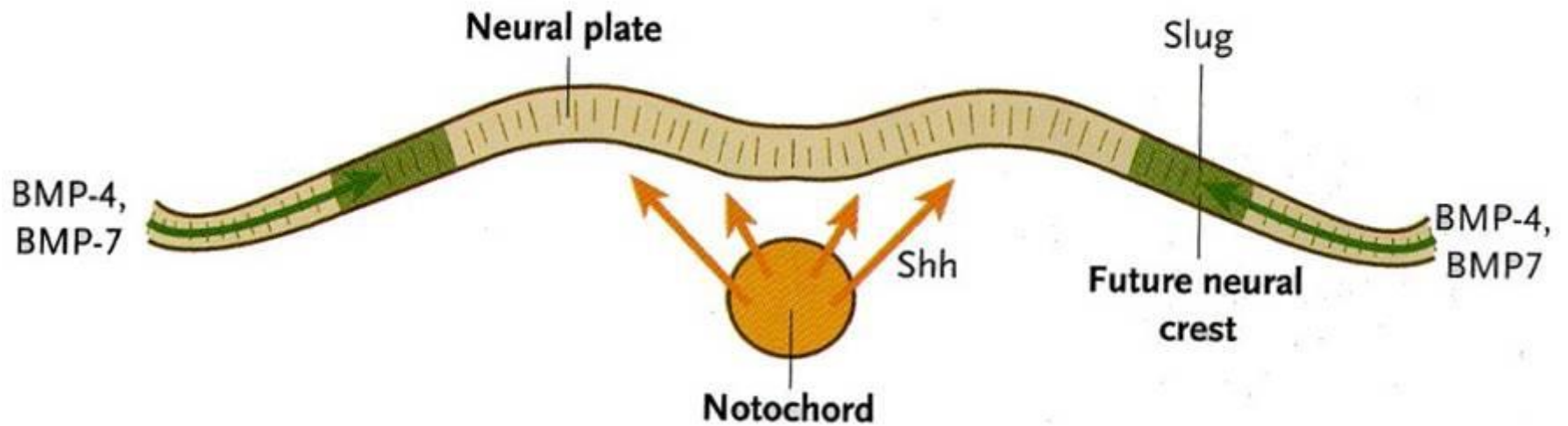
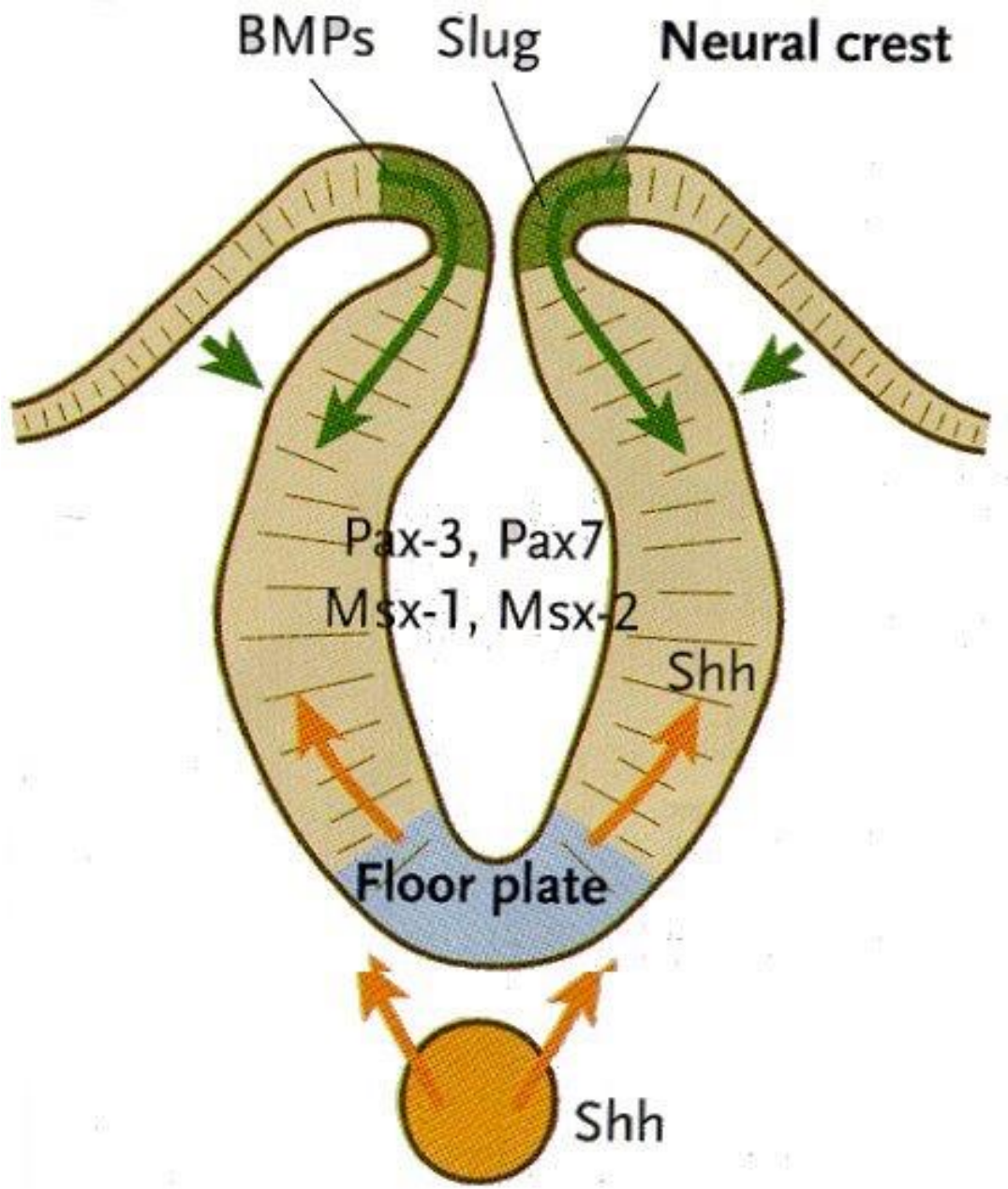
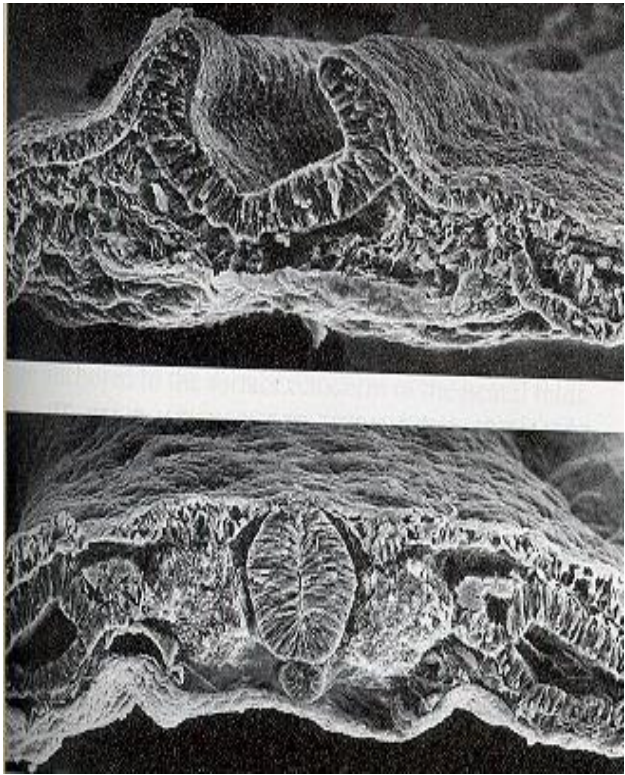


Fig. 1.1 Dorsal views of staged early human embryos (Carnegie series kindly provided by Kohei Shiota)

Neuroektoderm

Neurulace, ventrální a dorsální polarizační centrum





Uzávěr neurální trubice, neuroporus anterior et posterior

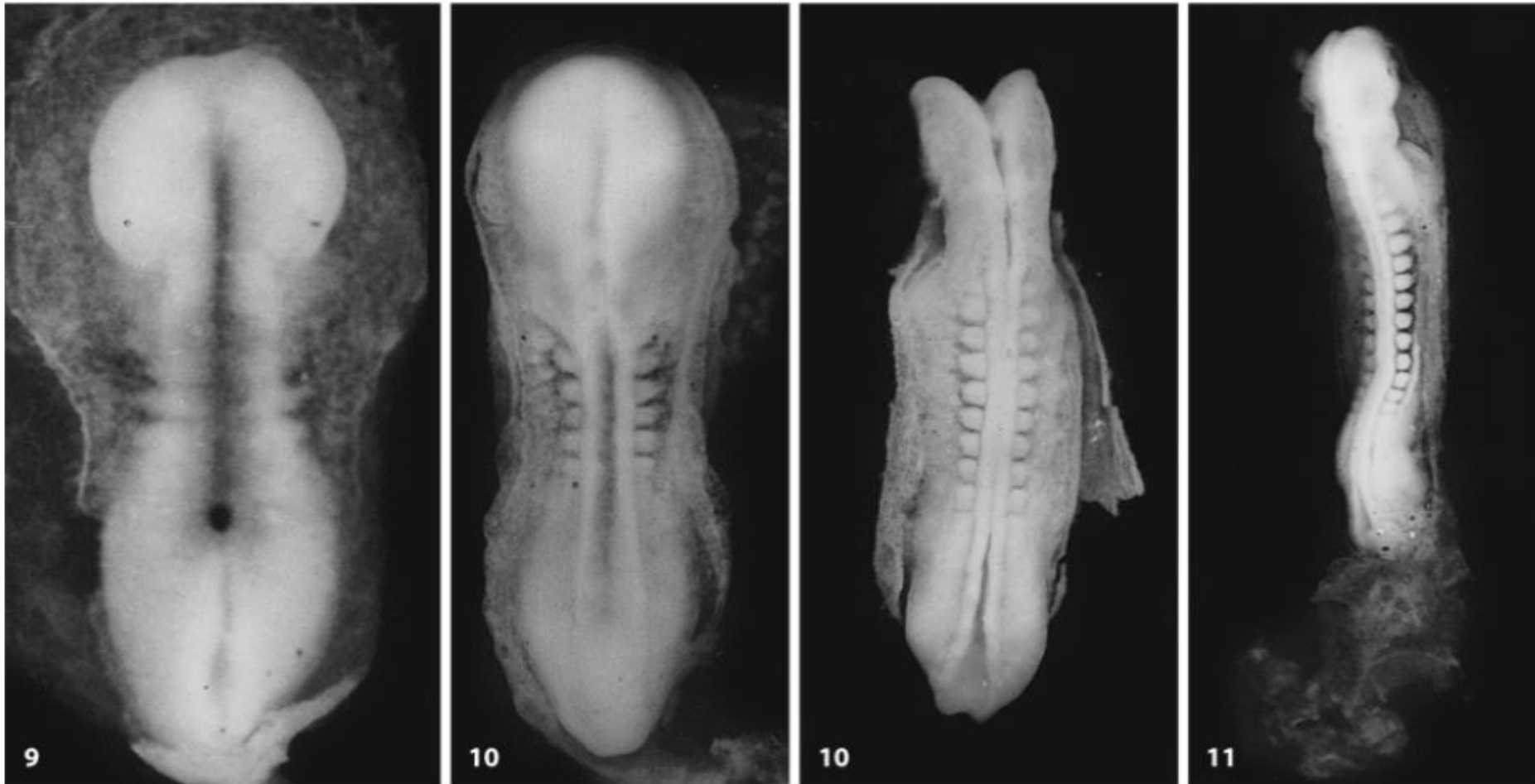
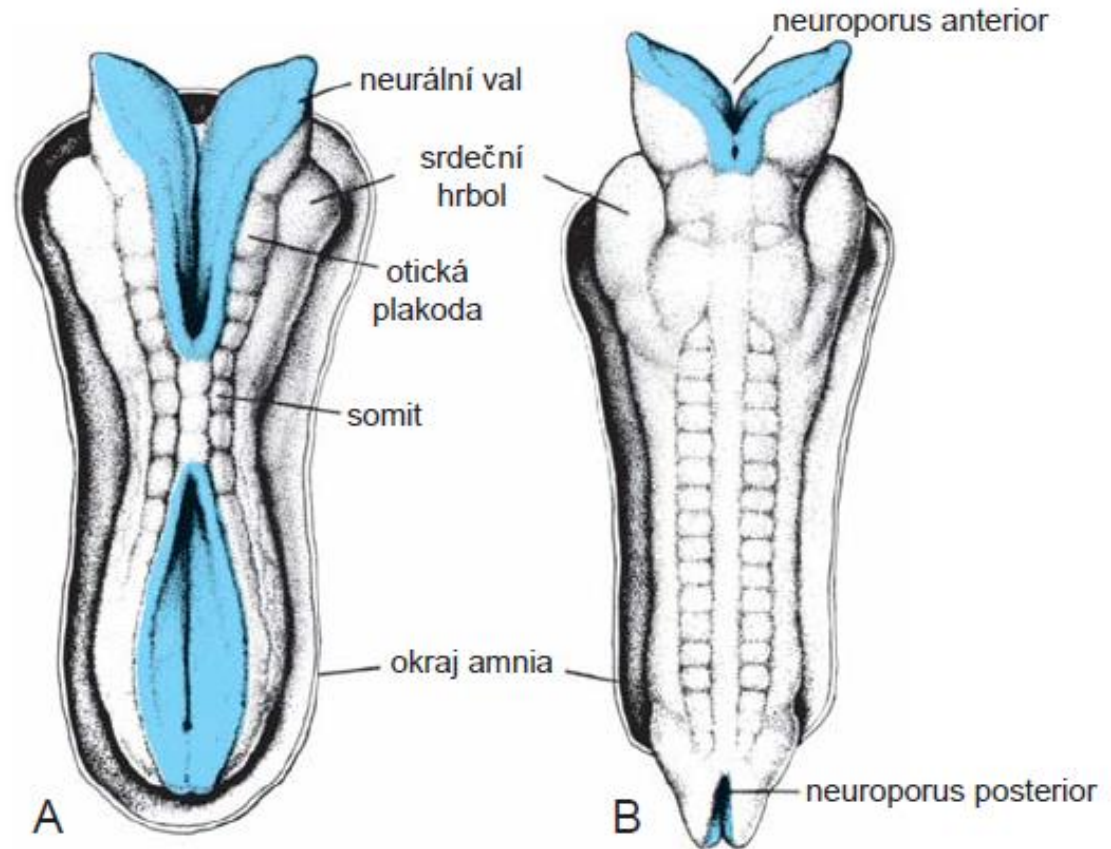


Fig. 1.1 Dorsal views of staged early human embryos (Carnegie stages 6, 7, 9–11; from the Kyoto Collection of Human Embryos; kindly provided by Kohei Shiota)

Uzávěr neurální trubice, začíná v úrovni pátého somitu, neuroporus anterior et posterior

Obr. 17.3 A. Pohled na dorsální stranu lidského embrya, 22. den. Je vidět sedm somitů po obou stranách neurální trubice. **B.** Pohled na dorsální stranu lidského embrya, 23. den. Nervový systém komunikuje s amniotickou dutinou přes přední a zadní neuroporus.



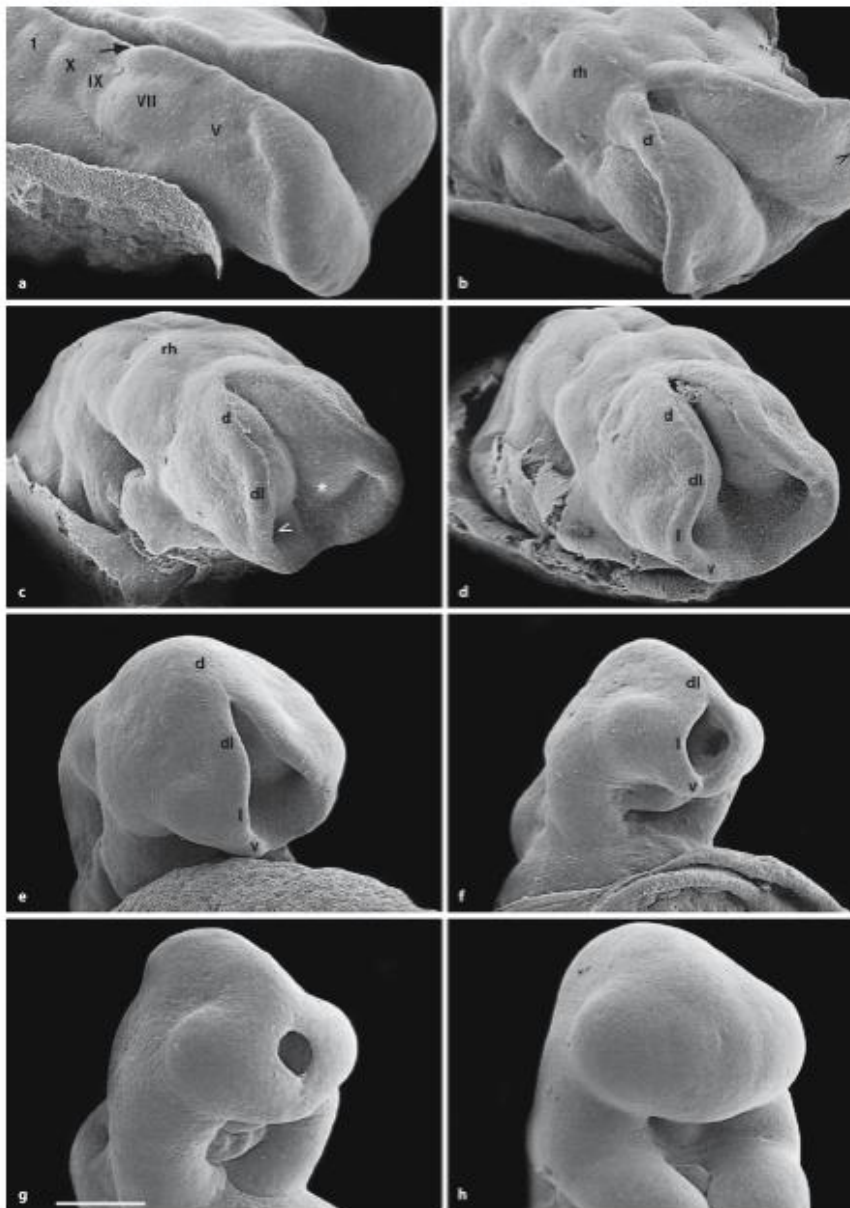


Fig. 4.2 Closure of the rostral neuropore in pig embryos in three phases: **a-e** the dorsal folds slowly align and then close instantaneously; **d-f** the dorsolateral folds close zipper-like in caudorostral direction; **f-h** the final round aperture closes by circumferential growth. The arrow in **a** shows the rhombencephalic neuropore; the arrowheads in **b** and **c** indicate the optic sulcus. *d* dorsal fold, *dl* dorsolateral fold, *l* lateral fold, *rh* rhombencephalon, *v* ventral fold, *V*, *VI*, *IX*, *X* neural crest swellings, *1* somite 1. (From van Straaten et al. 2000, with permission)

4.2.2 Primary Neurulation in Human Embryos

Primary neurulation has been studied extensively in human embryos (Gardner et al. 1975; O'Rahilly and Müller 1994, 1999, 2001, 2002; Nakatsu et al. 2000). The neural groove and folds can first be observed at stage 8 (approximately 18 days of development). Two days later, at stage 9, the three main divisions of the brain can be distinguished while the neural groove is still completely open (Chap. 1). Another 2 days later, at stage 10, the neural folds begin to fuse near the

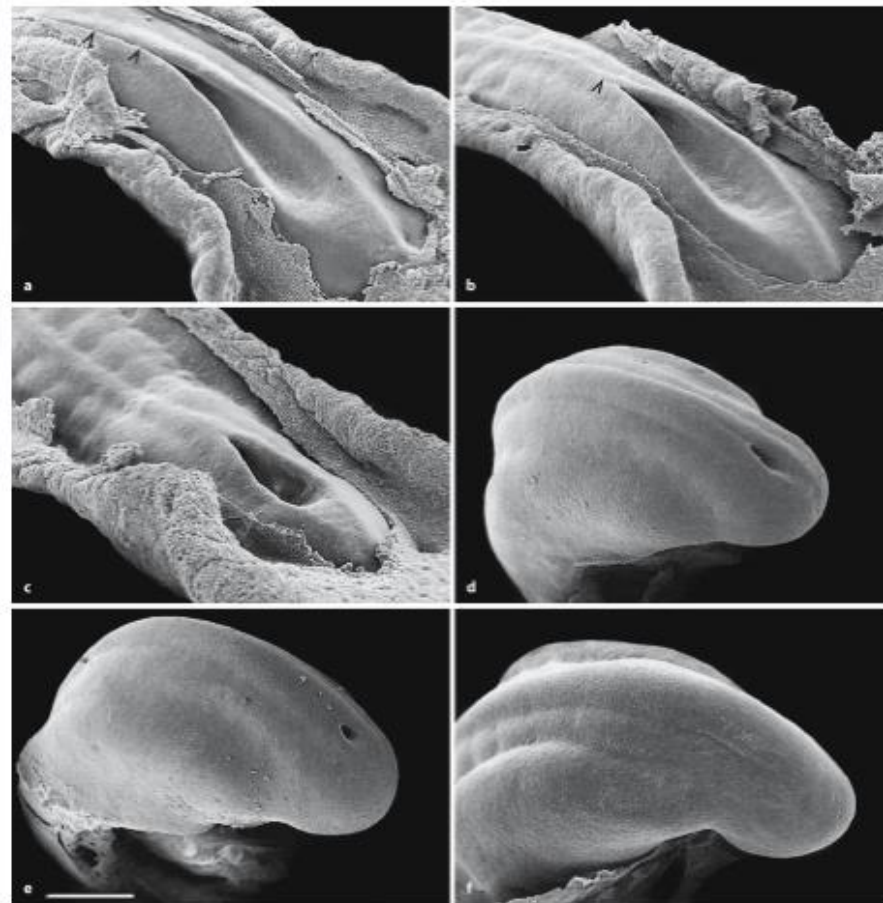


Fig. 4.3 Closure of the caudal neuropore in pig embryos. Closure is initiated fast in the somitic region (**a**), subsequently stops, and gradually closes zipper-like in caudal direction with increasing closure rate (**b-d**), and stops again (**e**) before defini-

tive closure (**f**). Arrowheads indicate raphe where the neural tube is closed already. (From van Straaten et al. 2000, with permission)

Continuous closure model

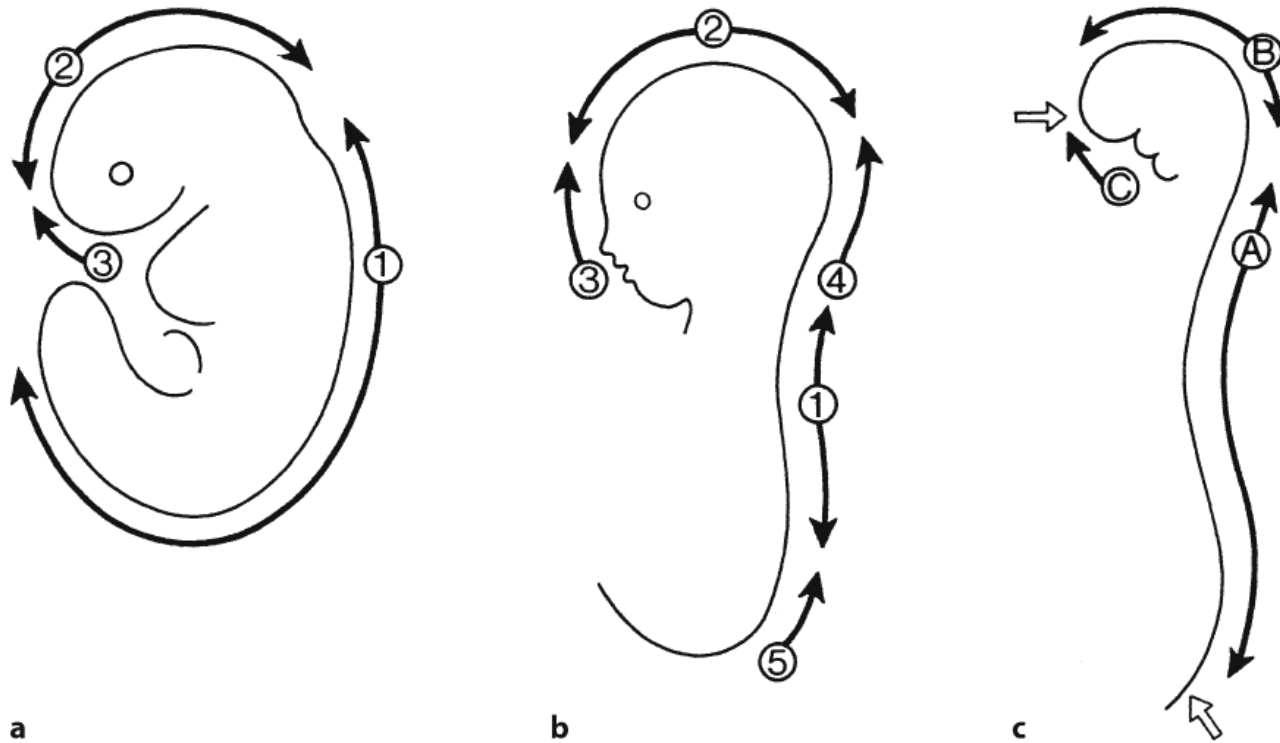


Fig. 4.7 **a** The rostrocaudal sequence of neurulation events in mouse embryos (after Harding and Copp 1997); **b** the multiclosure model of Van Allen et al. (1993); **c** multisite closure of the neural tube as observed in human embryos (after Nakatsu et al. 2000). Initiation of closure sites is indicated as 1-3, 1-5 and A-C, respectively. The *open arrows* in **c** indicate the rostral and caudal neuropores

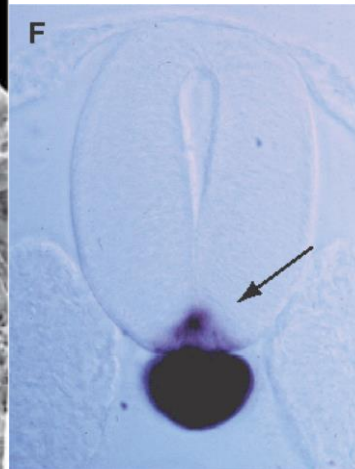
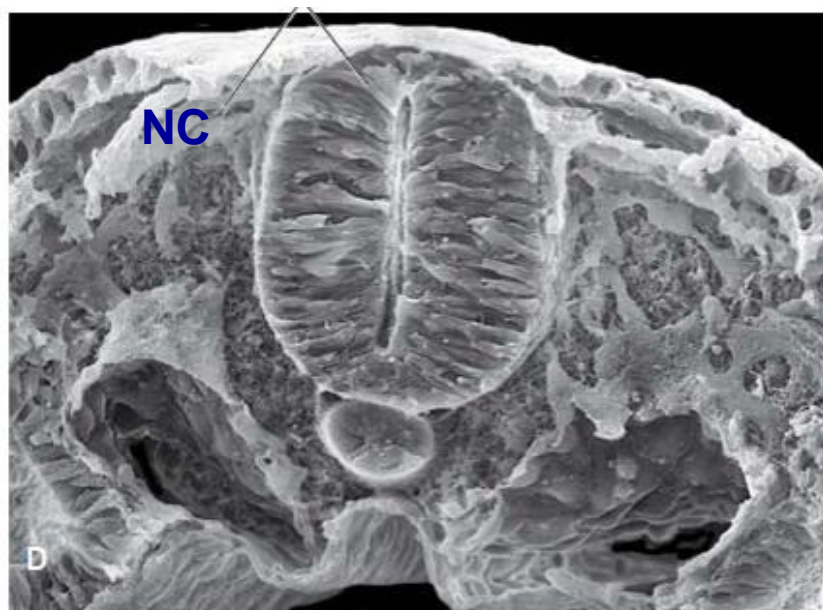
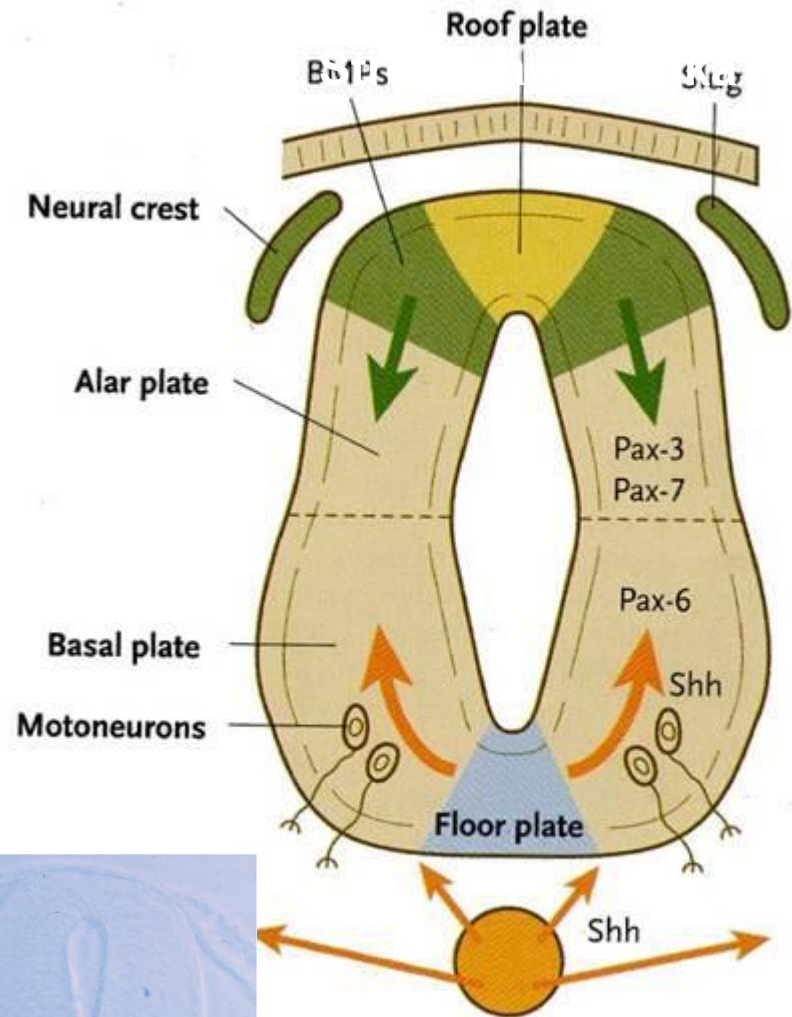
Multisite closure model

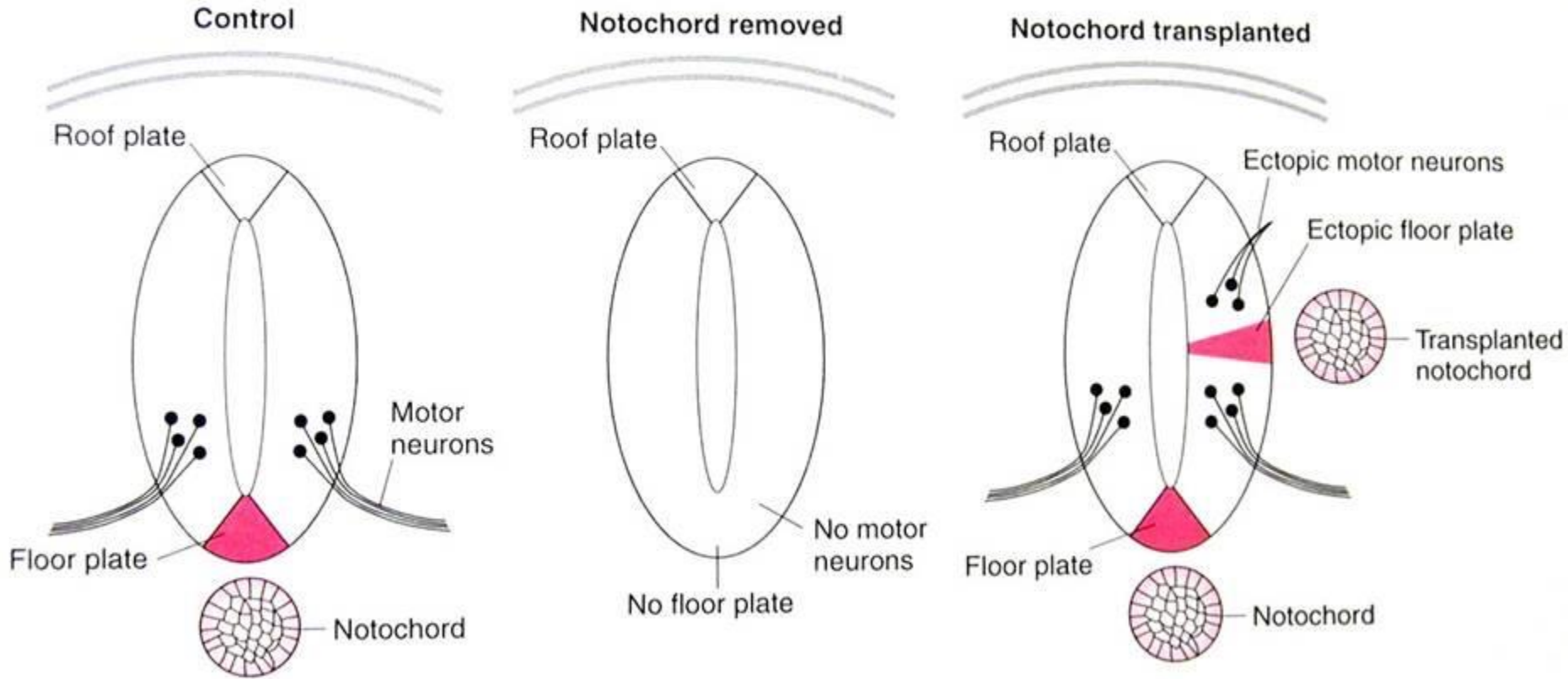
Stropová ploténka
alární ploténka
– **sensitivní zóna**

sulcus limitans

basální ploténka
– **motorická zóna**

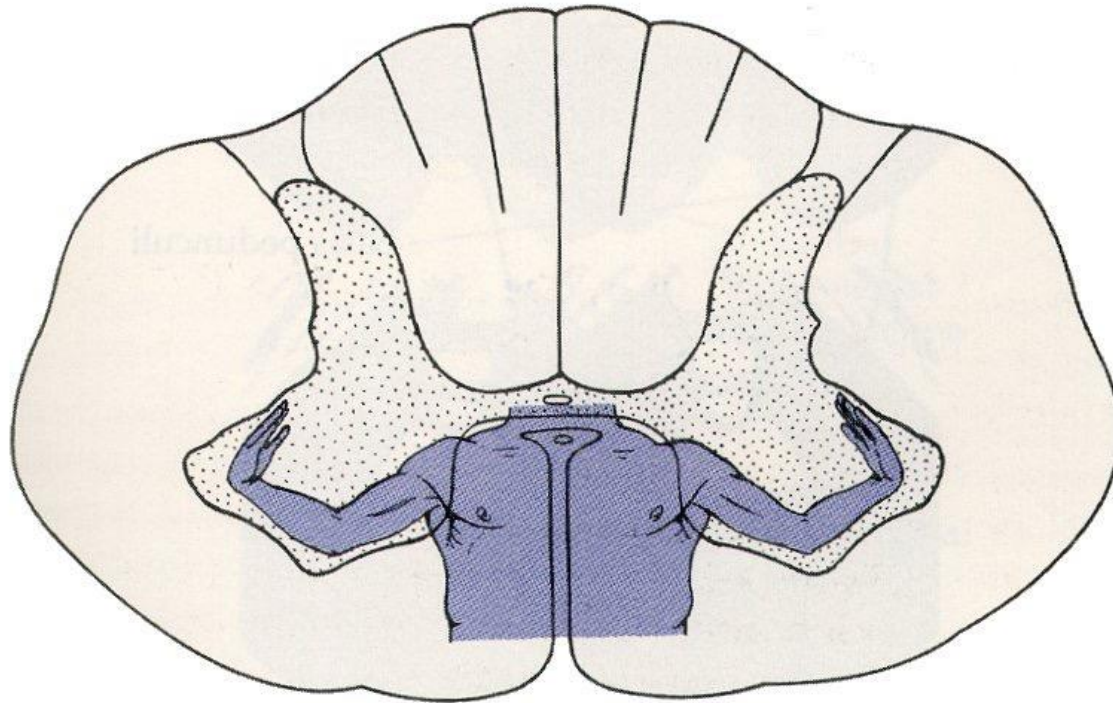
Spodinová ploténka





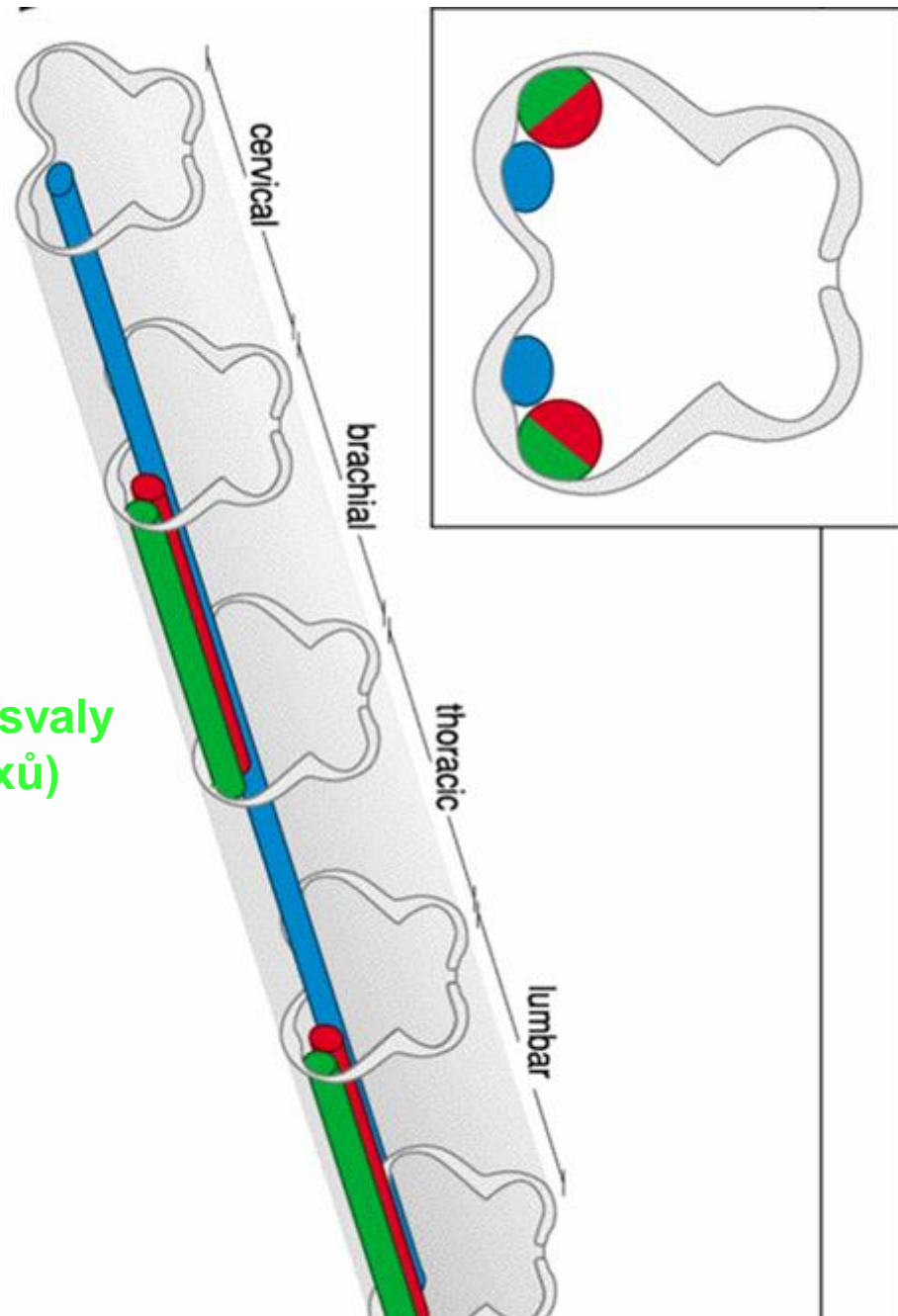
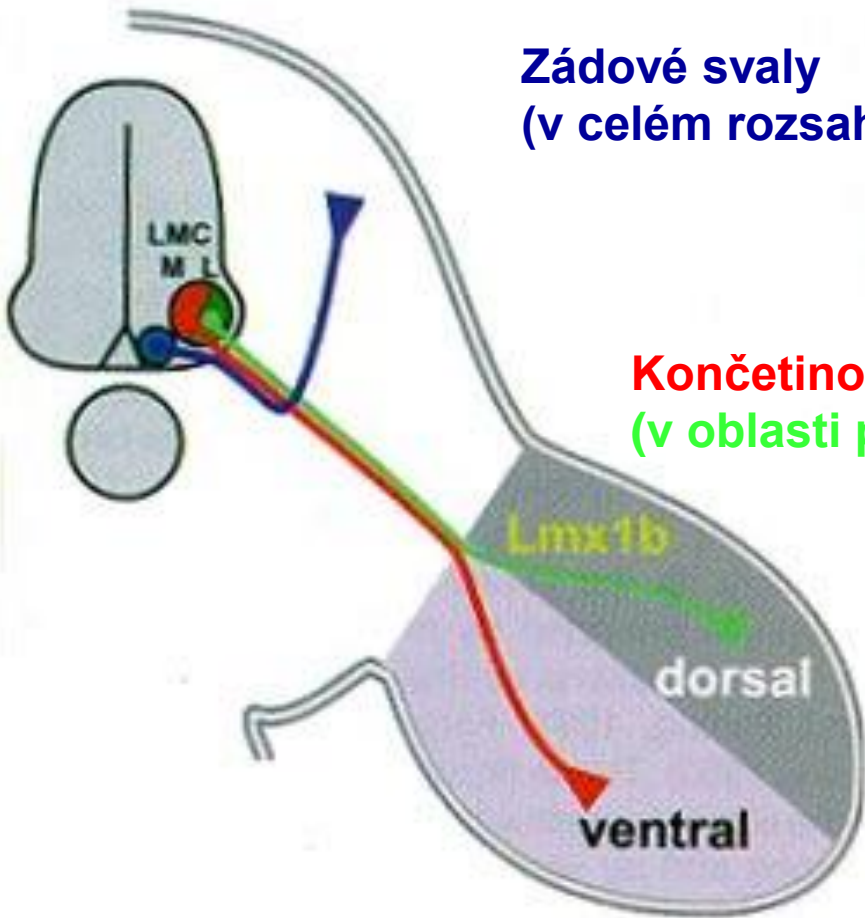
**Koncentrační gradienty určují typ diferencujících se neuronů
Shh – Sonic hedgehog**

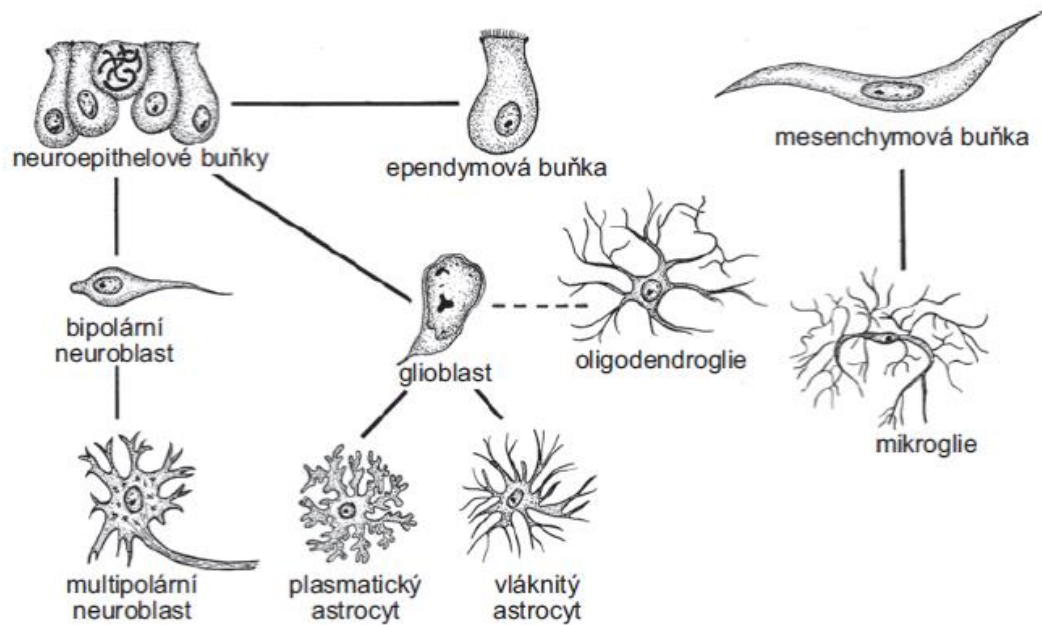
Mediolaterální specifikace motoneuronů LIM kód



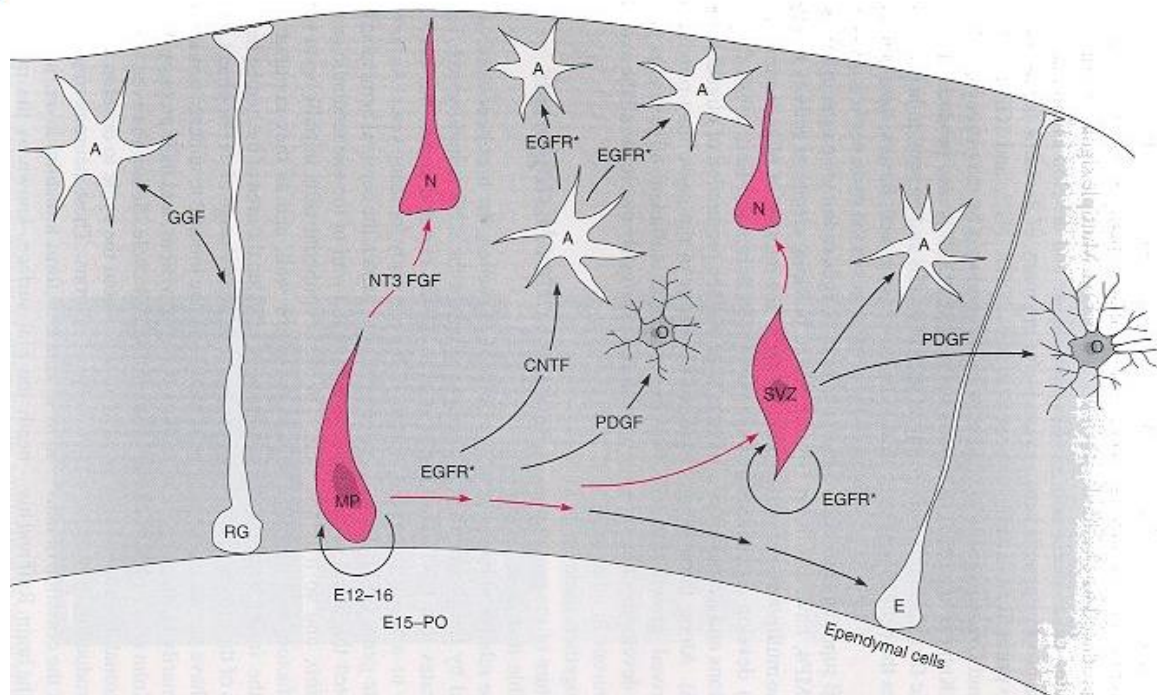
A

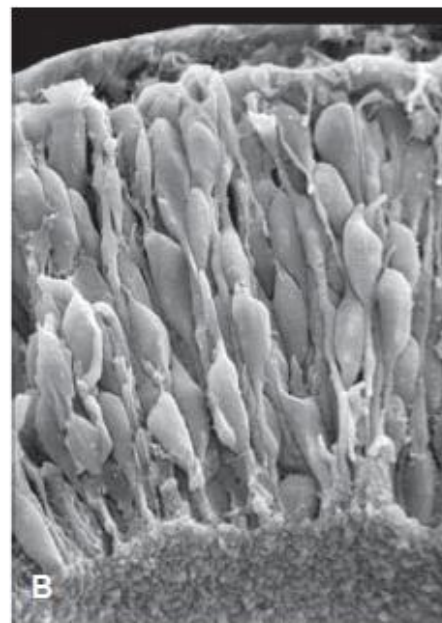
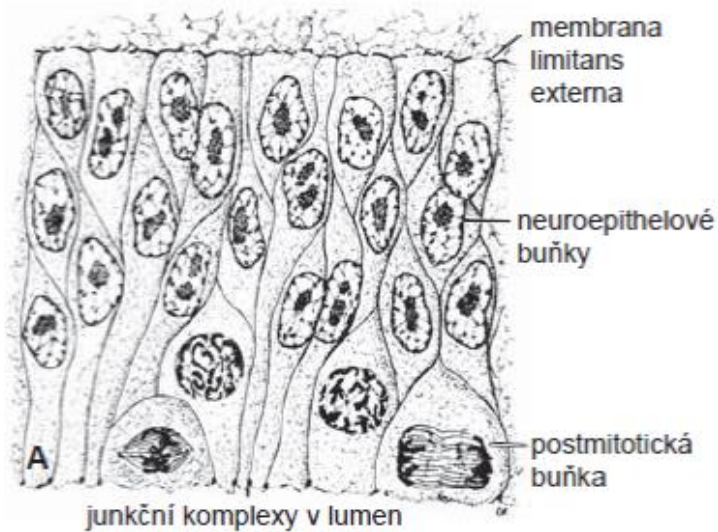
Motor column	LIM homeodomain code
MMC(m)	: Isl1, Isl2, Lhx3, Lhx4
LMC(m)	: Isl1, Isl2
LMC(l)	: Isl2, Lim1



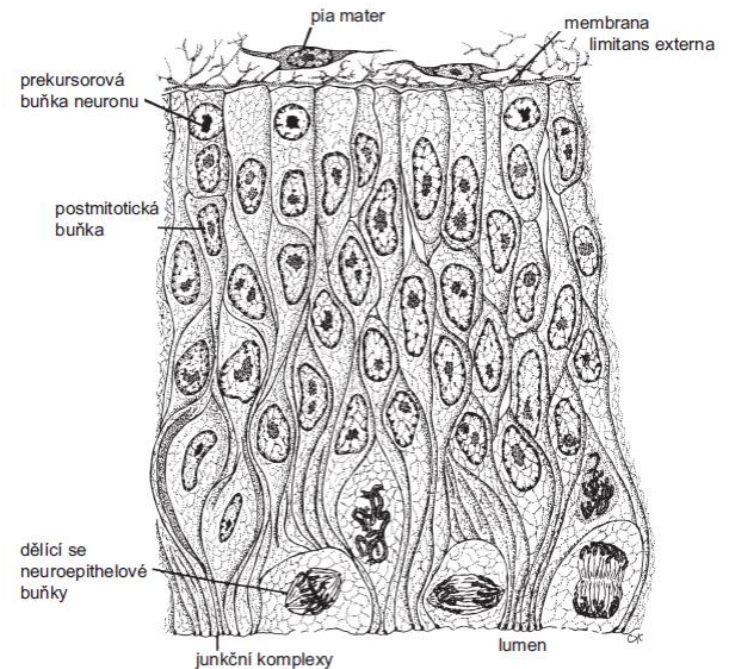


Obr. 17.11 Histogeneze neuronů a glie. Z buněk neuroepithelu se diferencují neuroblasty, vláknité i plasmatické astrocyty, oligodendroglie a buňky ep senchymových buněk.





Obr. 17.6 A. Schéma řezu stěnou právě uzavřené neurální trubice, která tvoří neuroepitel. Dělicí se buňky jsou lokalizovány ve vrstvě přivrácené k lumen. Stěna kuřecího embrya odpovídá schématu A (SEM).

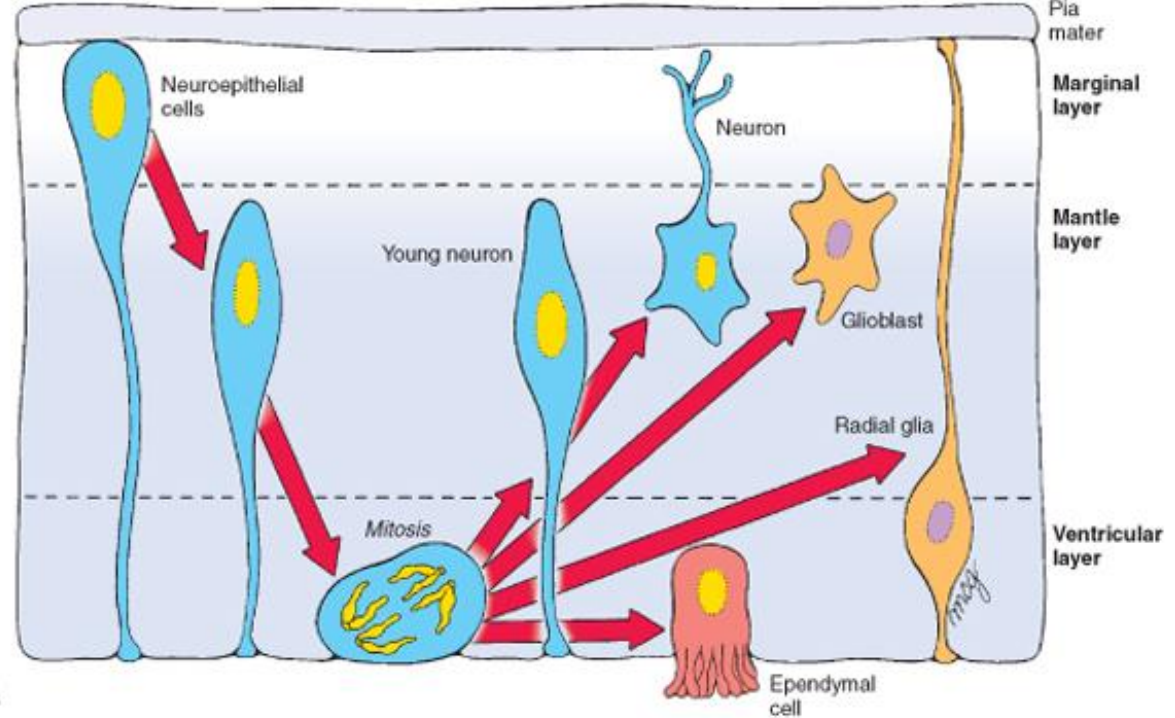


Obr. 17.7 Schéma řezu neurální trubicí ve stadiu pozdějším než na obr. 17.6. Stěna je tvořena neuroepithelovými buňkami. Na periferii, těsně u membrana limitans externa se diferencují prekursorové buňky neuronů. Tyto buňky se diferencují z neuroepithelu ve velkém počtu a tvoří plášťovou vrstvu.

**Neuroepithel
m. limitans interna
adhesní spoje**

Neuroblasty

**Periventrikulární a
plášťová zona**



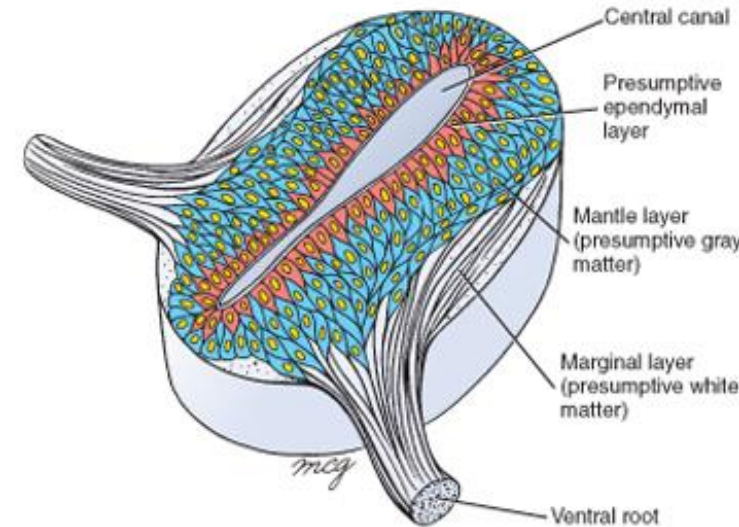
A

**radiální glie
neurony apolární
bipolární
multipolární**

glioblasty



B

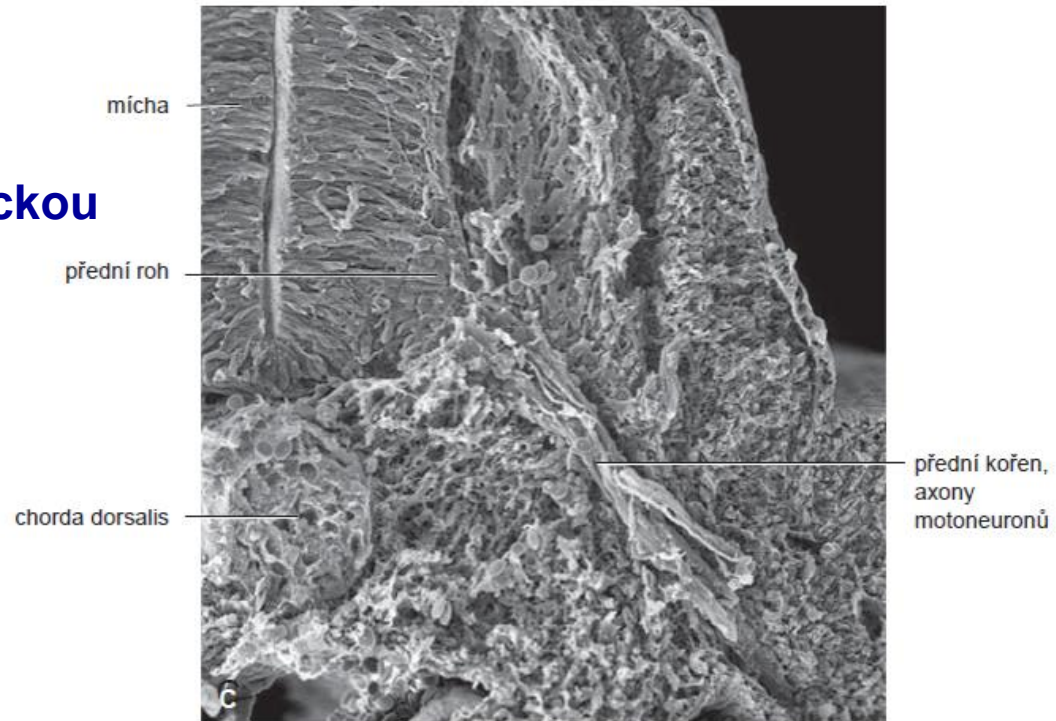
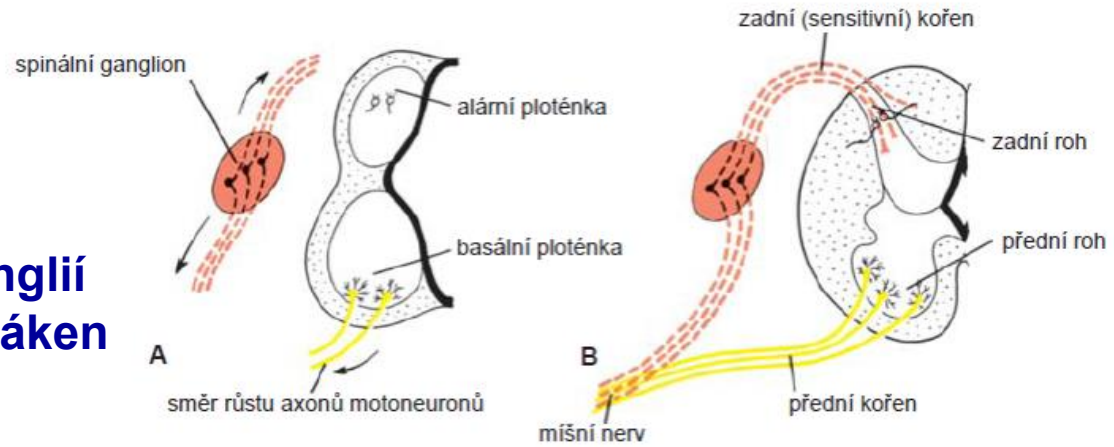


C

Interakce senzitivních ganglií senzitivních nervových vláken (pochází z NCC)

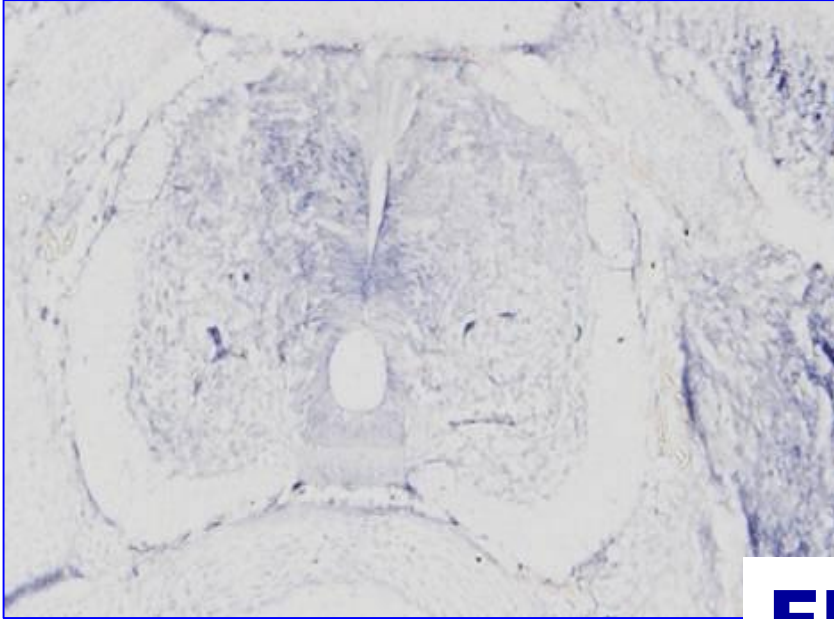
s míchou a zapojení

Spojením s ventrální motorickou větví vzniká míšní nerv

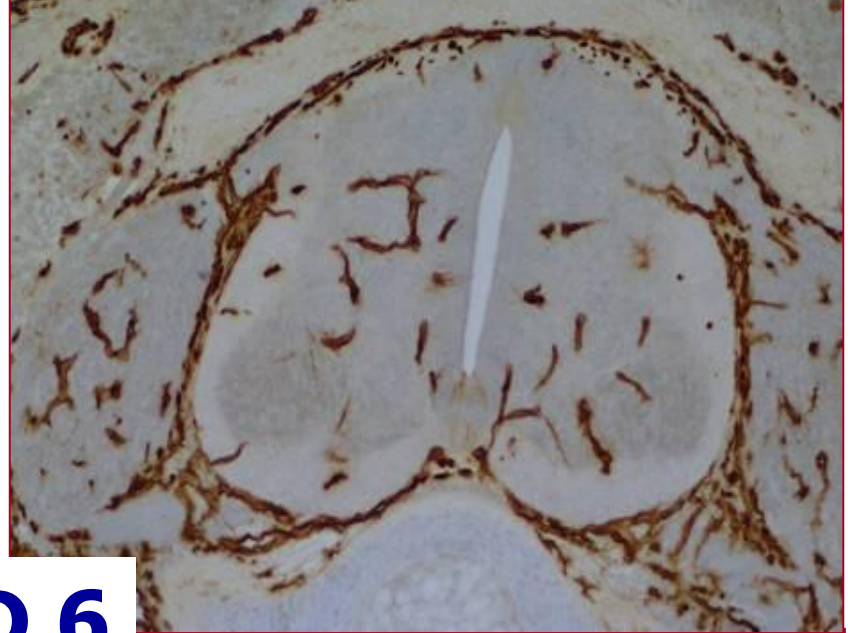


Obr. 17.10 A. Axony motoneuronů vyrůstají z basální ploténky, axony buněk spinálních ganglií směřují k míše. Šipky označují směr růstu. B. Vlákná předního (motorického) a zadního (senzitivního) kořene se spojují a vytvářejí míšní nerv. C. Příčný řez míchou kuřecího embrya; je zřetelný přední míšní roh a přední (motorický) míšní kořen (SEM).

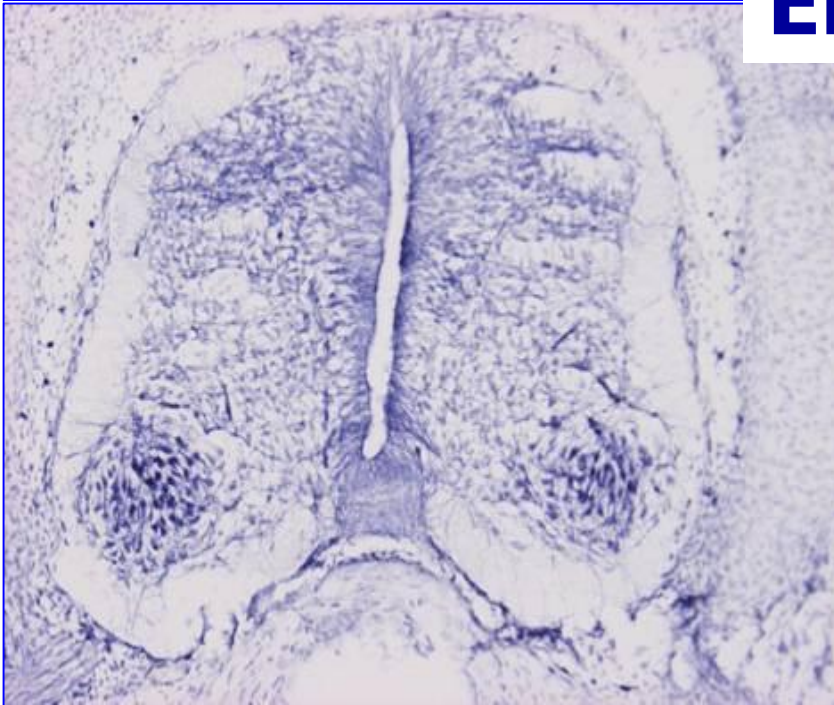
Hypoxyprobe 1



VEGF + QH1



ED 6



**Myelinisace
od 4. prenatálního
měsíce až do 3. roku**

**Schwanovy buňky
z neurální buňky**

X

**centrální myelin -
oligodendroglie**

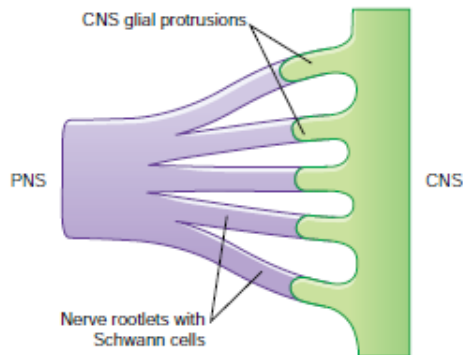
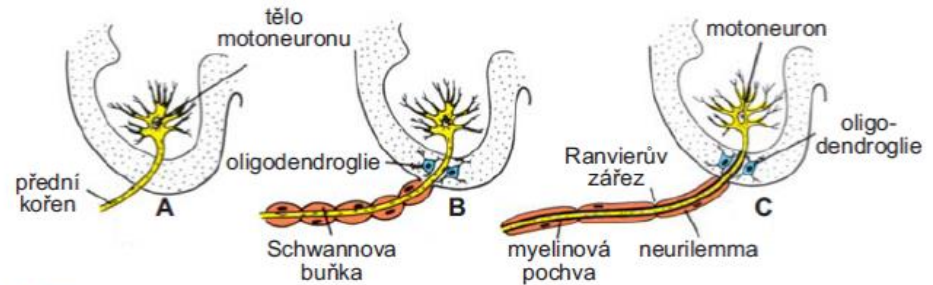
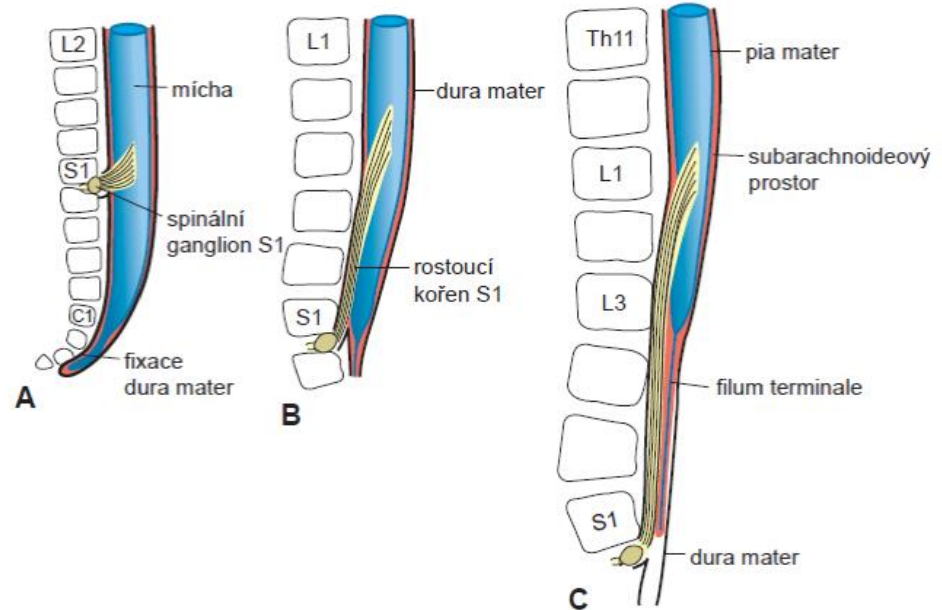


Figure 9.8 Central nervous system (CNS)–peripheral nervous system (PNS) transitional zone.



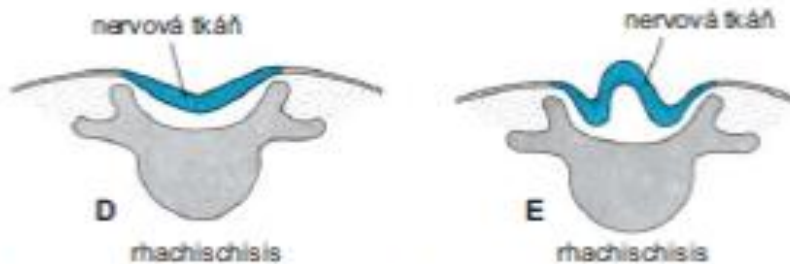
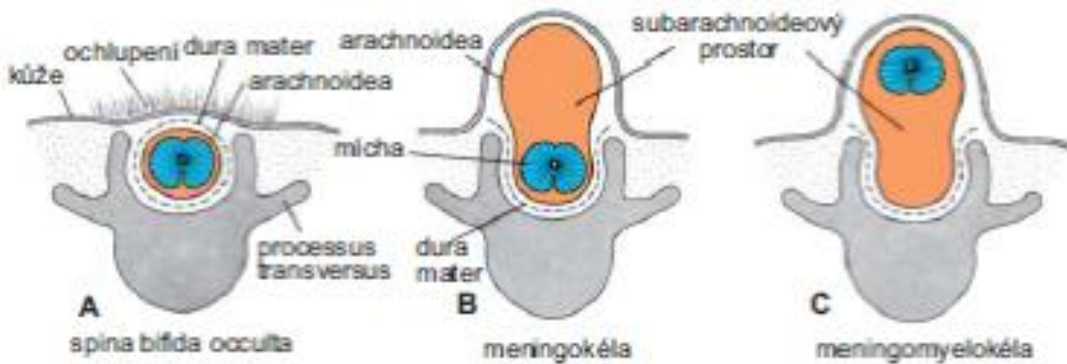
Obr. 17.12 Postup myelinisace. **A.** Motoneuron předního rohu s nemyelinisovaným axonem. **B.** Uvnitř míchy obklopuje axony motoneuronů oligodendroglie, po výstupu z míchy začínají axon obalovat Schwannovy buňky. **C.** V míše je myelinová pochva tvořena buňkami oligodendroglie, po výstupu z míchy Schwannovými buňkami.



Obr. 17.13 Kaudální konec míchy a jeho poloha vzhledem ke kaudálnímu konci páteřního kanálu v průběhu vývoje. **A.** 3. měsíc. **B.** 5. měsíc. **C.** Novorozenec.

Redlich-Obersteinerova zóna

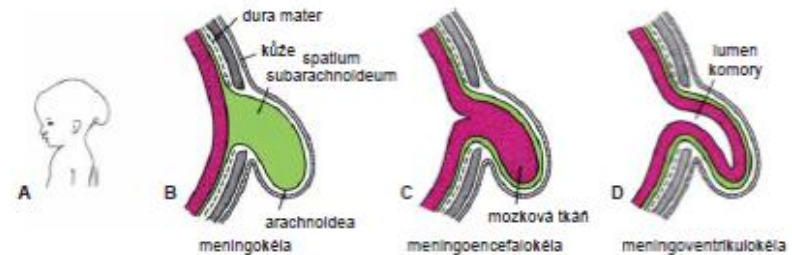
Hranice mezi centrálním a periferním myelinem, *de facto* hranice PNA a CNS



Rozštěpové vady NT = poruchy uzávěru NT

kys. listová jako prevence

Obr. 17.15 Poruchy uzávěru nervové trubice v oblasti míchy. Termín spina bifida se používá pro všechny typy rozštěpů, kdy nedochází ke splnutí jednoho nebo více obratlových oblouků nad míchou. **A.** Spina bifida occulta; kostní defekt je kryt kůží a mícha není poškozena. Často lze tento defekt odhalit podle okrsku tmavého ochlupení nad postiženou oblastí. **B.** Meningokéla; z neuzavřené části páteřního kanálu promínuje vak z míšních obalů vyplněný jen mozkomíšním mokem. **C.** Meningomyelokéla; ve vaku z obalů je přítomna i nervová tkáň. **D., E.** Rhachischisis vzniká, nedojde-li k uzávěru nervové trubice a nervová tkáň zůstává nekrytá na povrchu a často nekrotisuje. Rhachischisis je nejtěžší formou těchto vad a může postihnout mozeční míchu, a to nejčastěji v lumbosakrální oblasti.

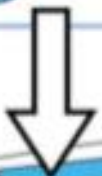
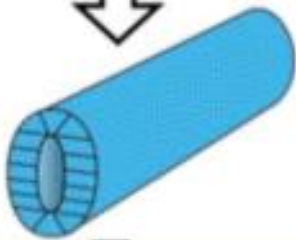
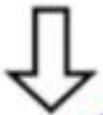
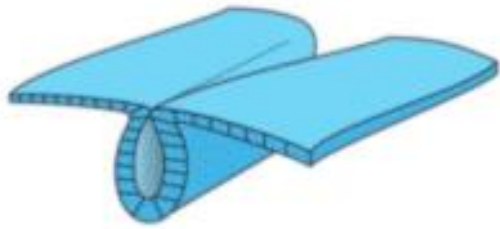


Obr. 17.35 **A.** Meningoencefalokéla na profilu lebky dítěte v okcipitální krajině. Vyklenují se obaly mozku a nervová tkáň. **B–D.** Schémata zachycují různé typy defektů lebky na podkladě abnormalit uzávěru neurální trubice. Mohou být vyfězle pouze meninges (meningokéla, **B**), nebo meninges společně s různě velkou částí mozku (meningoencefalokéla, **C**; resp. meningoventrikulokéla, **D**). Nejčastěji je postižena kost týlní, ale podobné defekty se mohou vyskytovat i jinde, např. ve frontonasální krajině. Tyto vady vznikají na podkladě abnormálního uzavírání neurální trubice.

Sekundární neurulace

Head, Trunk

Primary Neurulation

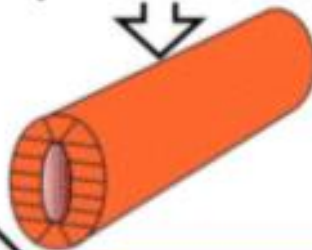


Tail

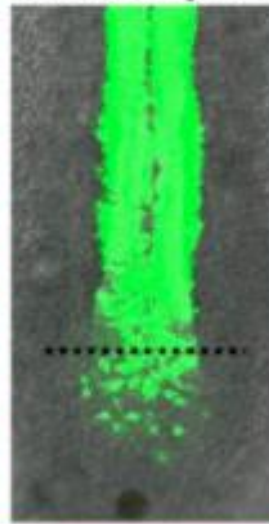
Secondary Neurulation (SN)



Epithelialization



Labeled secondary neural tube and SN precursors



Secondary neural tube

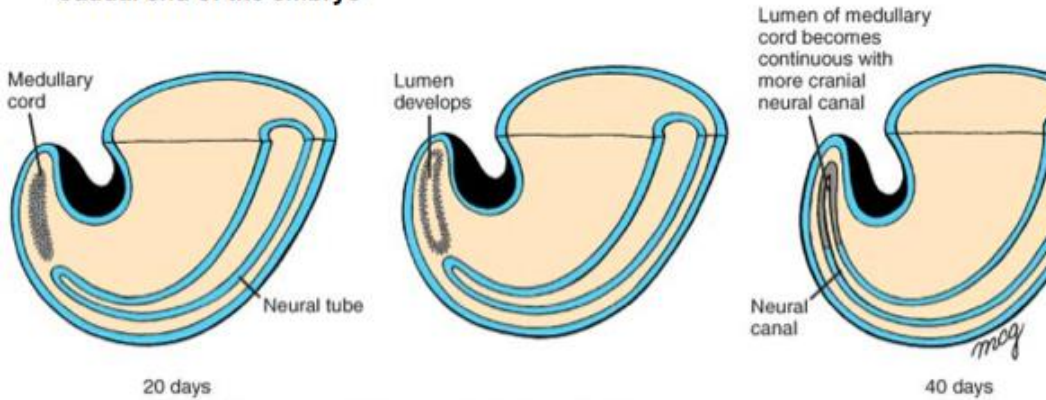
SN Precursors

Mesenchymal cells epithelialize and form a neural tube during SN.

Amniotes (mammals, birds and reptiles)

Sekundární neurulace

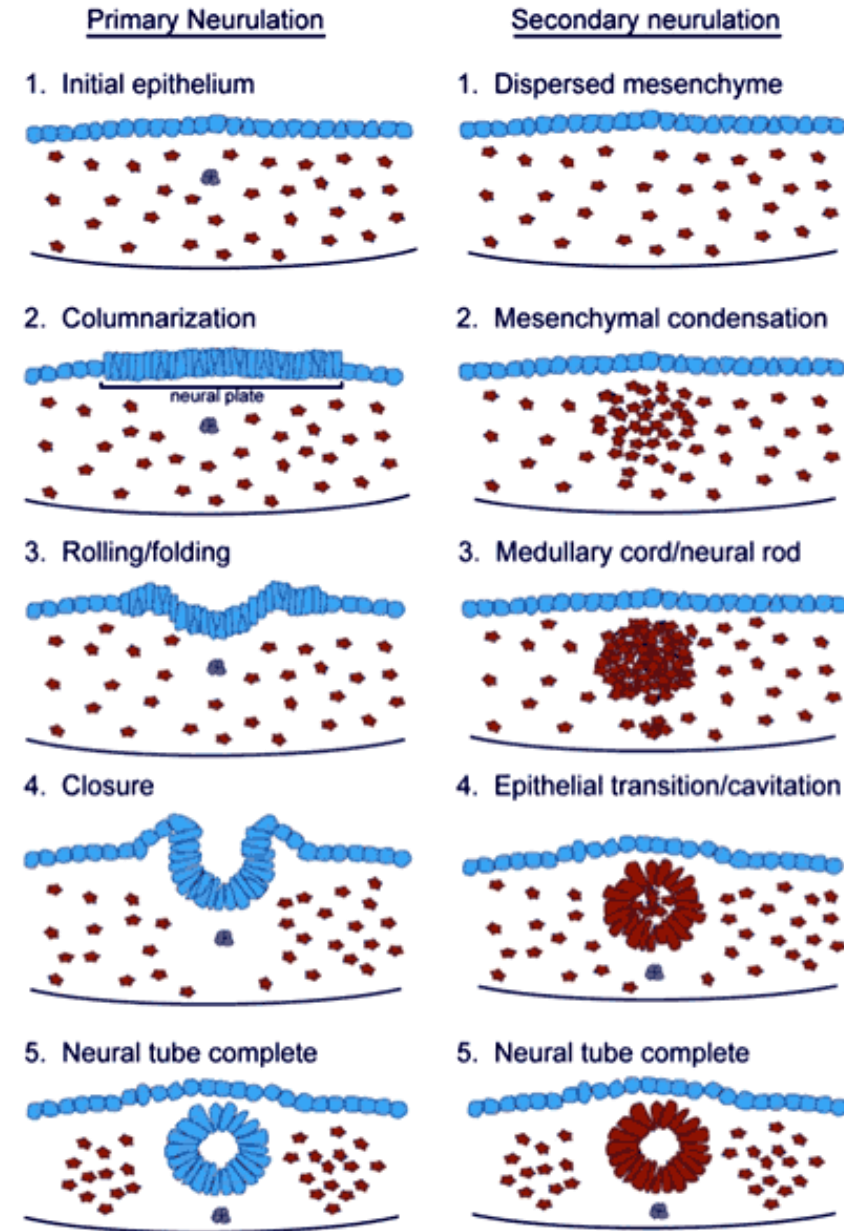
Caudal end of the embryo

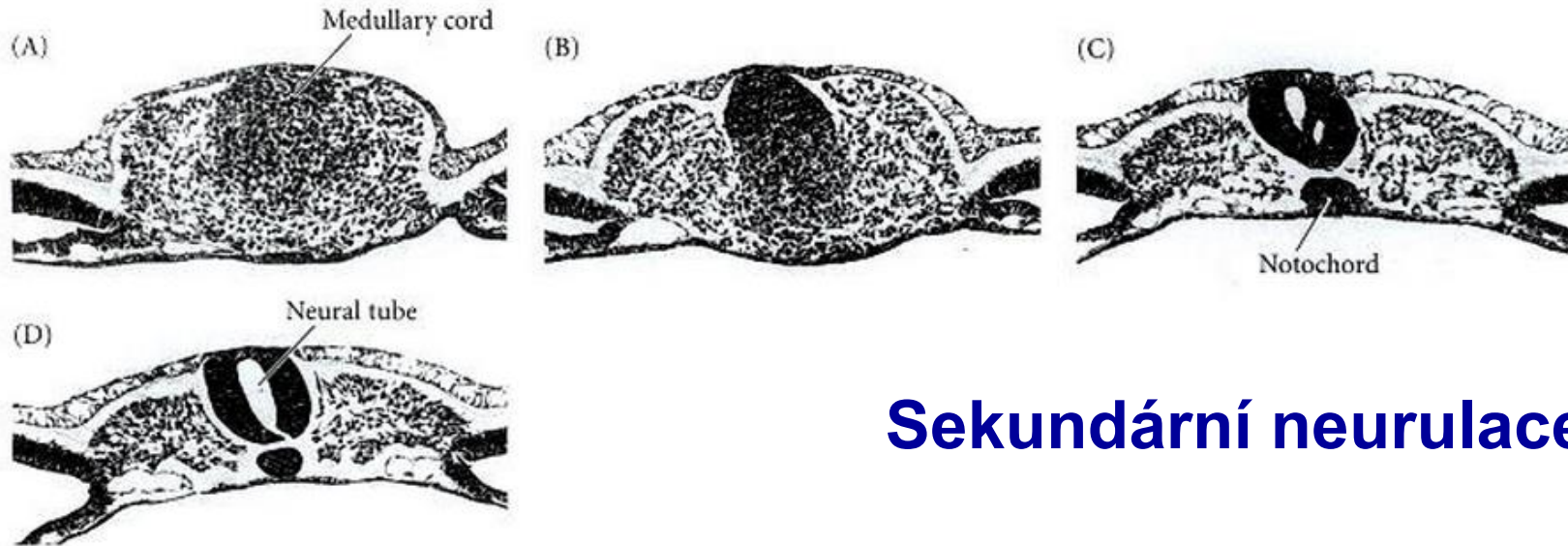


- Regressed primitive streak forms cell mass called the tail bud.
- The tail bud contributes to medullary cord (neural tube), neural crest cells and caudal somites
- Central cells from the tail bud are condensed to give rise to the medullary cord.
- Medullary cord after cavitation merges with neural tube

U myši (a zřejmě také i u člověka) začíná sekundární neurulace v úrovni somitu 35 ([Schoenwolf 1984](#); [Nivelstein et al. 1993](#)).

U člověka odpovídá neuroporus posterior - somitu 31 z celkového počtu 42 - 44 párů somitů





Sekundární neurulace

Figure 12.8

Secondary neurulation in the caudal region of a 25-somite chick embryo. (A) The medullary cord forming at the most caudal end of the chick tailbud. (B) The medullary cord at a slightly more anterior position in the tailbud. (C) The neural tube is cavitating and the notochord forming. (D) The lumens coalesce to form the central canal of the neural tube. (From [Catala et al. 1995](#); photographs courtesy of N. M. Le Douarin.)

The portion of the neural tube posterior to the hind limbs is formed by secondary neurulation, which is seen as somewhat of a continuation of gastrulation.

When anterior portions of the neural tube fail to close, a fatal condition known as anencephaly can result. This condition will prevent the development of the forebrain and skull, leading to death. Failure to close posterior portions of the neural tube results in spina bifida, a

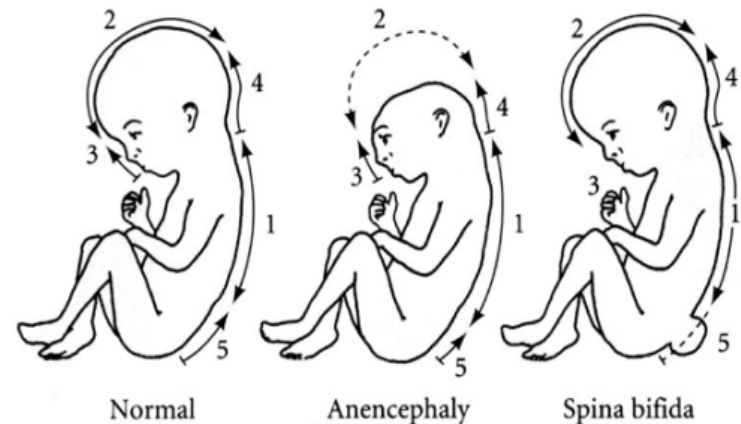


Figure 6. Neural Tube Defects (American Association of Neurological Surgeons 2004)

condition in which the spinal cord can protrude outside the body. The severity of this condition depends on how much spinal cord is exposed, and can usually be corrected by surgery. Figure 6 depicts these spinal cord malformations compared to the condition of a normal fetus (summarized by Gilbert, 2006).

Epidermové plakody – smyslové bb., neurony, pojivo, sensitivní ggl. hlavových nervů.

+ základ
adenohypofyzy
Rathkeova
výchlipka

membranosní
labyrint,
vláskové bb.,
ggl. vestibulare
et cochleare

čichová plakoda

čočková plakoda

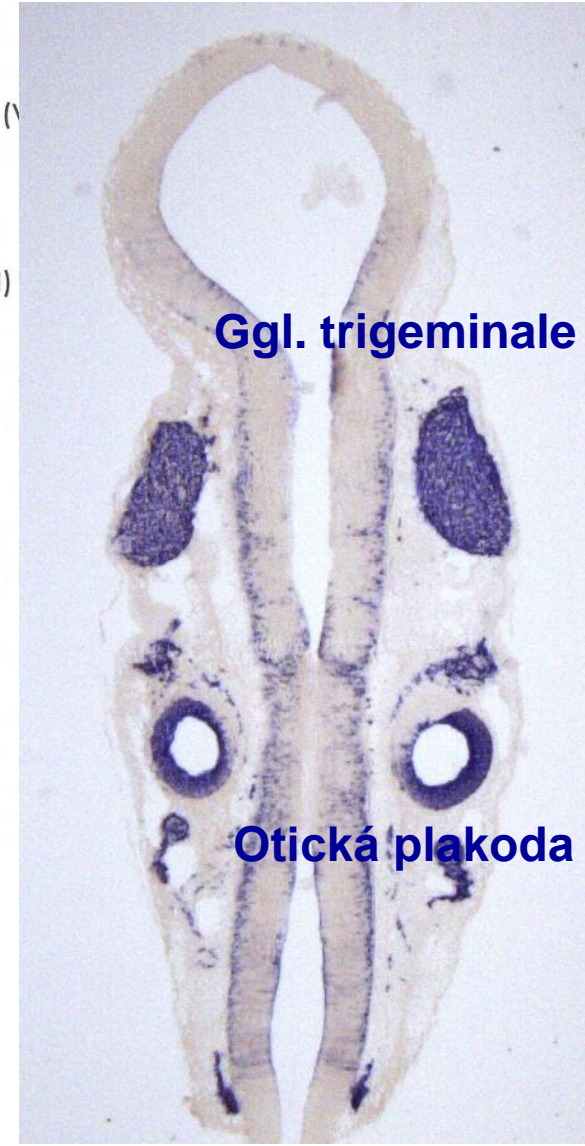
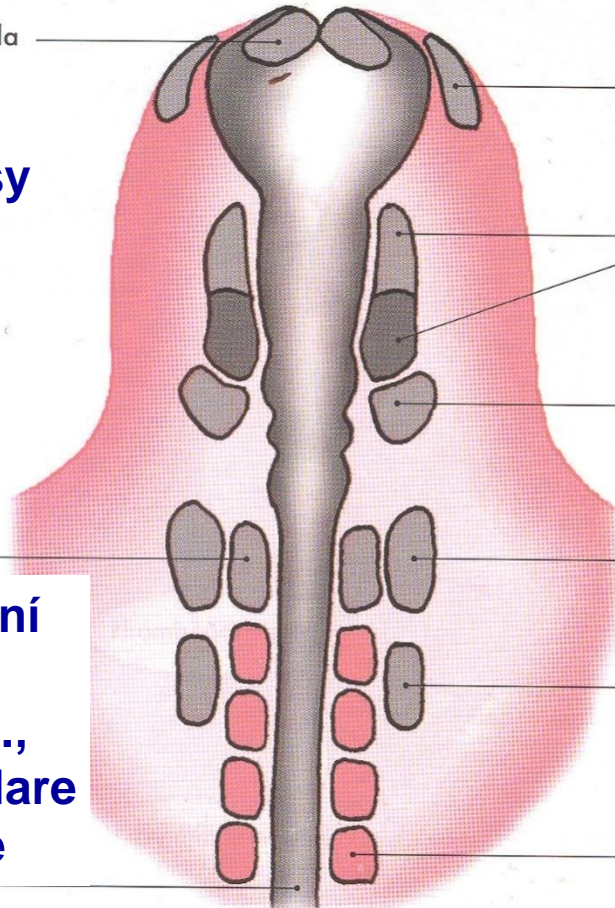
ganglion trigeminale (V)
část

ganglion geniculi (VII)

ganglion inferius (IX)

ganglion inferius (X)

somity

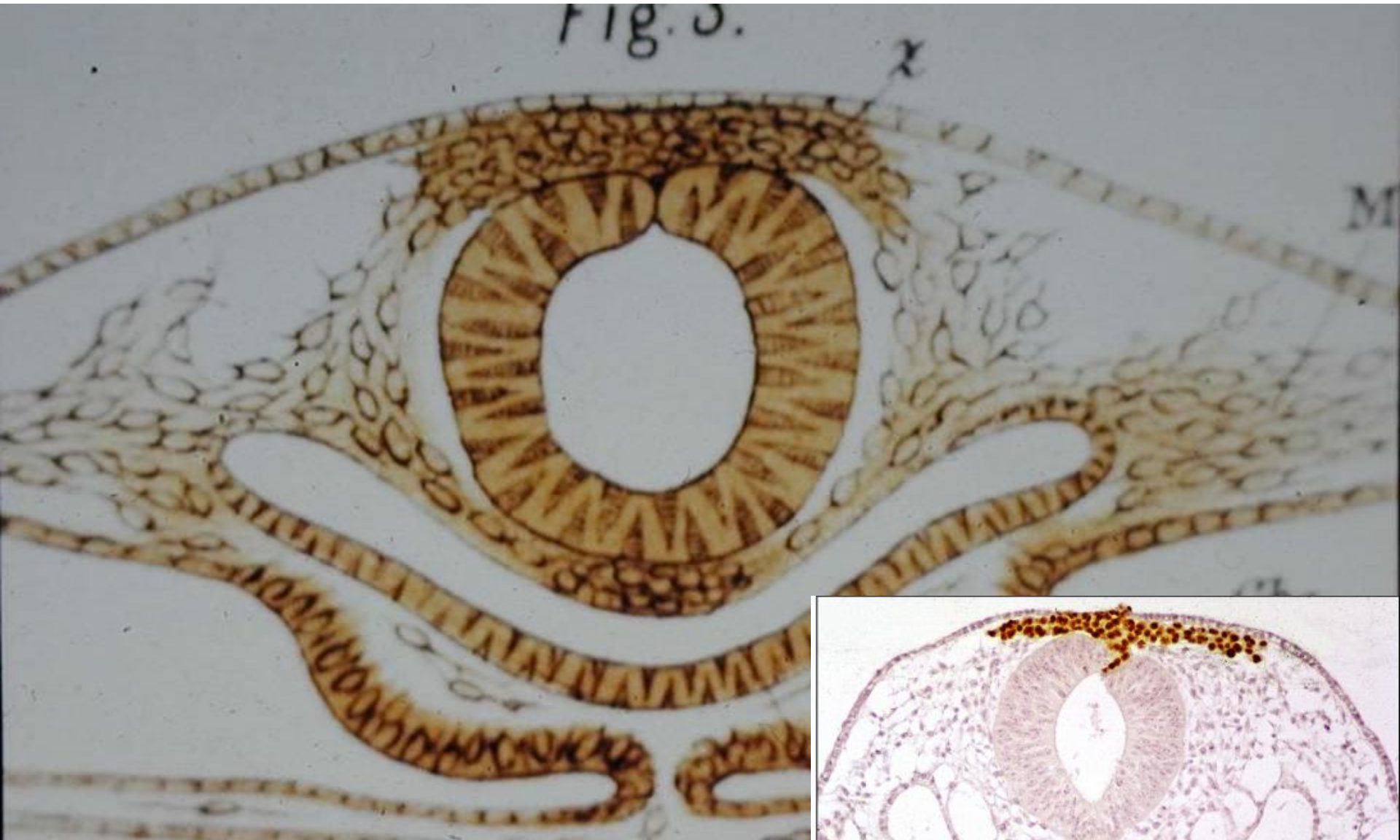


Obr. 159. Poloha hlavových ektodermových plakod v období 20.-22. dne embryonálního vývoje člověka. Poloha hypofyzeální plakody (základ adenohypofýzy) není patrná

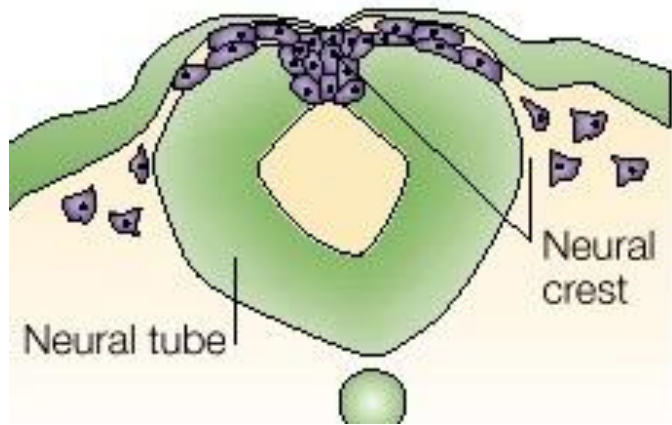
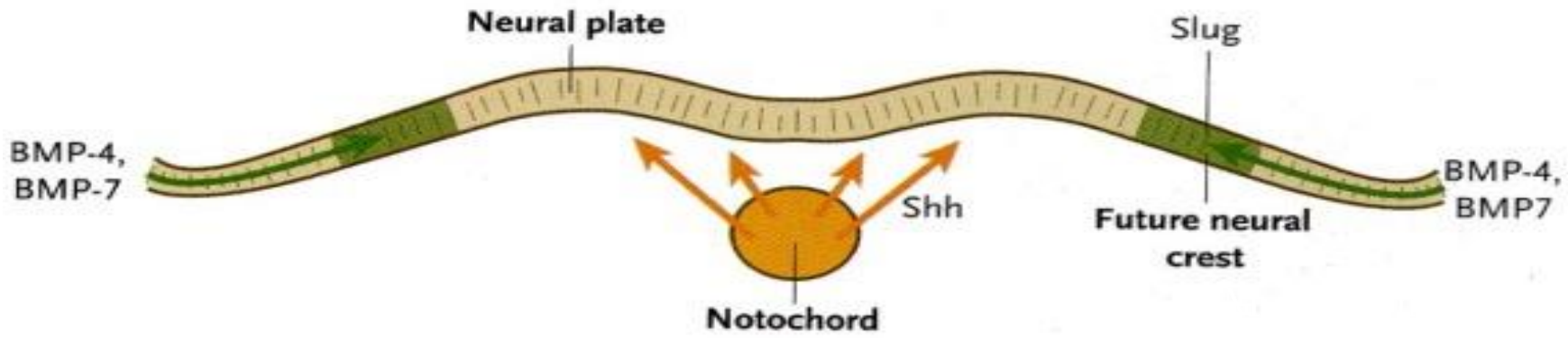
Ggl. trigeminale

Otická plakoda

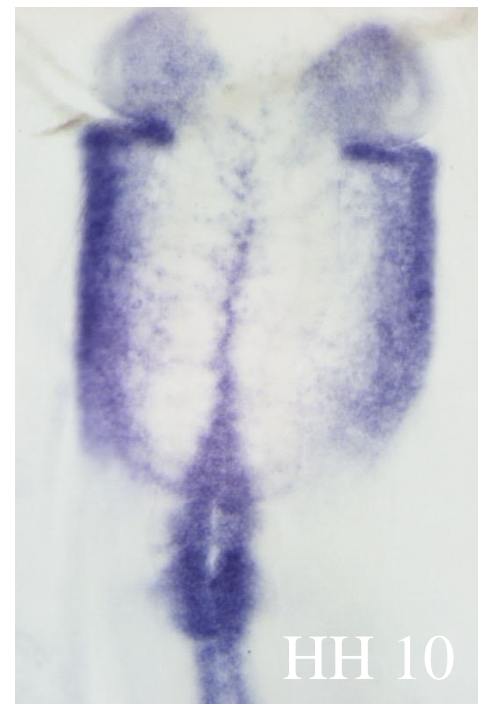
Neurální lišta – Wilhelm His, 1868



Indukce a epithelo-mesenchymová transformace buněk neurální lišty

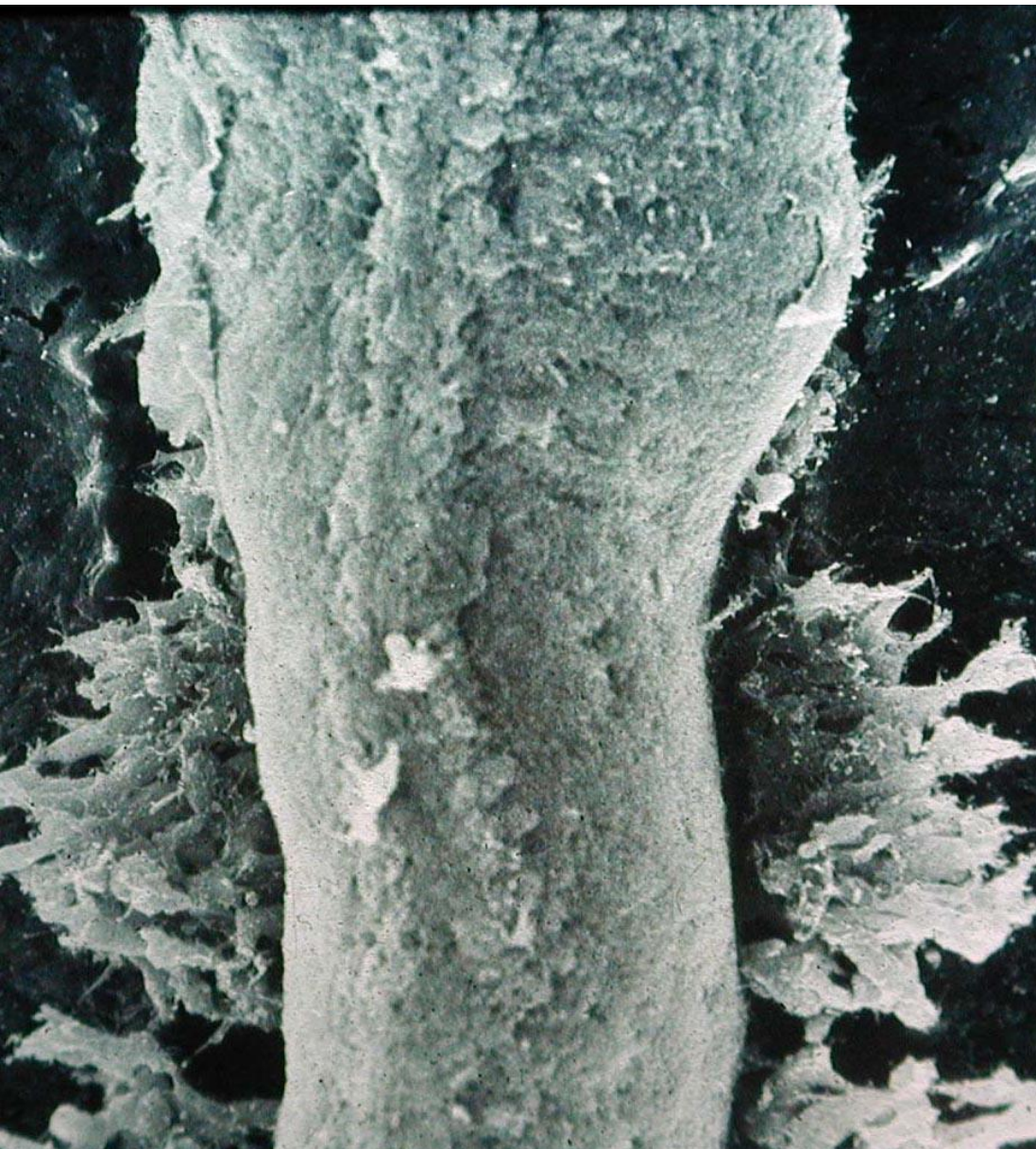


ISH mRNA Slug

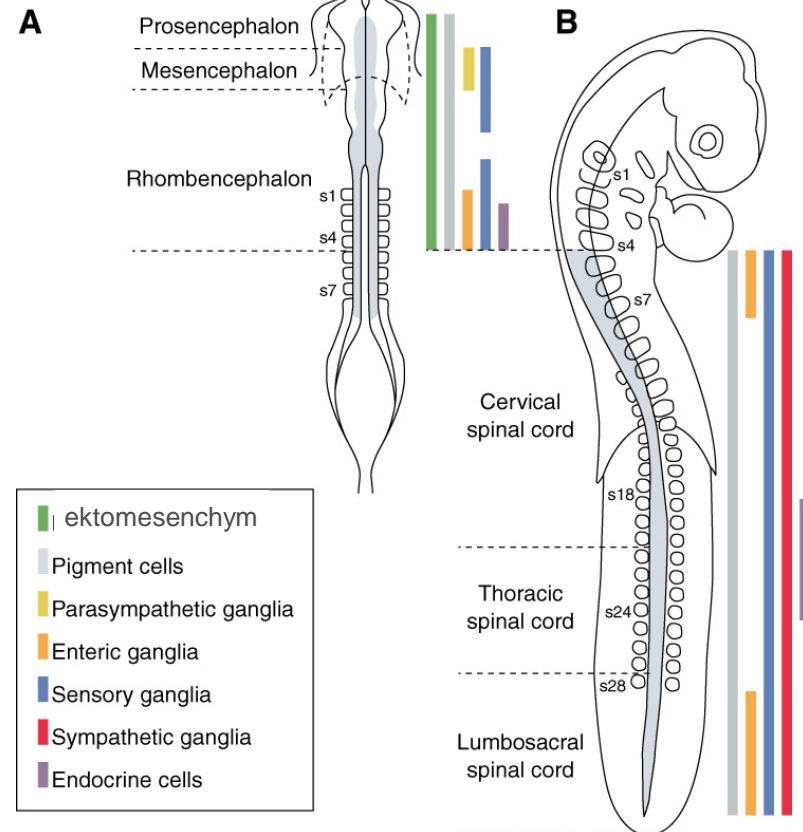
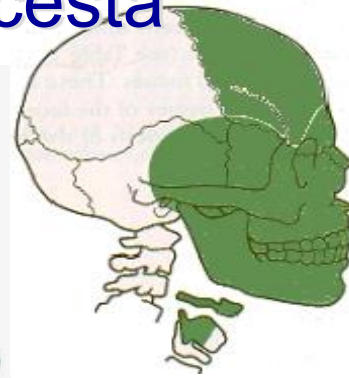
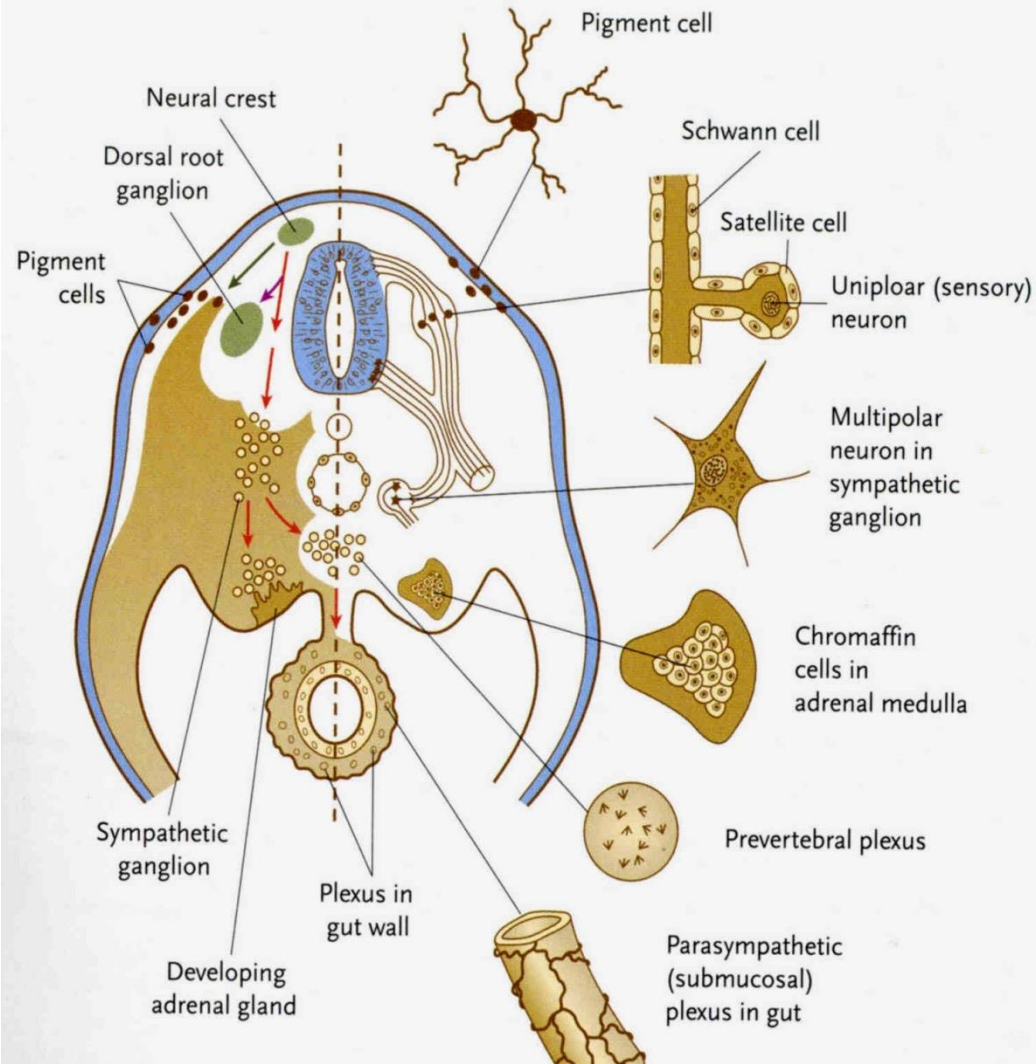


HH 10

Migrace buněk NL *in vivo* a *in vitro*



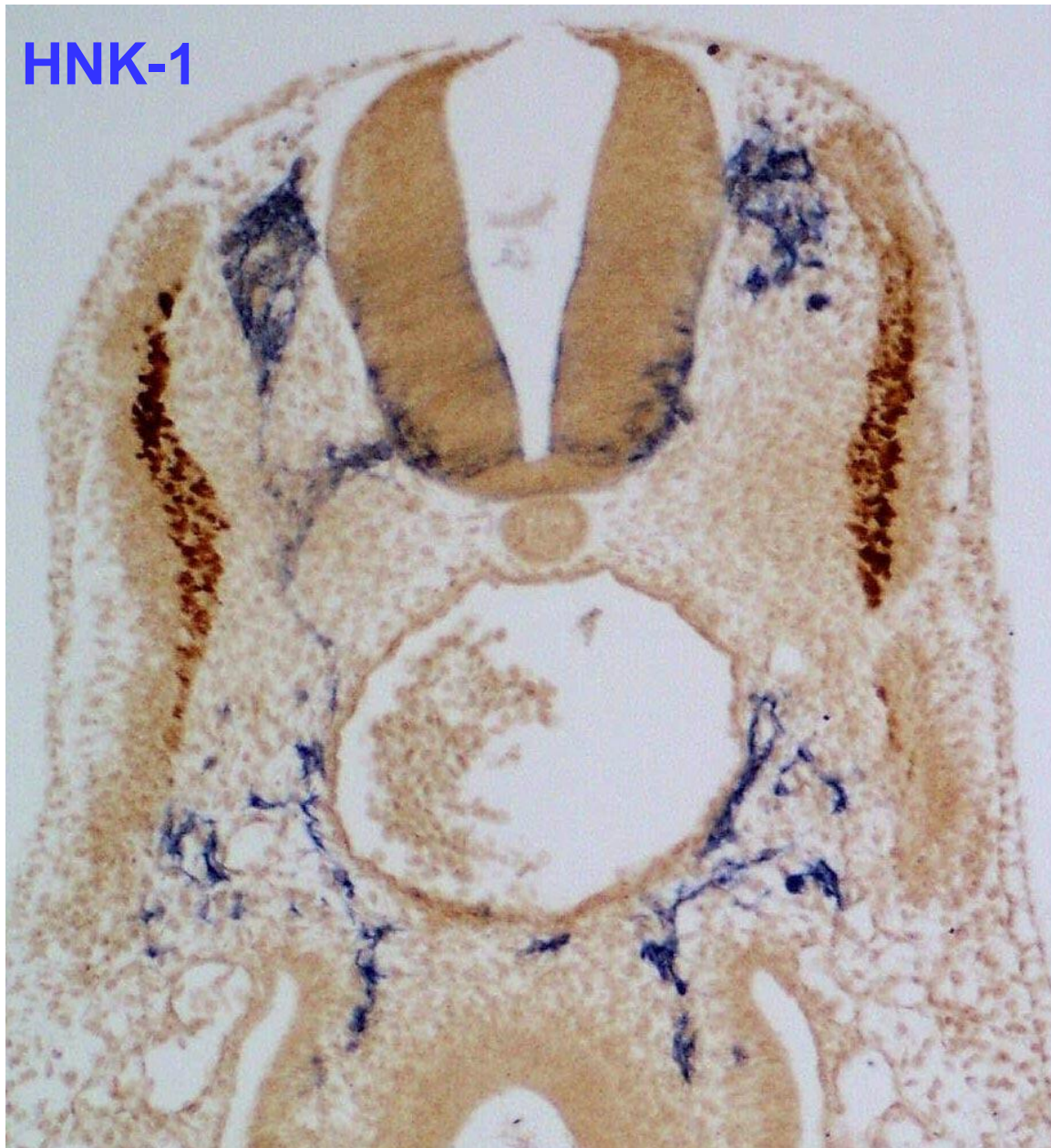
Deriváty neurální lišty na trupu a na hlavě - laterální a mediální migrační cesta



Neurální lišta a periferní nervový systém



HNK-1



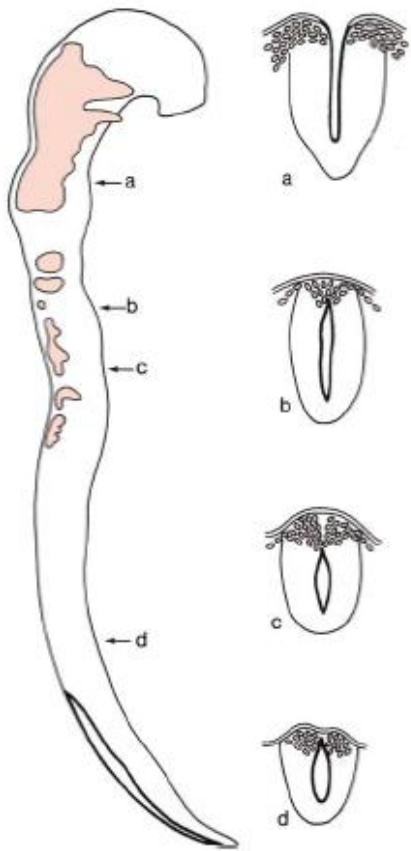


Fig. 5.1 The early development of the human neural crest in a Carnegie stage 10 embryo. At rostral levels (a), crest material is formed before closure of the neural groove, whereas at more caudal levels (b-d) closure of the neural folds precedes migration of crest material. (After Müller and O'Rahilly 1985)

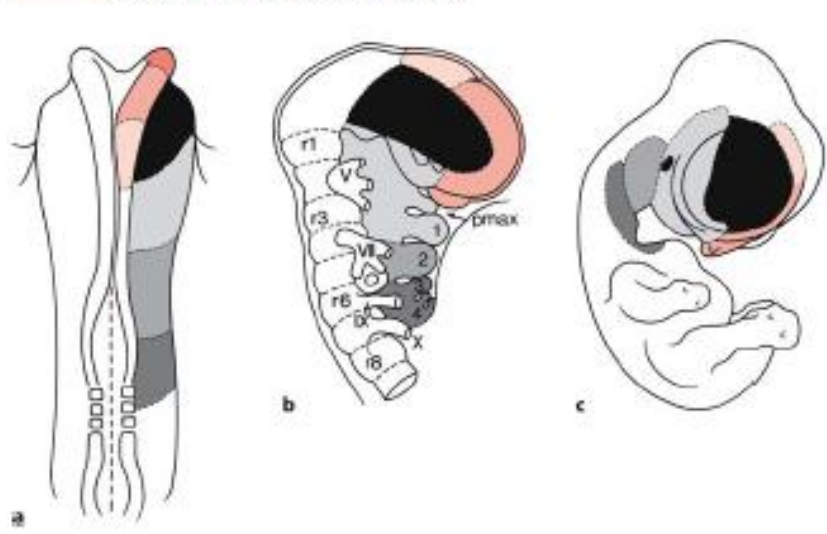


Fig. 5.2 Fate map of the ectodermal territories in the chick embryo from the three-somite stage (a) to the 8-day embryo (c). **b** The rhombomeres (r1, r3, r6, r8) and the cranial nerves supplying the pharyngeal arches (1-4). pmax maxillary prominence, V trigeminal nerve, VII facial nerve, IX glossopharyngeal nerve, X vagus nerve. (After Couly and Le Douarin 1990)

R 2, 4, 6, 7 migrace do BA
R1,3,5 apoptosa
R6,7,8 – srdeční lišta

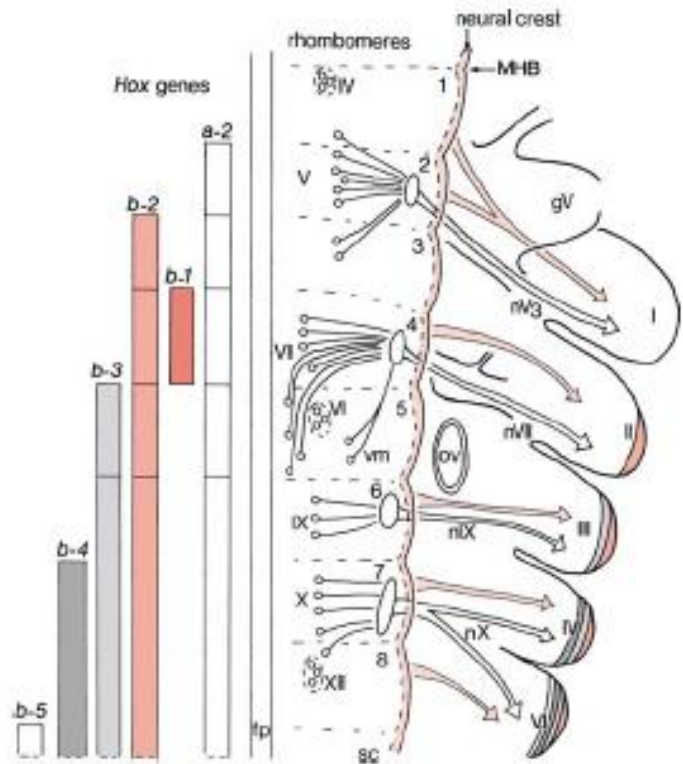
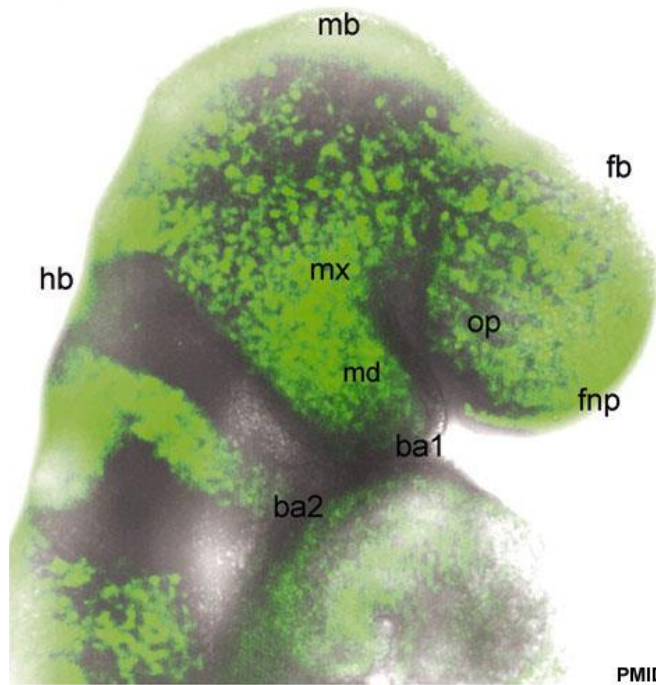
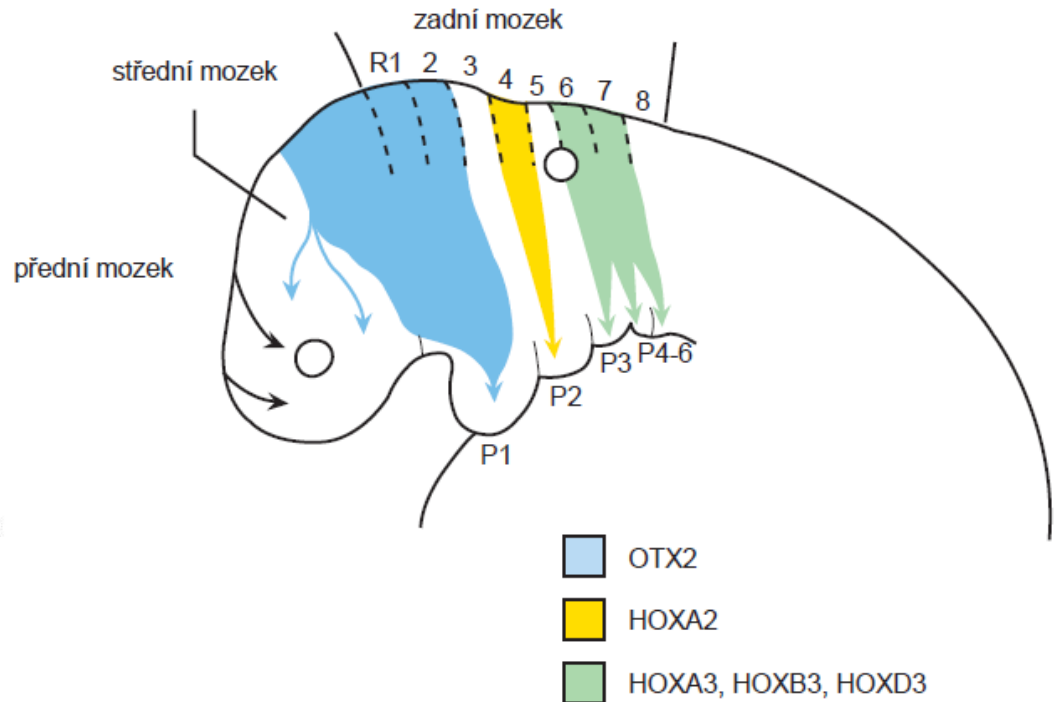


Fig. 5.3 Migratory pathways of cranial neural crest cells to the pharyngeal arches (I-IV, VI), and the segmented expression of *Hox* genes in the hindbrain and pharyngeal arches of the chick embryo. fp floor plate, gV trigeminal ganglion, MHB midbrain-hindbrain boundary, nV3 mandibular nerve, nVI facial nerve, nIX glossopharyngeal nerve, nX vagus nerve, ov otic vesicle, sc spinal cord, vm visceromotor nucleus of facial nerve, IV-VII, IX, X, XII cranial nerve nuclei, 1-8 rhombomeres

Mouse E9.0 neural crest (GFP)



PMID16938878

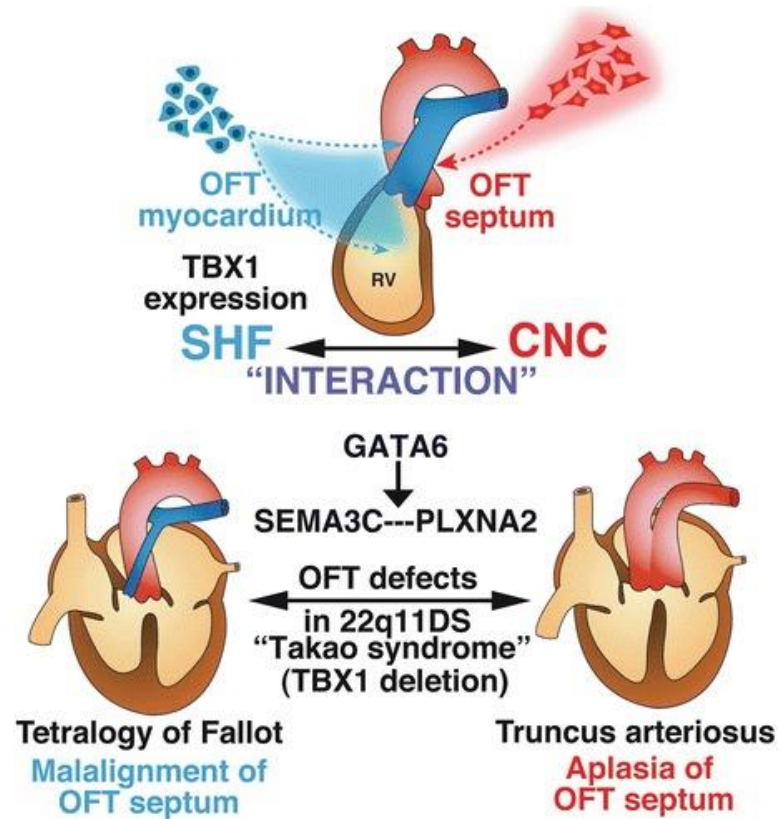
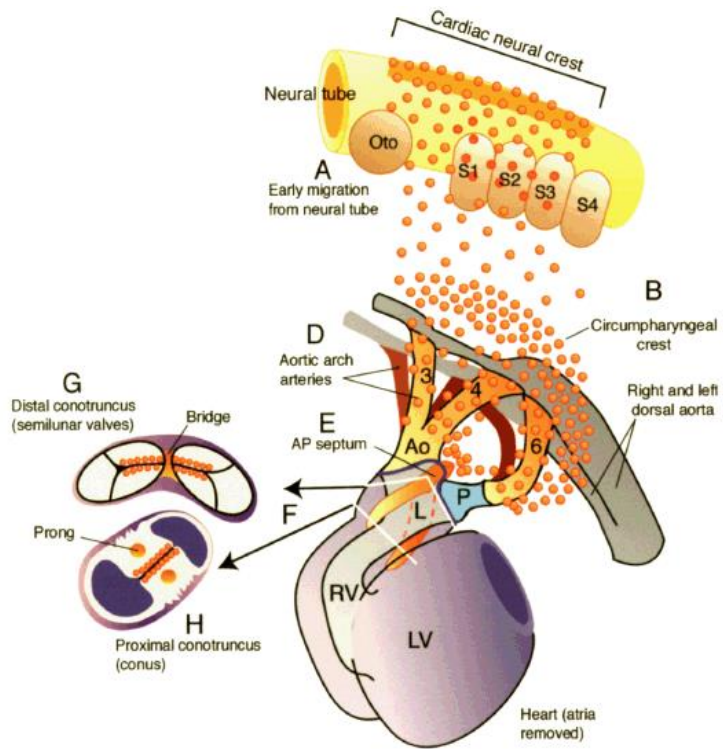


Obr. 16.12 Schéma migrace buněk neurální lišty do oblasti obličeje a žaberních oblouků (P1–P6). Oblast zadního mozku je segmentována v rhombomery, takže buňky neurální lišty migrují v segmentovém uspořádání. Každá z rhombomer exprimuje specifickou sadu *HOX* genů kromě R1, R2 a mesencefalické lišty, které exprimují transkripční faktor *OTX2* (viz také obr. 17.31). Buňky neurální lišty si uchovávají tento expresní profil během migrace a kolonizace jednotlivých oblouků. Buňky neurální lišty migrují ve třech hlavních pruzích; z R3 a R5 nevznikají skoro žádné buňky. Z příslušných rhombomer vrůstají do žaberních oblouku rovněž odpovídající hlavové nervy (viz také obr. 17.40).

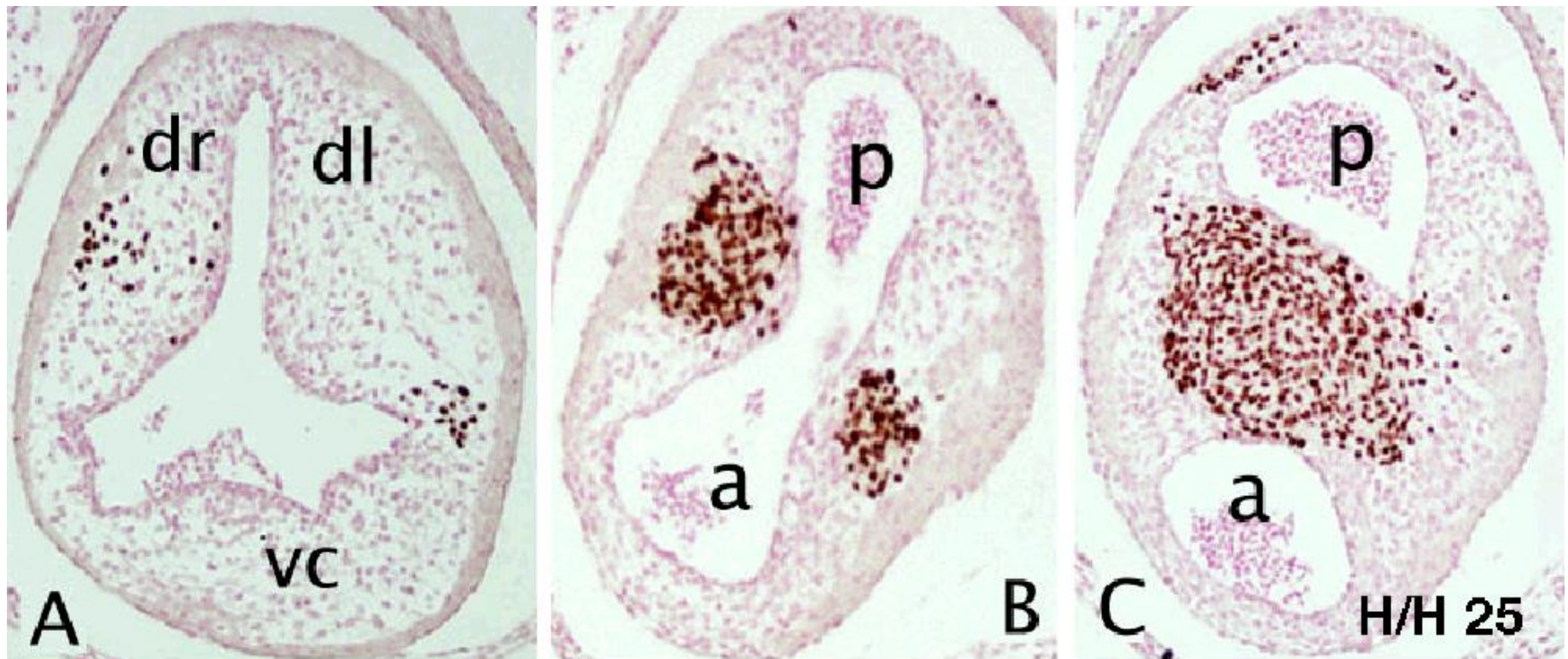
Deriváty neurální lišty hlavy

část ganglií V, VII, IX, X, hlavová parasymp. ganglia, jejich satelitní buňky a periferní glie, melanocty, intramurální enterický systém, glomus caroticum, gl. aorticum, C – buňky (parafolikulární b. štítné žlázy), skelet splanchnocrania, odontoblasty, mesenchym, dermis a podkoží splanchokrania, výtokový trakt srdce, poloměsíčité chlopně, stěna cév žaberních oblouků (bez endothelu), leptomeningy až po část mesencephala, stroma rohovky, m. ciliaris, asi i m. sphincter pupillae stroma thymu, štítné žlázy, příštítných tělísek, slinných žláz, slzné žlázy

Úloha buněk neurální lišty v septaci výtokové části



Analýza migrace buněk neurální lišty pomocí chiméry kuře - křepelka



➔ aorto-pulmonální septum!

Deriváty neurální lišty trupu

spinální ganglia, ganglia sympatiku a pánevního parasympatiku, jejich glie, dřeň nadledvin, melanocyty,

ale žádné pojivo, skelet a svaly

Vývojové vady podmíněné chybným utvářením neurální lišty

1) **Hirschsprungova choroba**

2) **CHARGE syndrom:** (coloboma iridis, heart defects, atresia choanae, retardation of development, genital hypoplasia in males, ear anomalies)

3) **DiGeorge syndrom:**

hypofunkce příštítných tělísek,

hypofunkce štítné žlázy,

hypoplasie thymu – defekt imunity,

defekty aorty a truncus pulmonalis

Vývojové vady podmíněné chybným utvářením neurální lišty

- 4) Waardenburgův syndrom – Pax-3 mutace – pigmentové defekty, defekty konč. svaloviny, kardiovaskulární defekty, rozštěp patra, hypertelorismus**
- 5) Albinismus**
- 6) některé anomálie zubů**

Z kraniální části neurální trubice vznikají mozkové váčky (CNS):

zadní - medulla oblongata

- pons Varoli**
- cerebellum**

střední - mesencephalon

přední - diencephalon

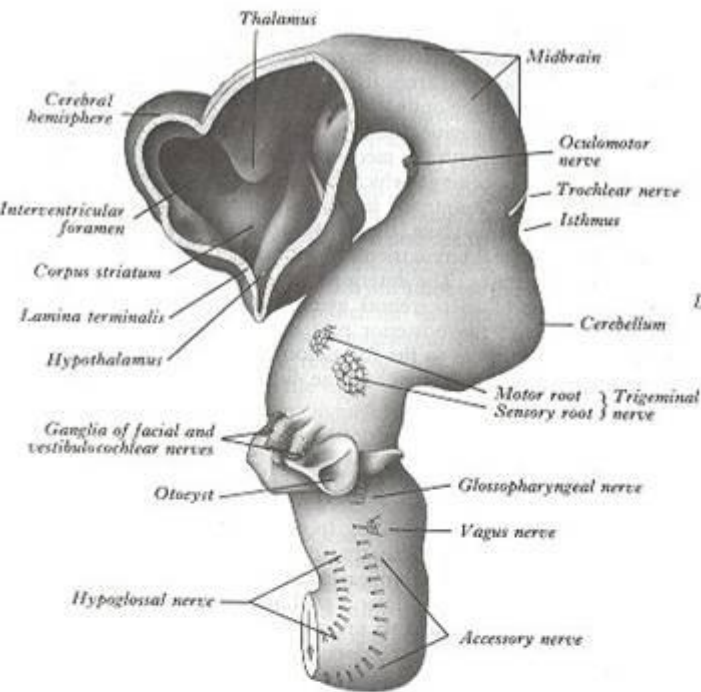
- telencephalon**

z vlastní neurální trubice vzniká: medulla spinalis

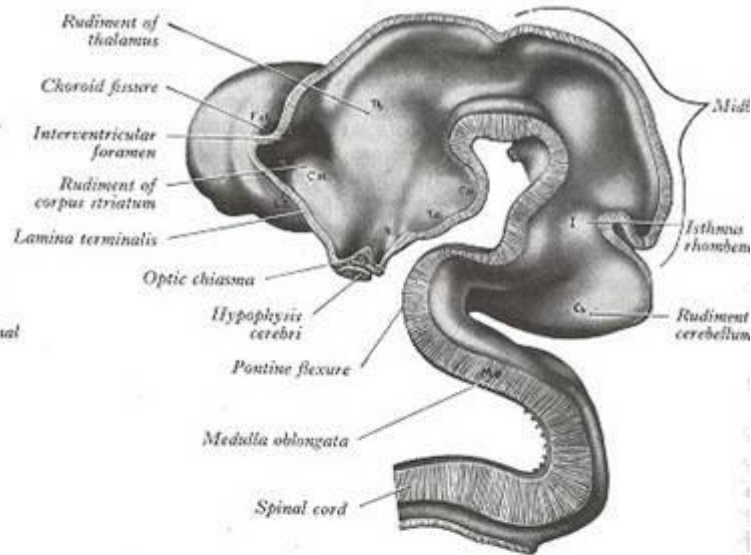
z neurální lišty a epidermových plakod

PNS: nn. spinales et craniales

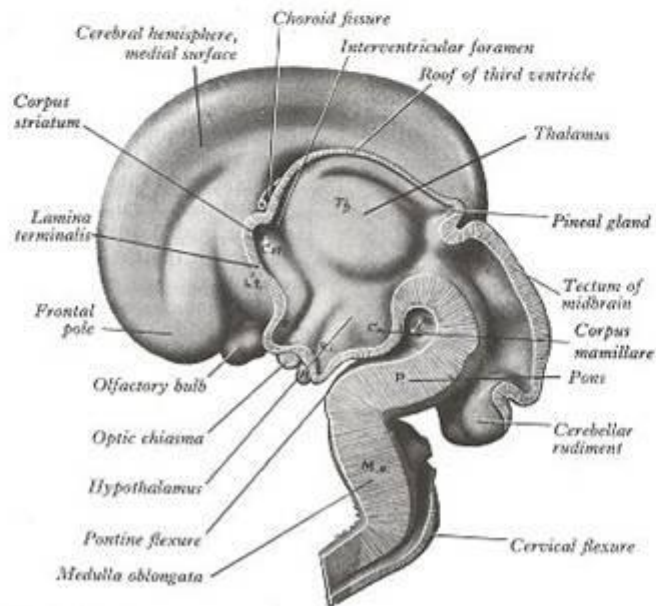
autonomní nervový + enterický systém



3.118A The brain of a human embryo, about 10.2 mm long. (From a model by His.)



3.118B The brain of a human embryo, 13.6 mm long: medial surface right half. The roof of the hindbrain has been removed. (From a model His.)



3.118C Medial surface of the right half of the brain of a human fetus, about 3 months old.

Prosencephalon
telencephalon
diencephalon

Mesencephalon

Rhombencephalon
metencephalon
pons + CRBL

myelencephalon
oblongata

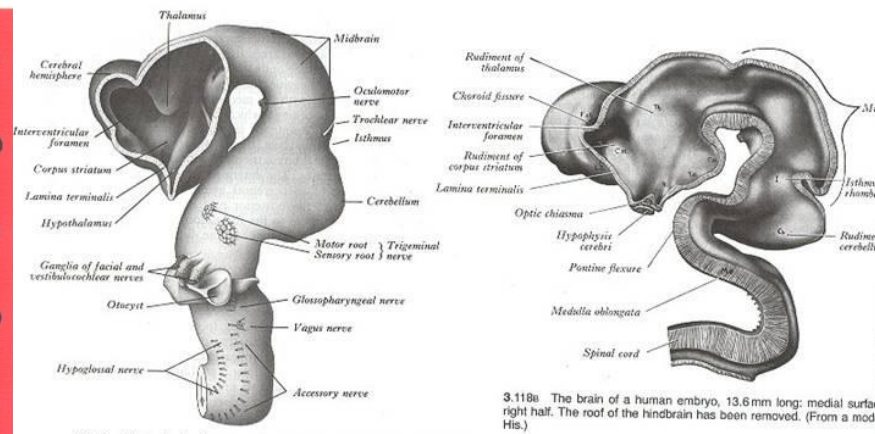
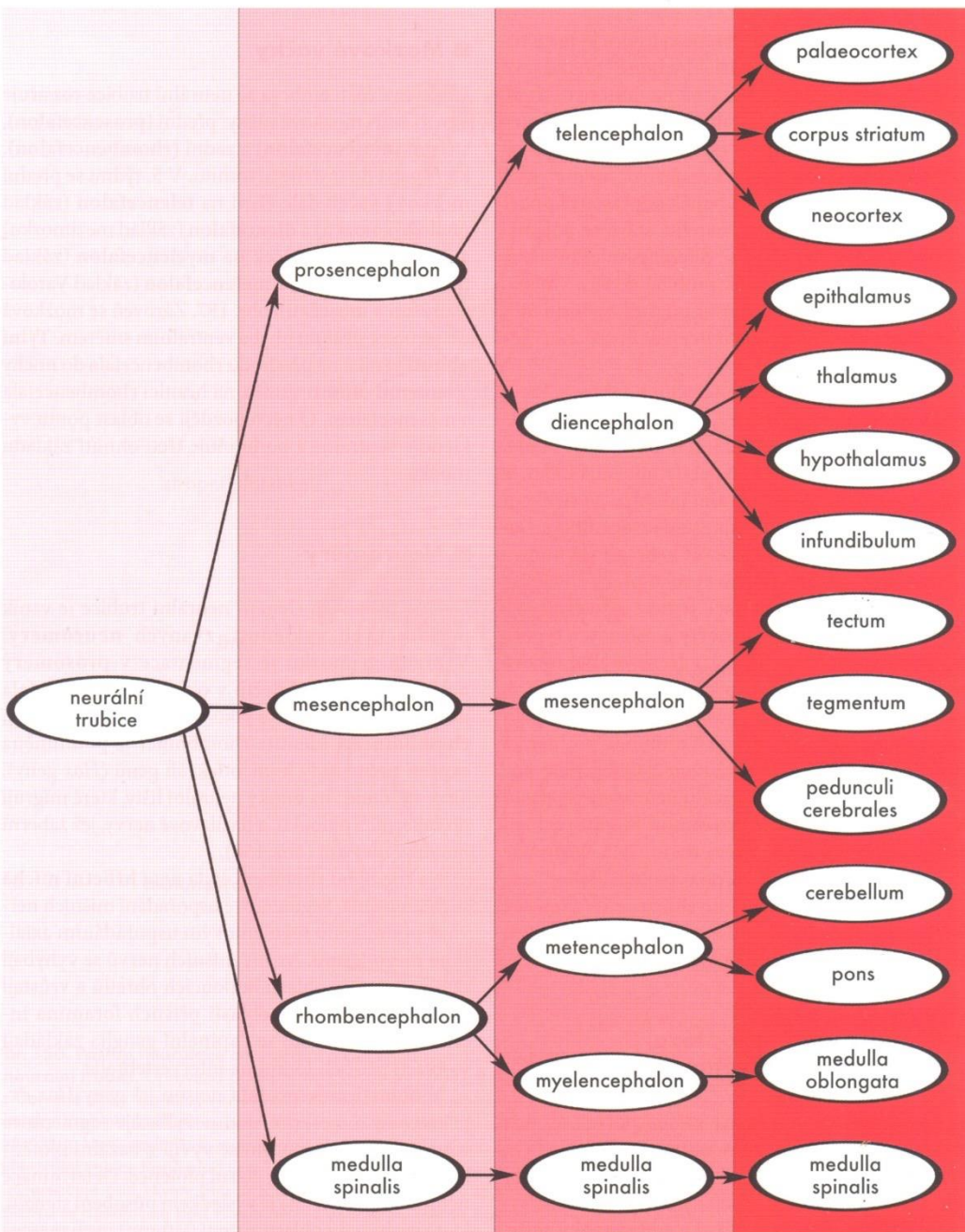
Medulla spinalis

3. týden

4. týden

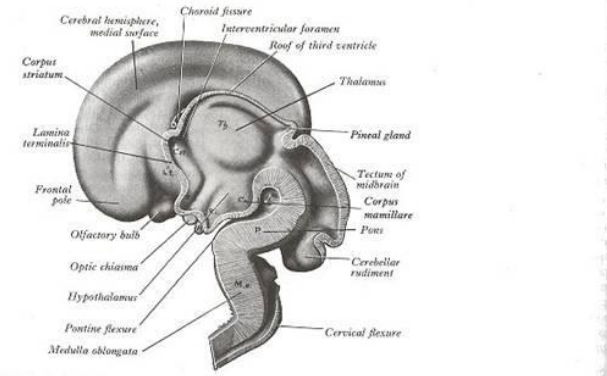
5. týden

6. týden



3.118A The brain of a human embryo, about 10.2 mm long. (From a model by His.)

3.118B The brain of a human embryo, 13.6 mm long: medial surface right half. The roof of the hindbrain has been removed. (From a model by His.)



3.118C Medial surface of the right half of the brain of a human fetus, about 3 months old.

- Prosencephalon
- telencephalon
- diencephalon
- Mesencephalon
- Rhombencephalon
- metencephalon
- pons + CRBL
- myelencephalon
- oblongata
- Medulla spinalis

Obr. 157. Postup diferenciace neurální trubice v jednotlivé oddíly CNS v průběhu 3.-6. týdne embryonálního vývoje člověka

Segmentace NT

- neuromery
 - Prosomery – pouze dle gen. exprese
 - 1, 2, 3 – kaudální diencefalon; 4,5,6 – rostrální diencefalon a telencefalon

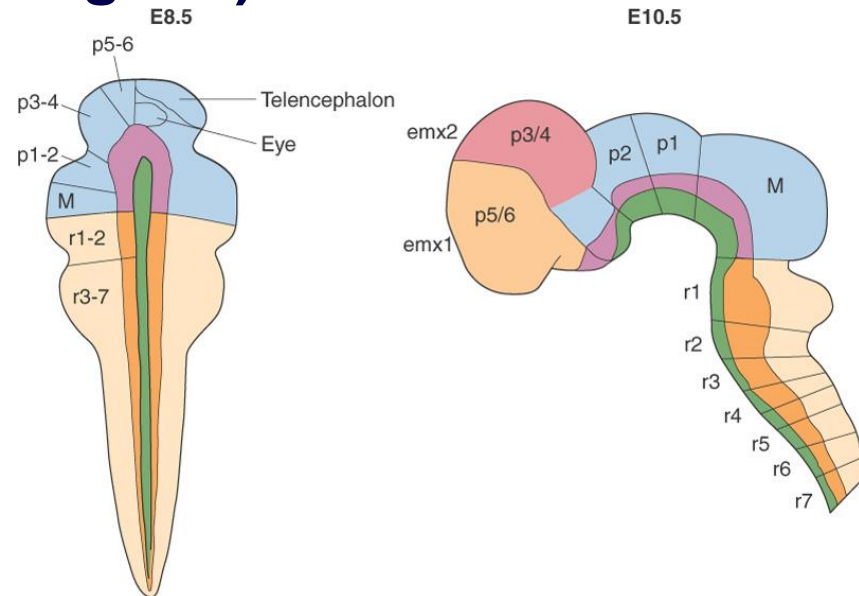
Mesencefalické organisační centrum Wnt1 a FGF-8

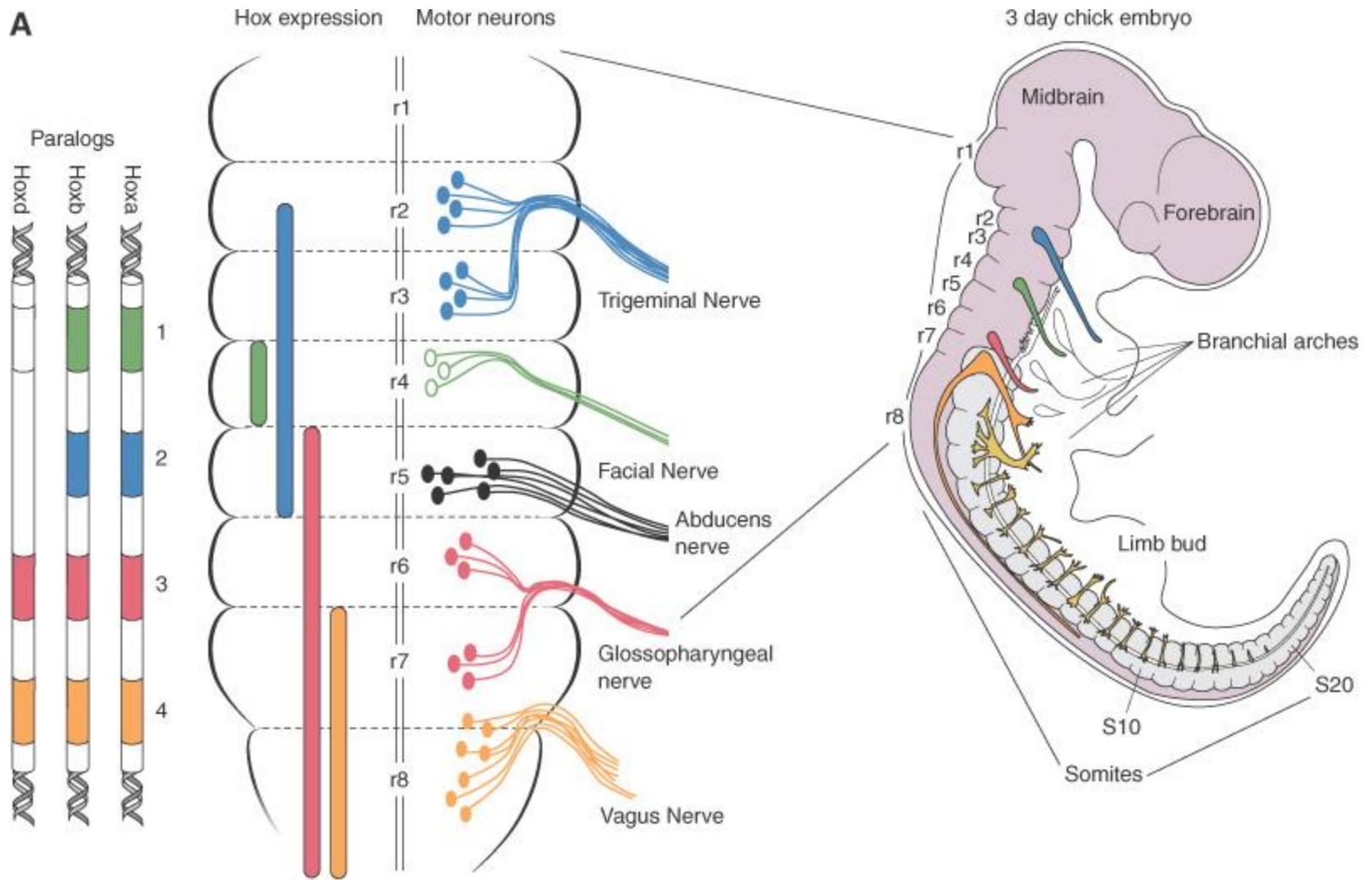
Přední organisační centrum

Mesencefalon není segmentováno

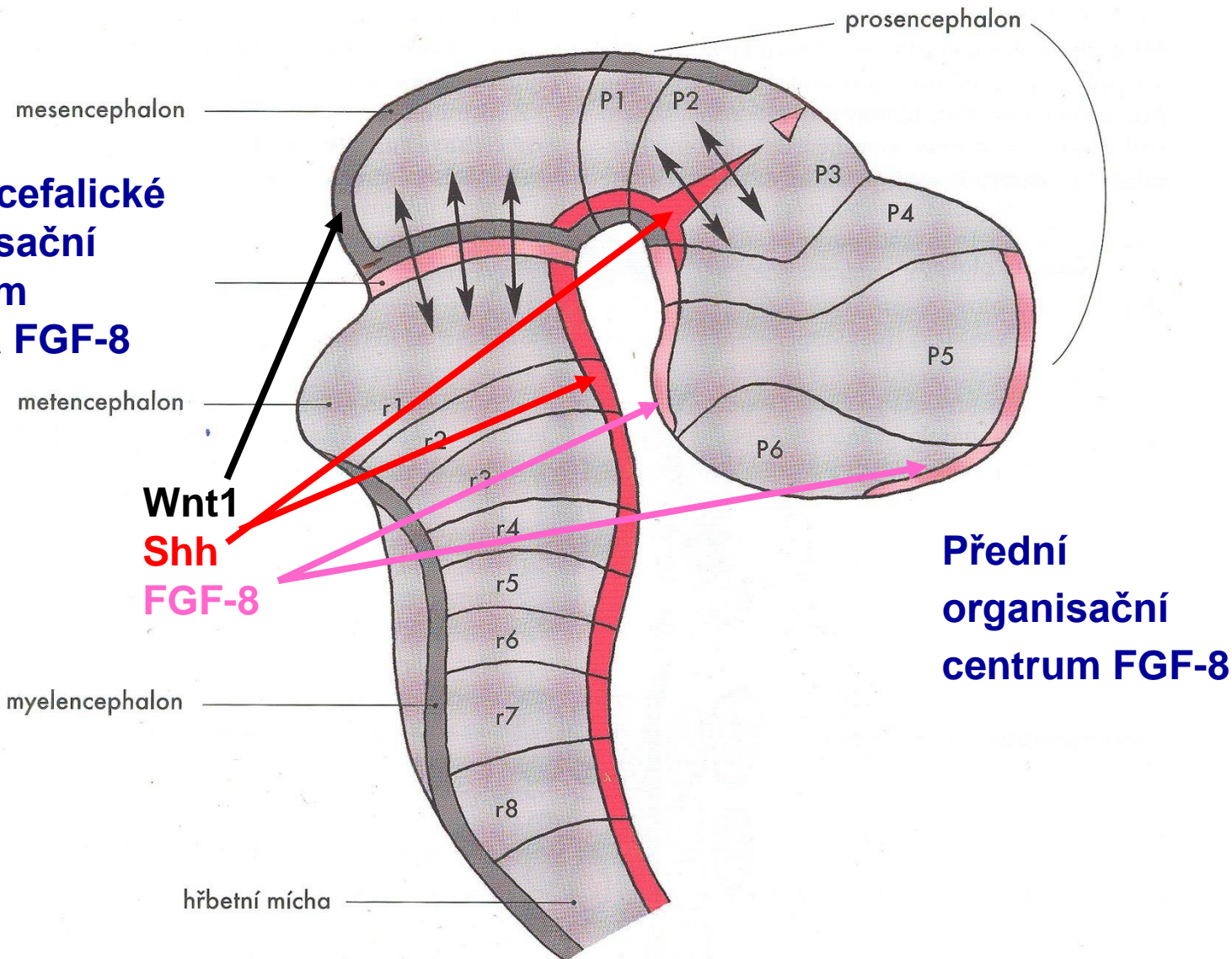
- Rhombomery (exprese HOX genů)

- Míšní segmenty - druhotné

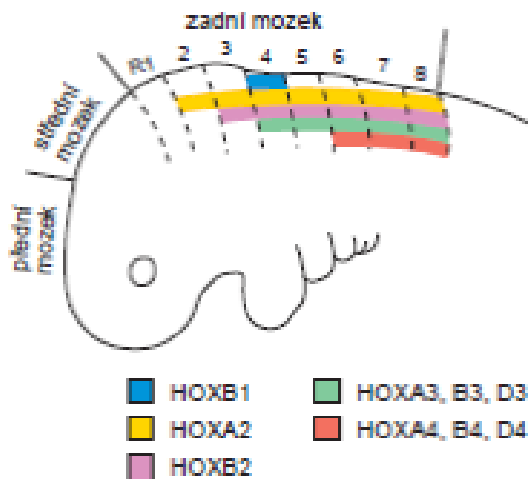


A

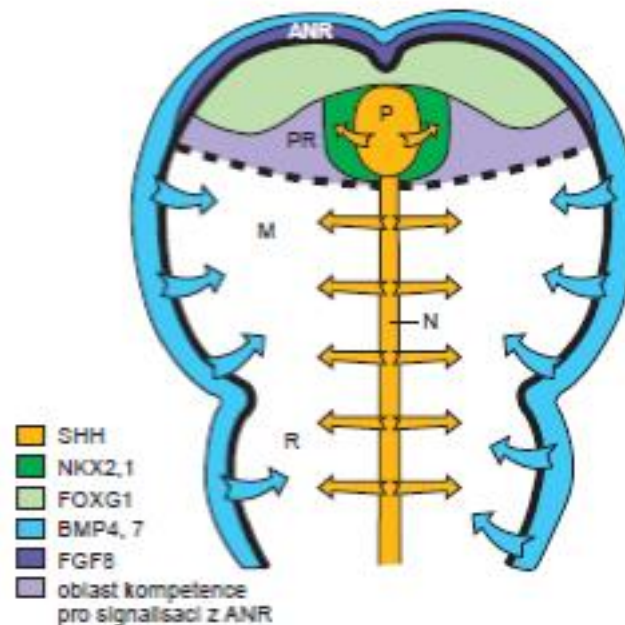
**Mesencefalické
organisační
centrum
Wnt1 a FGF-8**



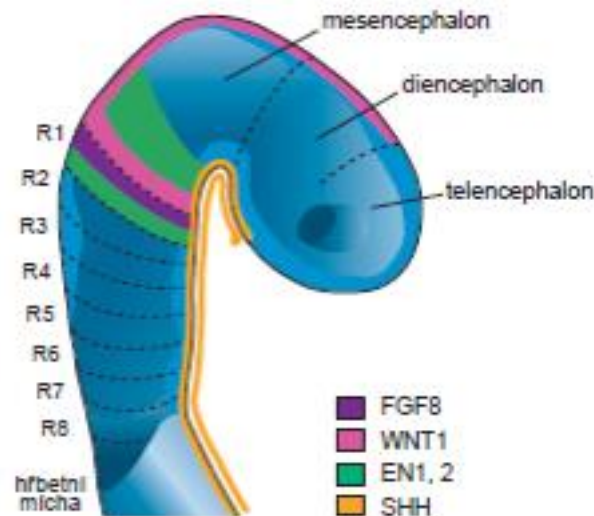
Obr. 158. Segmentace embryonálního savčího mozku a exprese významných signálních molekul. Písmena a číslice r1-r8 označují rhombomery, P1-P6 je označení prosomer. Šipky v oblasti isthmu mezi metencephalem a mesencephalem označují působení signálních molekul Wnt-1 a FGF-8, které se uplatňují v diferenciaci této části CNS. Šipky mezi P2 a P3 označují působení signálních molekul Shh a FGF-8 na diferenciaci prosencephala. Distribuce Shh je znázorněna červeně, distribuce Wnt-1 tmavě šedě a distribuce FGF-8 růžově. FGF-8 na konvexitě P5 a P6 pochází z předního organizačního centra v okraji hlavového konce neurální ploténky. Podle B. M. Carlsona, 2004



Obr. 17.31 Exprese *HOX* genů v zadním mozk. *HOX* geny jsou exprimovány v překrývajících se úsecích, hranice exprese definují hranici rhombomer. Geny lokalizované blíže 3' konci jsou exprimovány kranálněji a v časnější fázi vývoje než geny lokalizované blíže 5' konci. Tyto geny jsou nositeli poziční informace podél kraniokaudální osy zadního mozku, tak nositelem identity vznikajících rhombomer a z nich odvozených struktur.



Obr. 17.32 Schéma zobrazující přední organizační centrum (ANR) v okraji hlavového konce neurální ploténky na jejím přechodu do povrchového ektodermu. Toto centrum produkuje *FGF8*, který indukuje expresi *FOXG1* v přilehlém neuroektodermu. *FOXG1* reguluje vývoj telencefalona a určuje regionální identitu jednotlivých oblastí předního mozku, včetně basálního telencefalona a očního pohárku. Diferenciace v předním a středním mozku je rovněž řízena ve ventro-dorsálním směru. Ventrálně je uspořádání řízeno expresí *SHH* v prechordové ploténce (P) a v chordě (N). *SHH* indukuje expresi homeotického genu *NKX2,1*, který se účastní řízení vývoje hypothalamu. Organizace dorsální části předního a středního mozku je pod vlivem *BMP4* a *BMP7* signalizace. P – prosencephalon, M – mesencephalon, R – rhombencephalon.



Obr. 17.33 Organizační centrum v isthmus rhombencephali na hranici mezi středním a zadním mozkiem. Toto centrum produkuje *FGF8* v kruhové oblasti po obvodu isthmus. *FGF8* indukuje expresi genů *Engrailed 1* a *2* (*EN1* a *EN2*), přičemž intenzita exprese obou genů s rostoucí vzdáleností od isthmus klesá. *EN2* řídí vývoj mozečku, zatímco *EN1* navíc reguluje i vývoj dorsálních částí mesencefalona. Další gen řídící vývoj mozečku je *WNT1*, jehož expresi rovněž indukuje *FGF8*.



Fig. 1.14 Dorsal view of a malformed embryo (Carnegie stage 14) showing the bulging of several rhombomeres (kindly provided by Kohei Shiota, Kyoto)

Rhombomery



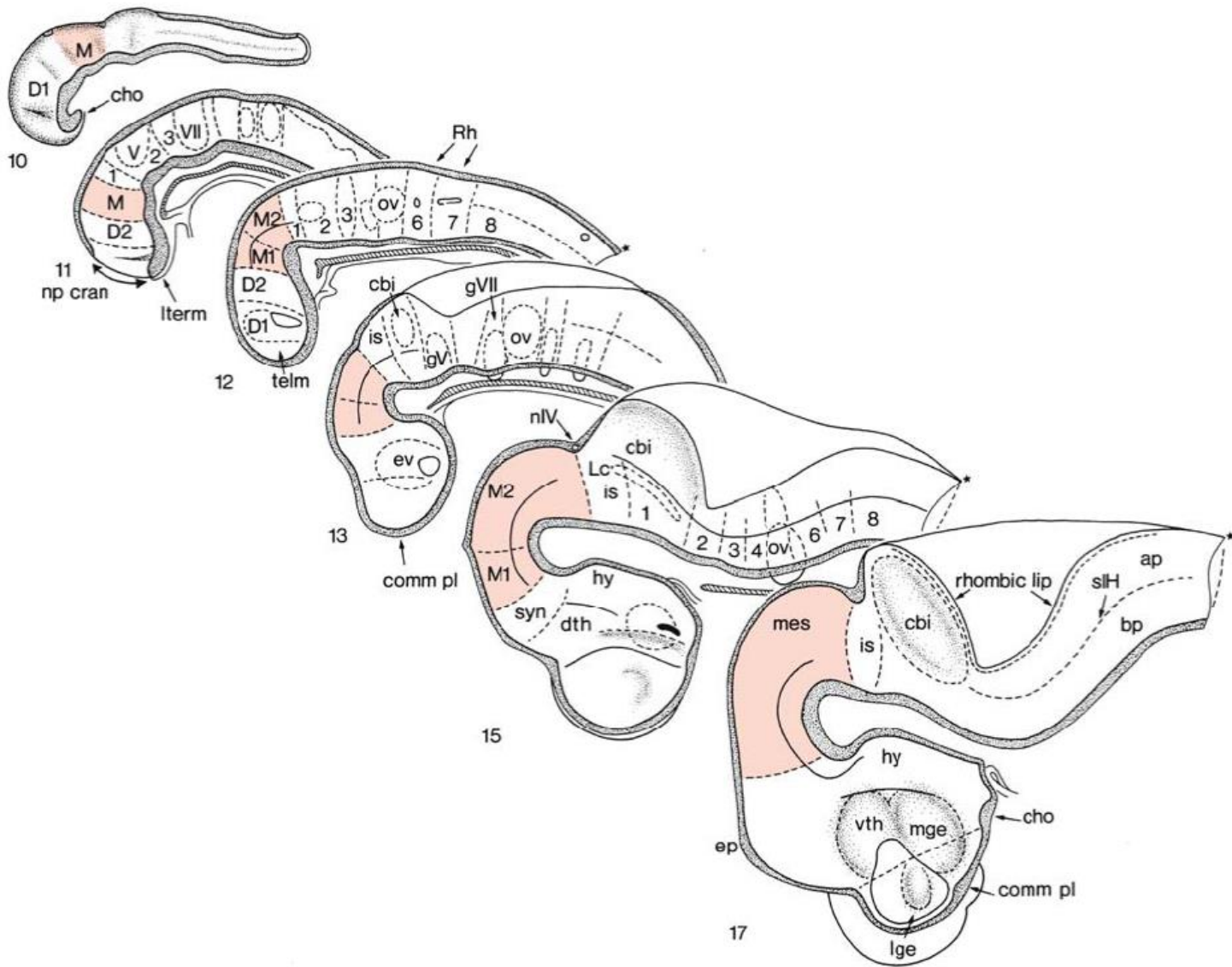


Fig. 1.12 Medial views of the developing brain in Carnegie stages 10–13, 15 and 17. The mesomeres (M, M1, M2) and the mesencephalon (mes) are indicated in light red. Asterisks indicate the spinomedullary junction. ap alar plate, bp basal plate, cbi internal cerebellar bulge, cho chiasma opticum, comm pl commissural plate, D1, D2 diencephalic neuromeres, dth dorsal thalamus, ep epiphysis, ev eye vesicle, gV trigeminal

ganglion, gVII facial ganglion, hy hypothalamus, is isthmus, Lc locus coeruleus, lge lateral ganglionic eminence, lterm lamina terminalis, mge medial ganglionic eminence, np cran cranial neuropore nIV nervus trochlearis, ov otic vesicle, 1–8 rhombomeres, sIH sulcus limitans of His, syn synencephalon, telm telencephalon medium, vth ventral thalamus. (After O’Rahilly and Müller 1999)

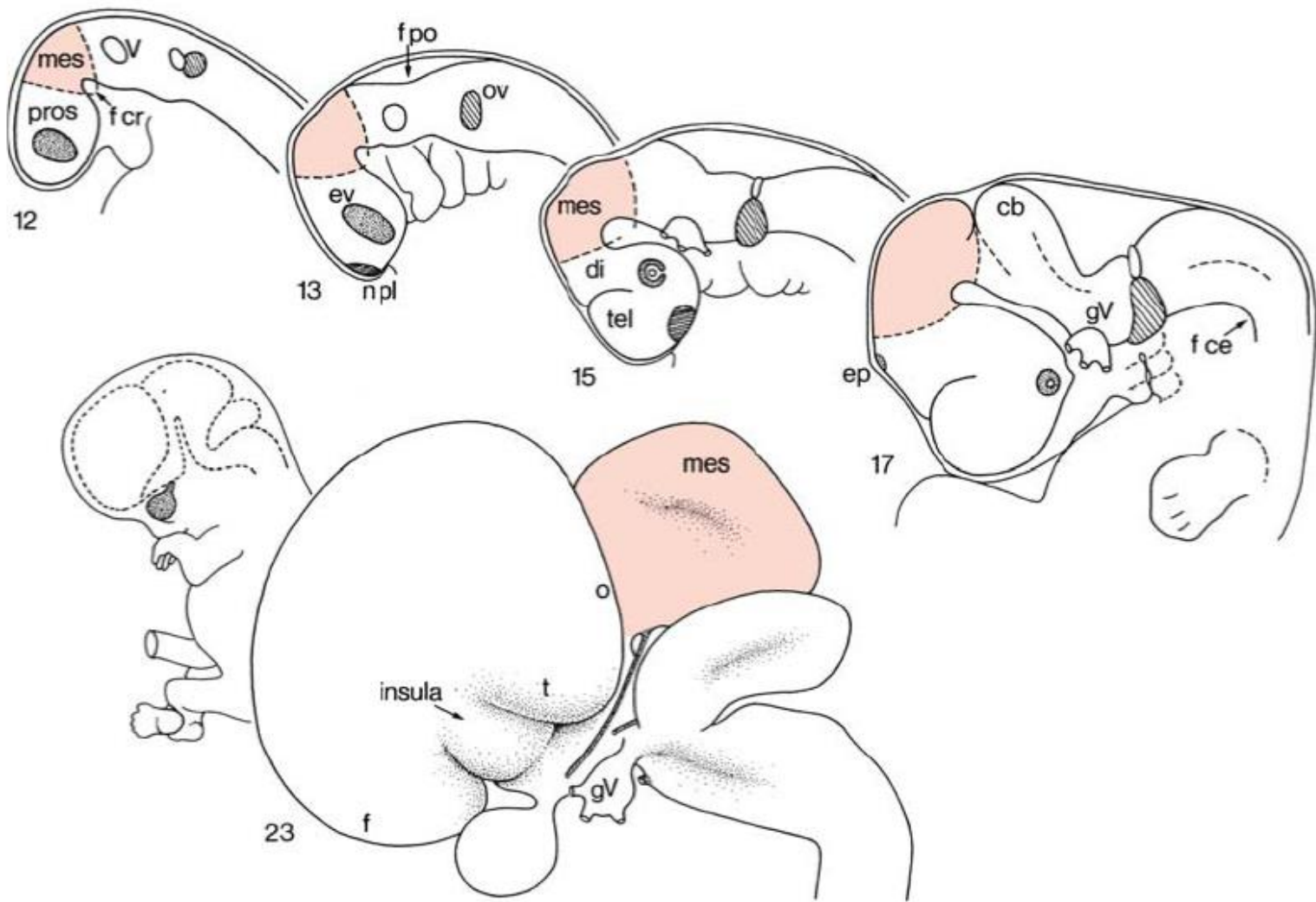
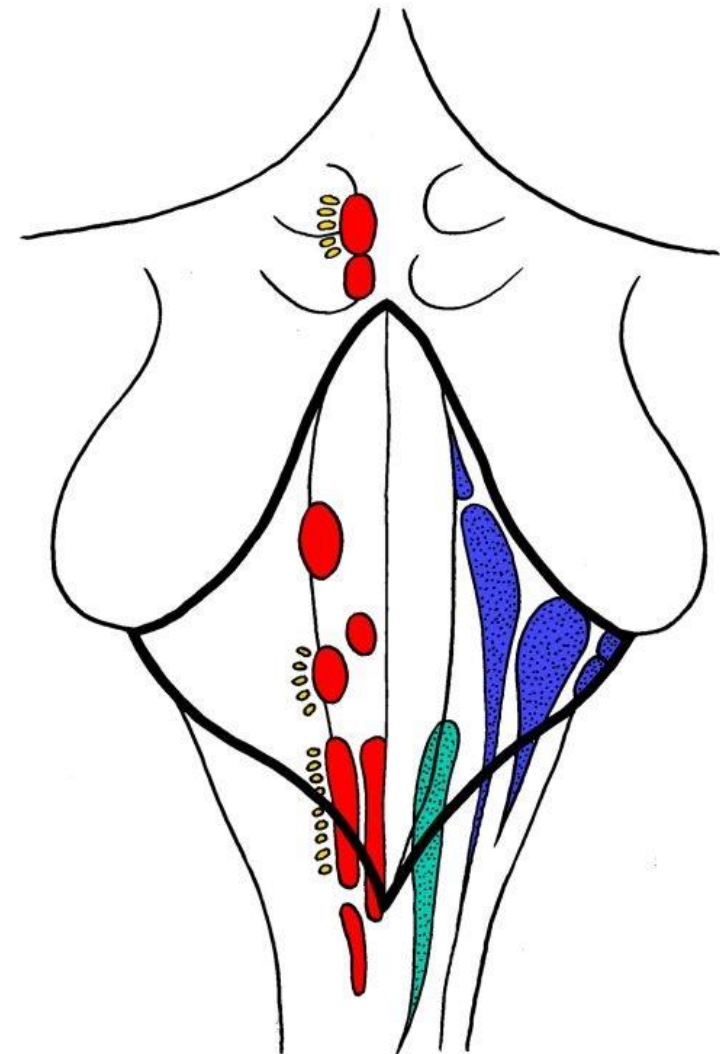
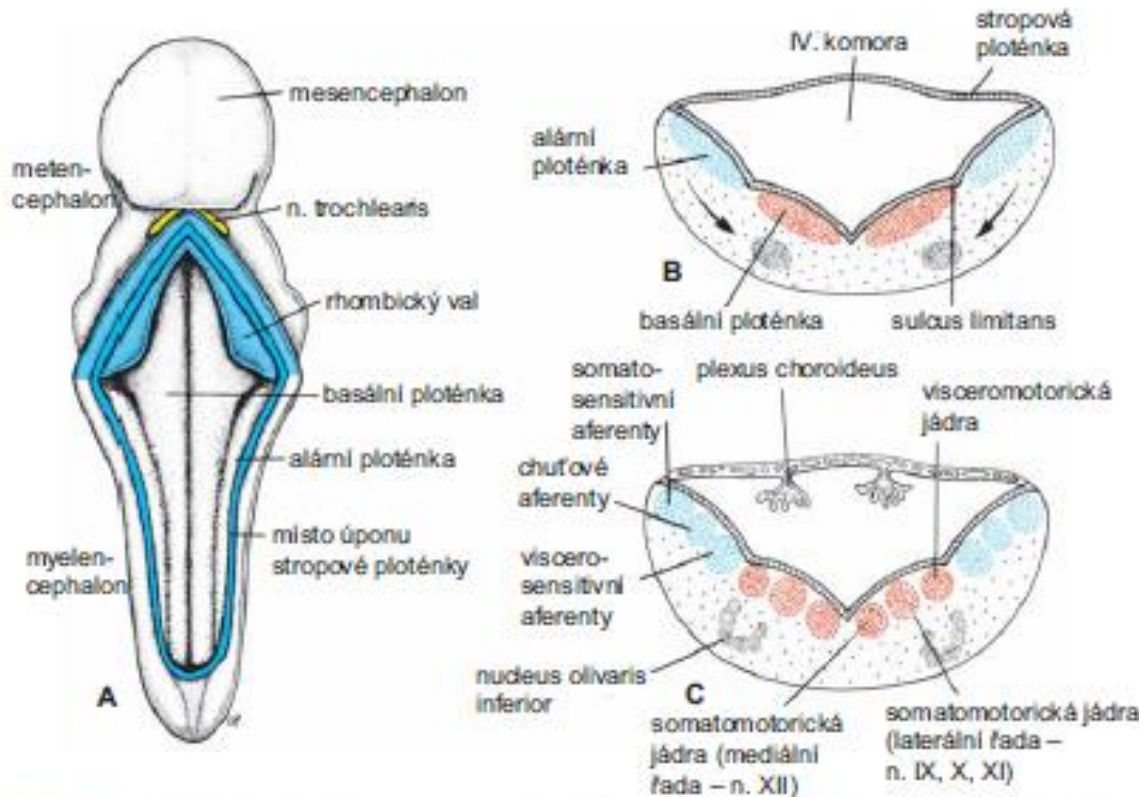


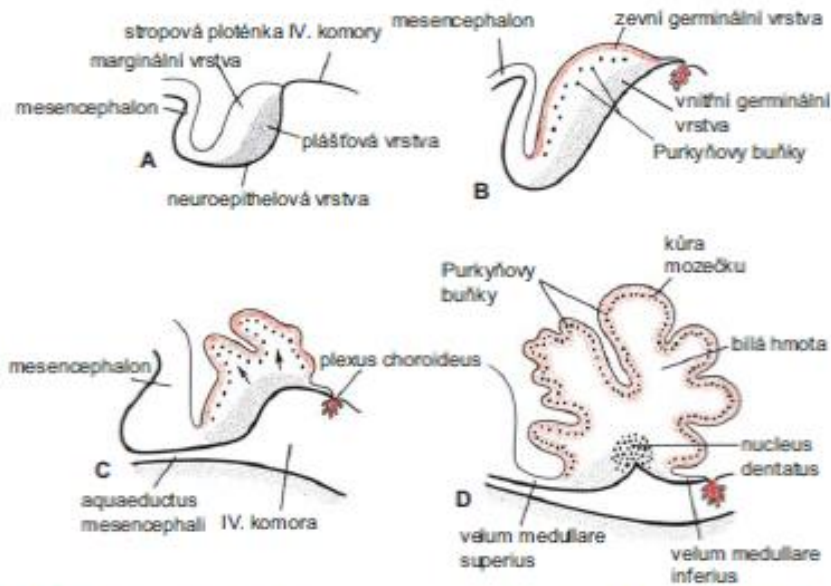
Fig. 1.11 Lateral views of the developing brain in Carnegie stages 12, 13, 15, 17 and 23. The mesencephalon is indicated in light red. *cb* cerebellum, *di* diencephalon, *ep* epiphysis, *ev* eye vesicle, *f* frontal lobe, *f ce* flexura cervicalis, *f cr* flexura cranialis,

f po flexura pontina, *gV*, *V* trigeminal ganglion, *mes* mesencephalon, *npl* nasal placode, *o* occipital lobe, *pros* prosencephalon, *t* temporal lobe, *tel* telencephalon. (After O’Rahilly and Müller 1999)

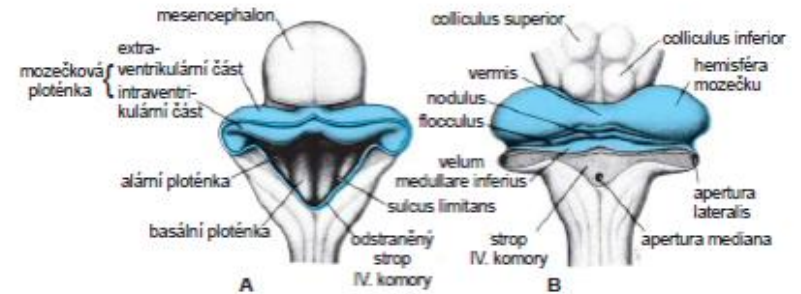


Obr. 17.18 A. Pohled z dorsální strany na spodinu IV. komory, embryo 6. týden (stropová ploténka odstraněna). Alární a basální ploténky jsou rozevřené, v metencefalonu jsou patrné rhombické valy. B, C. Poloha a diferenciacce alární a basální ploténky v myelencefalonu během vývoje. V basálních a alárních ploténkách jsou uložena jádra hlavových nervů. Šípky ukazují směr pohybu buněk z alární ploténky do komplexu jader olivy.

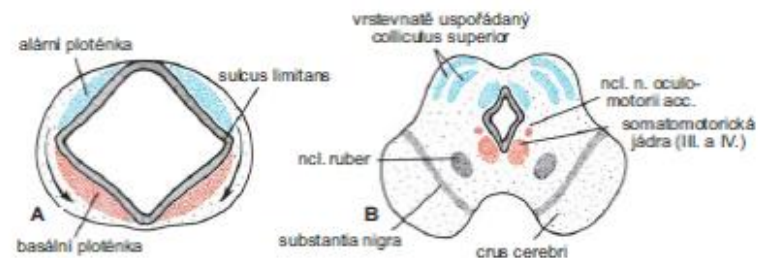
Uspořádání jader hlavových nervů pod spodinou 4. komory odpovídá uspořádání zon primitivní neurální trubice



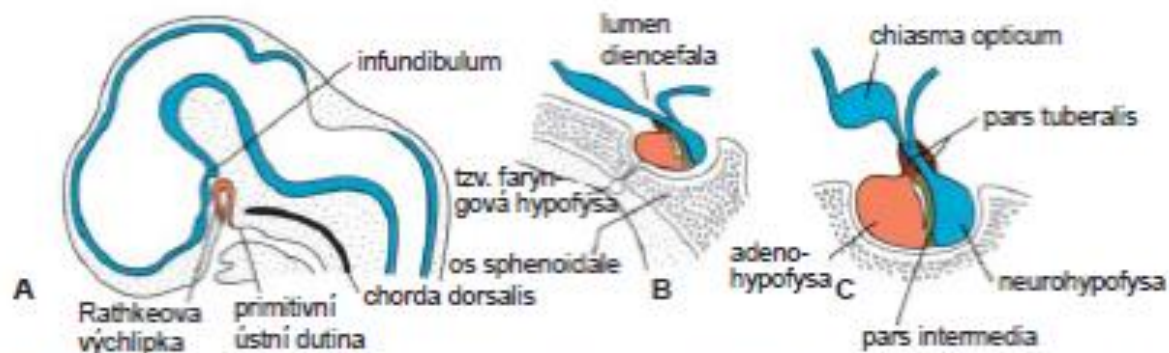
Obr. 17.21 Schematické znázornění vývoje mozečku na sagitálních řezech. **A.** 8. týden (cca 30 mm). **B.** 12. týden (70 mm). **C.** 13. týden. **D.** 15. týden. Vnitřní germinální vrstvu představuje periventrikulární a plášťová vrstva. Zevní germinální vrstva se vytváří na povrchu mozečkové ploténky z buněk vnitřní germinální vrstvy (**B, C**). Buňky vnitřní germinální vrstvy migrují směrem k povrchu a diferencují se v Purkyňovy a Golgiho buňky. Z neuroblastů zevní germinální vrstvy se diferencují granulózní, hvězdicové a košičkovité buňky, čímž vzniká definitivní podoba kůry mozečku. Z buněk vnitřní germinální vrstvy, které nemigrovaly, se diferencují neurony mozečkových jader (**D**).



Obr. 17.20 **A.** Pohled z dorsální strany na mesencephalon a rhombencephalon, embryo 8. týden. Po odstranění stropu je vidět spodinu IV. komory. **B.** Podobný pohled na mozkový kmen; fetus 4. měsíc. Ve stropu IV. komory je vytvořena apertura mediana et aperturae laterales ventriculi quarti.



Obr. 17.23 **A, B.** Poloha a vývoj basálních a alárních plotének mesencefala v různých stupních vývoje. Šipky na obrázku **A** ukazují trasu migrace buněk alární ploténky, ze kterých vzniká ncl. ruber a substantia nigra. V basální ploténce se diferencují motorická jádra hlavových nervů.



Obr. 17.26 **A.** Sagitální řez hlavovou částí embrya v 6. týdnu. Rathkeova výchlípka jako dorsální vychlípení stropu primitivní ústní dutiny tvoří základ adenohypofyzy. Infundibulum se zakládá jako ztluštění na spodině diencefala. **B, C.** Sagitální řezy vyvíjející se hypofysou v 11. a 16. týdnu. Pars tuberalis obepíná stopku neurohypofyzy.

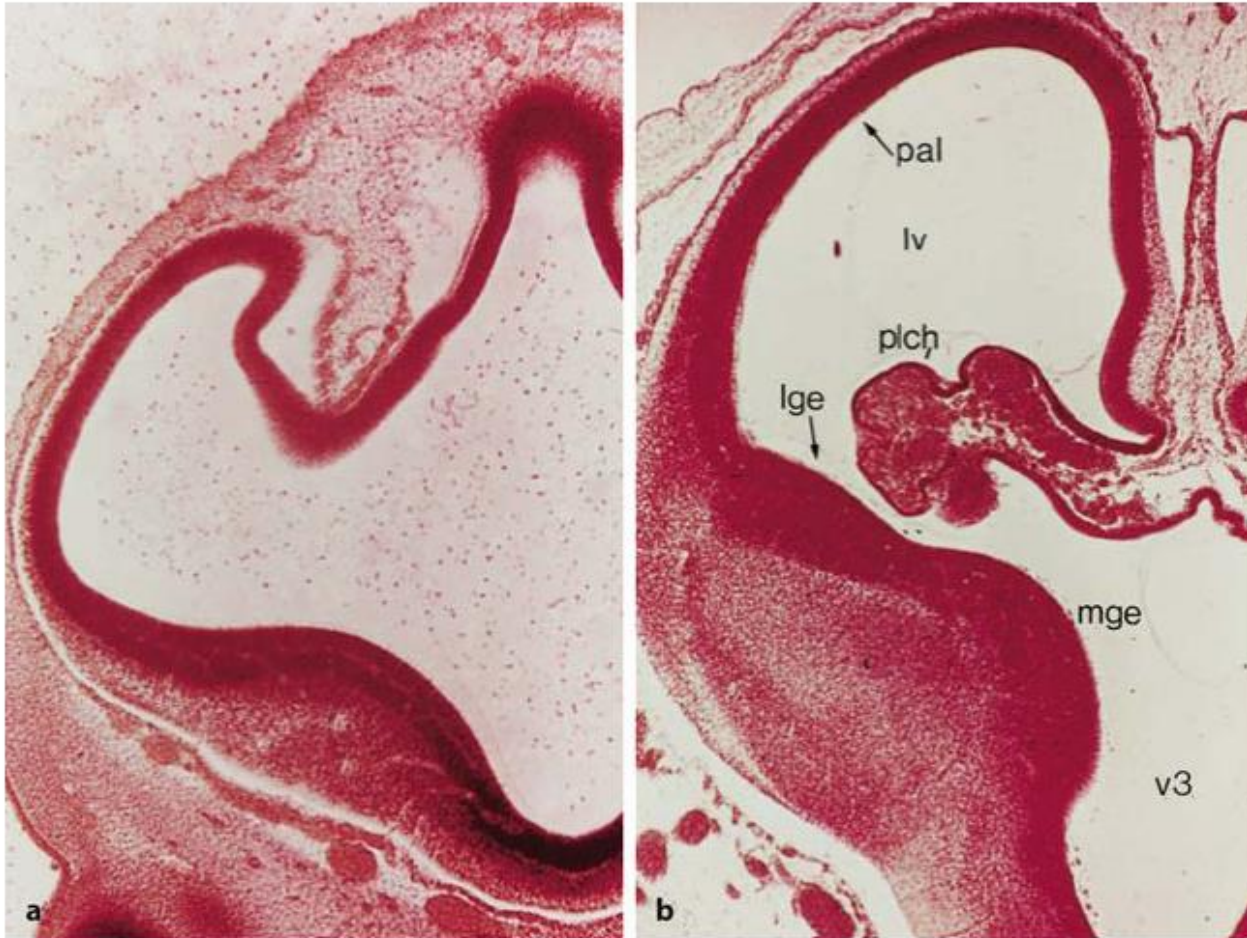


Fig. 1.16 Transverse sections through the human forebrain, showing the developing ganglionic or ventricular eminences at stages 17 (**a**) and 20 (**b**), respectively. *lge* lateral ganglionic eminence, *lv* lateral ventricle, *mge* medial ganglionic eminence, *pal* pallium, *plch* plexus choroideus, *v3* third ventricle. (From O'Rahilly 1975, with permission)

A



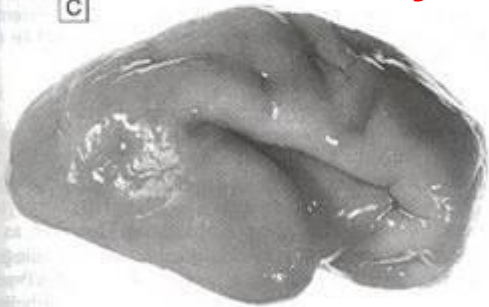
21. týden

B



24. týden

C



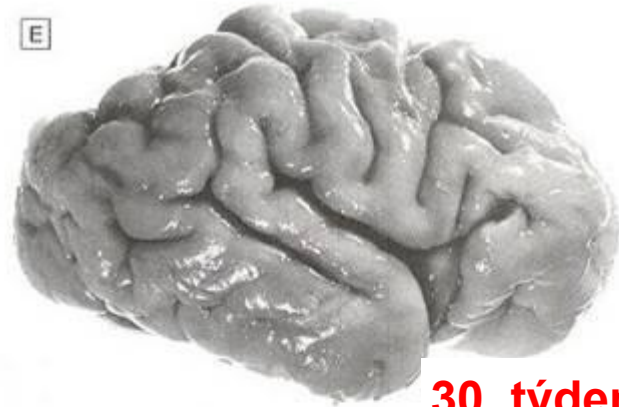
26. týden

D



28. týden

E



30. týden

F



34. týden

G



adultus

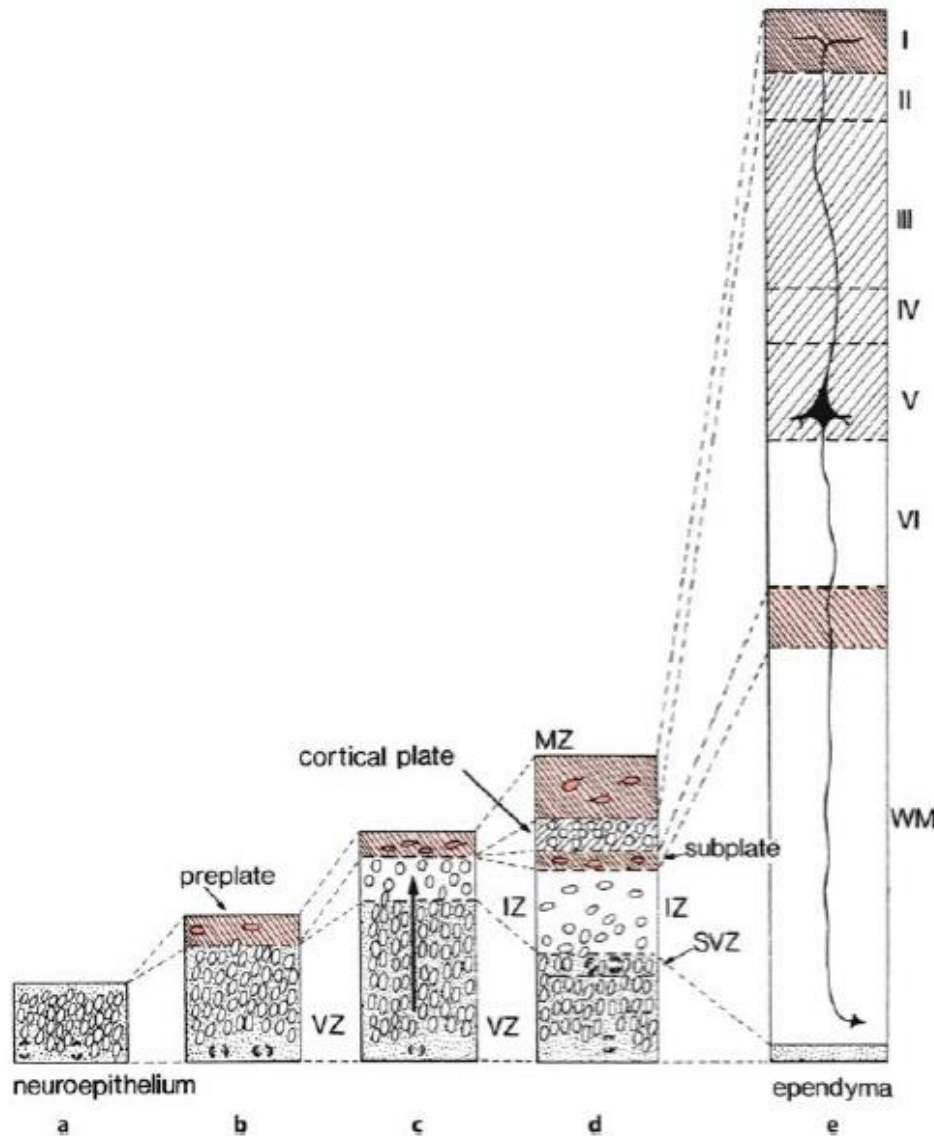
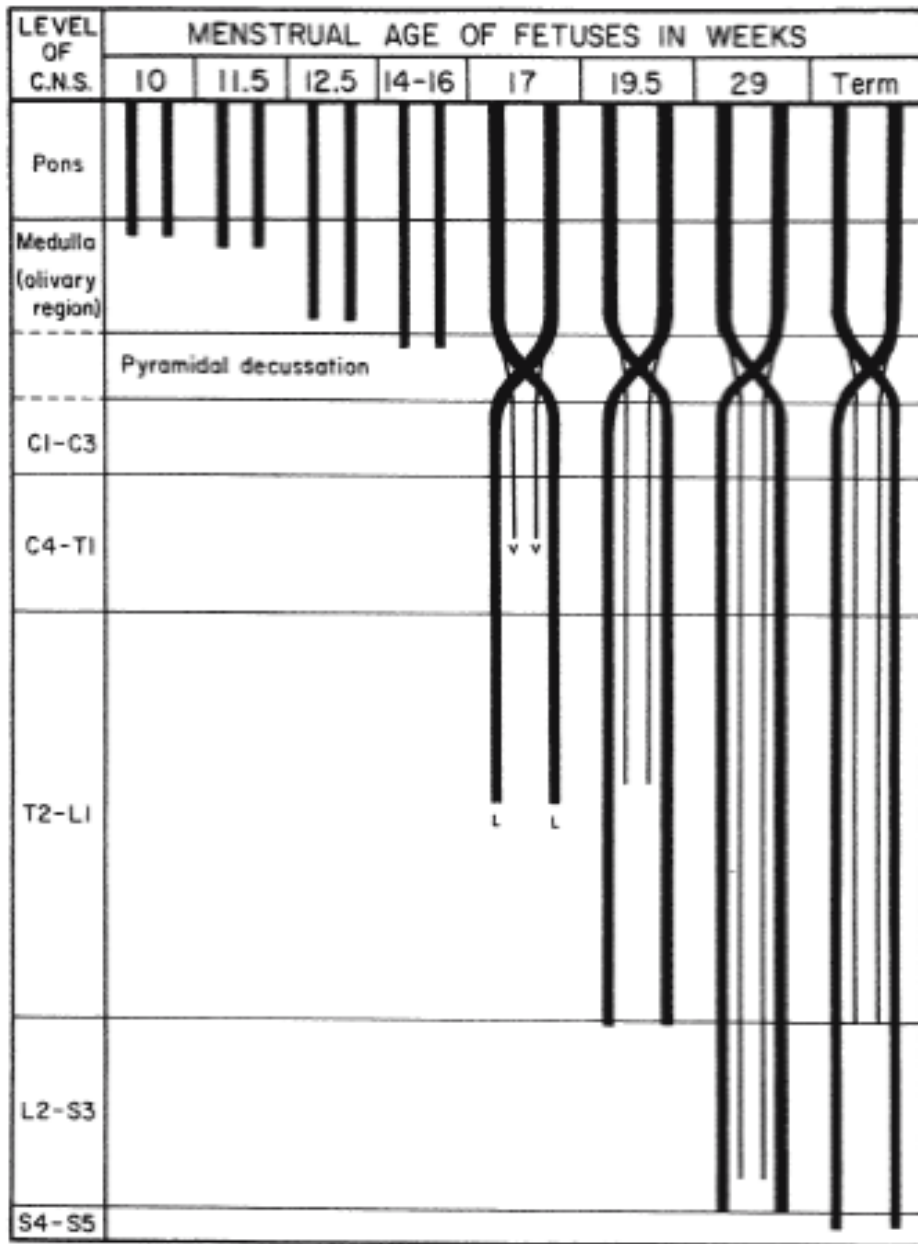


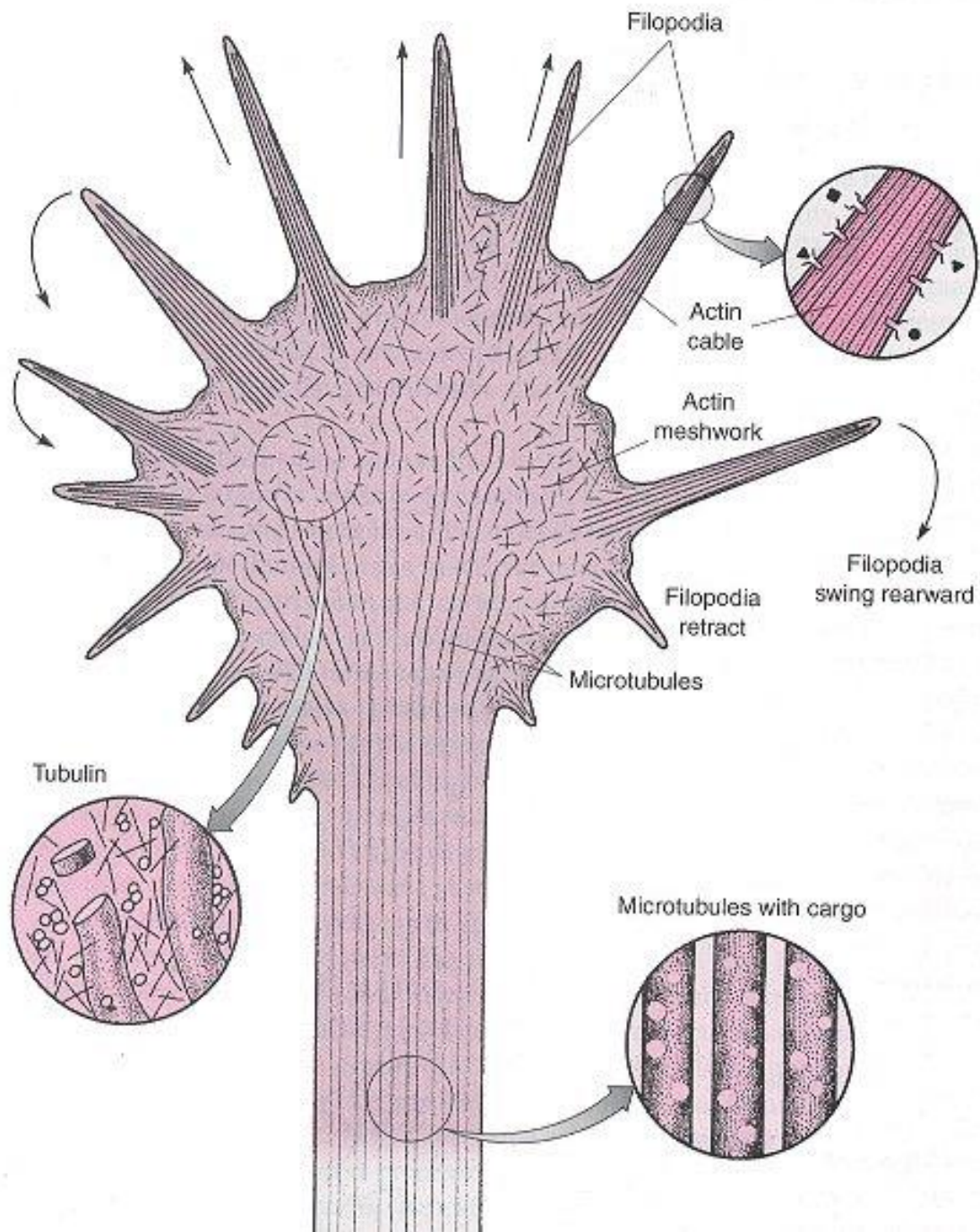
Fig. 1.23 Histogenesis of the cerebral cortex. **a-c** The neuroepithelium forms three zones, the ventricular zone (VZ), the intermediate zone (IZ) and the preplate. During the eighth to 18th weeks of development, neurons migrate from the ventricular zone and form the cortical plate (**d**). The preplate becomes divided into the marginal zone (MZ) and the subplate. A second compartment for cell division, the subventricular zone (SVZ), is mainly involved in the production of glial cells. Finally (**e**), the marginal zone forms the molecular layer (layer I) and the cortical plate layers II-VI. The intermediate zone forms the subcortical white matter (WM). The subplate disappears. (After O’Rahilly and Müller 1999)

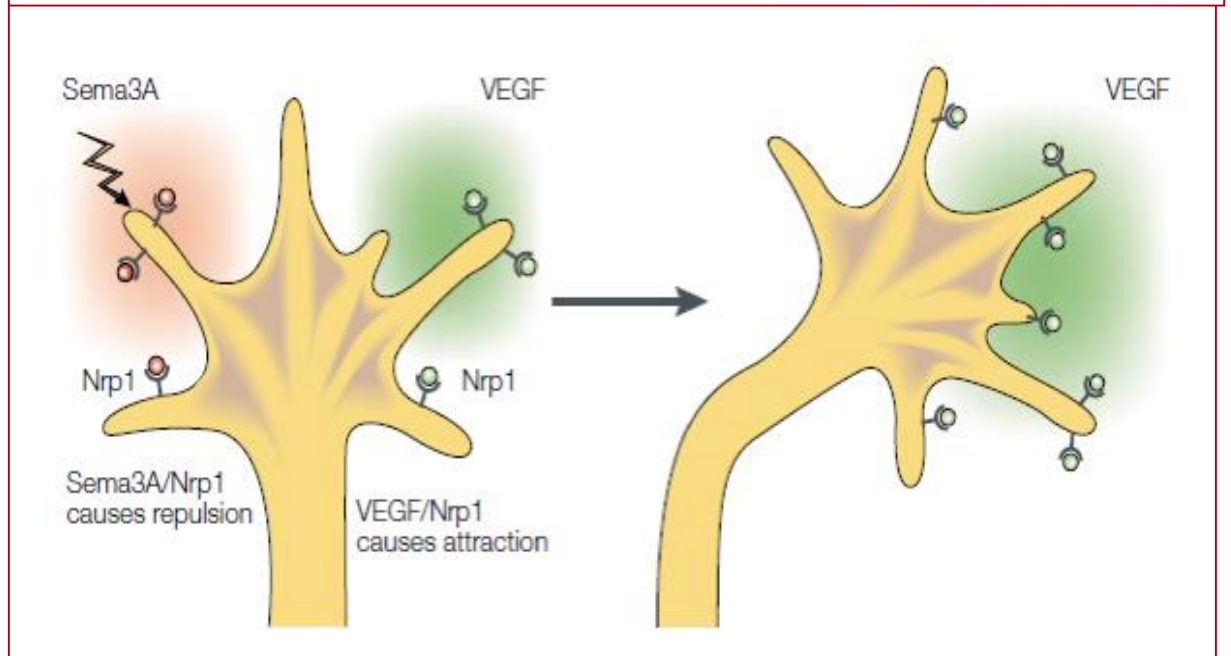
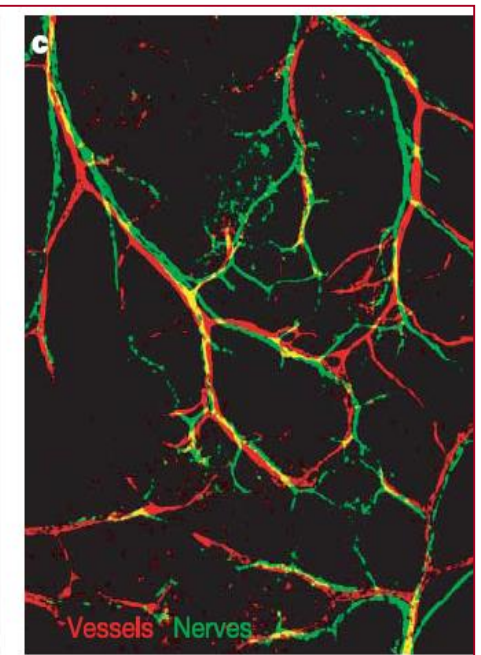
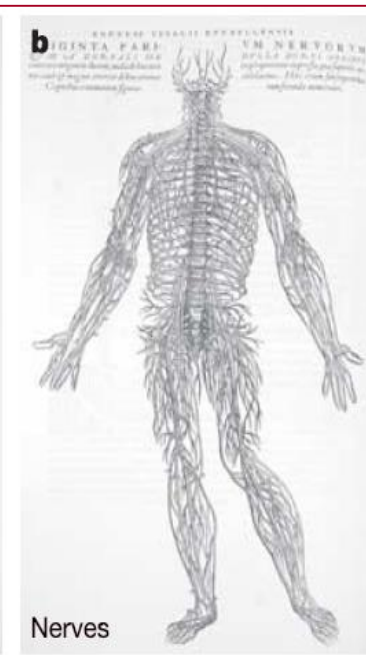
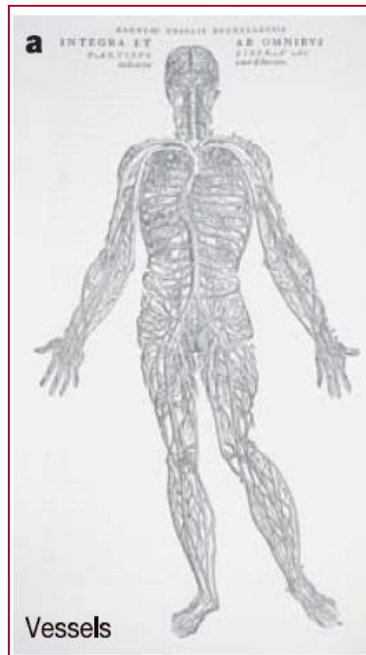
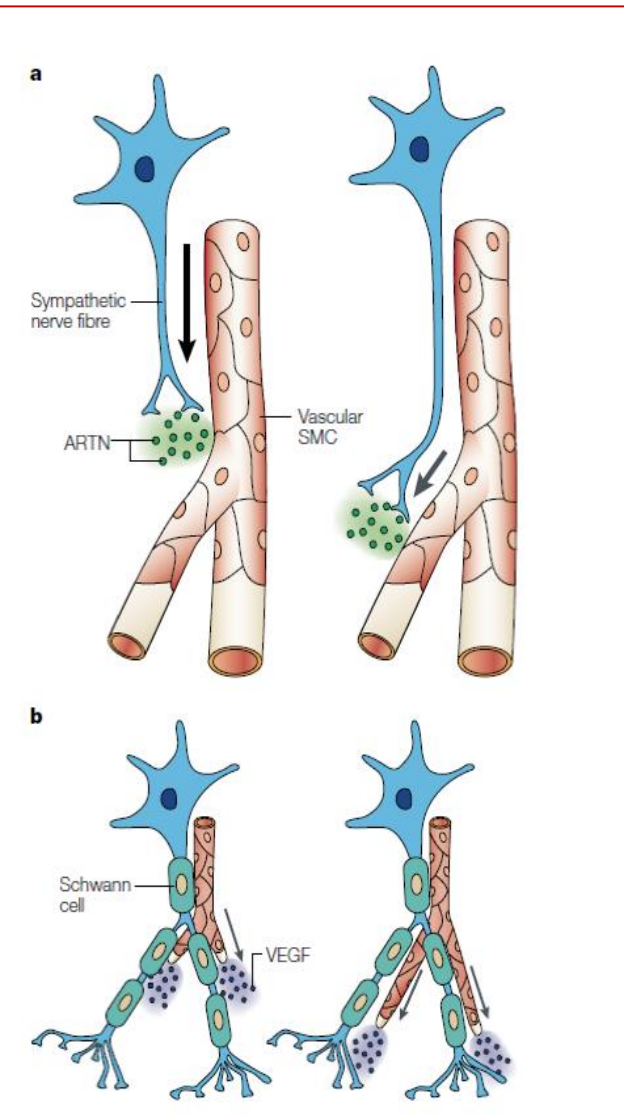


Postup vrůstání vláken pyramidové dráhy do míchy

+ postupná myelinizace až do 3. let

Fig. 1.34 The outgrowth of the human corticospinal tracts (after Humphrey 1960)

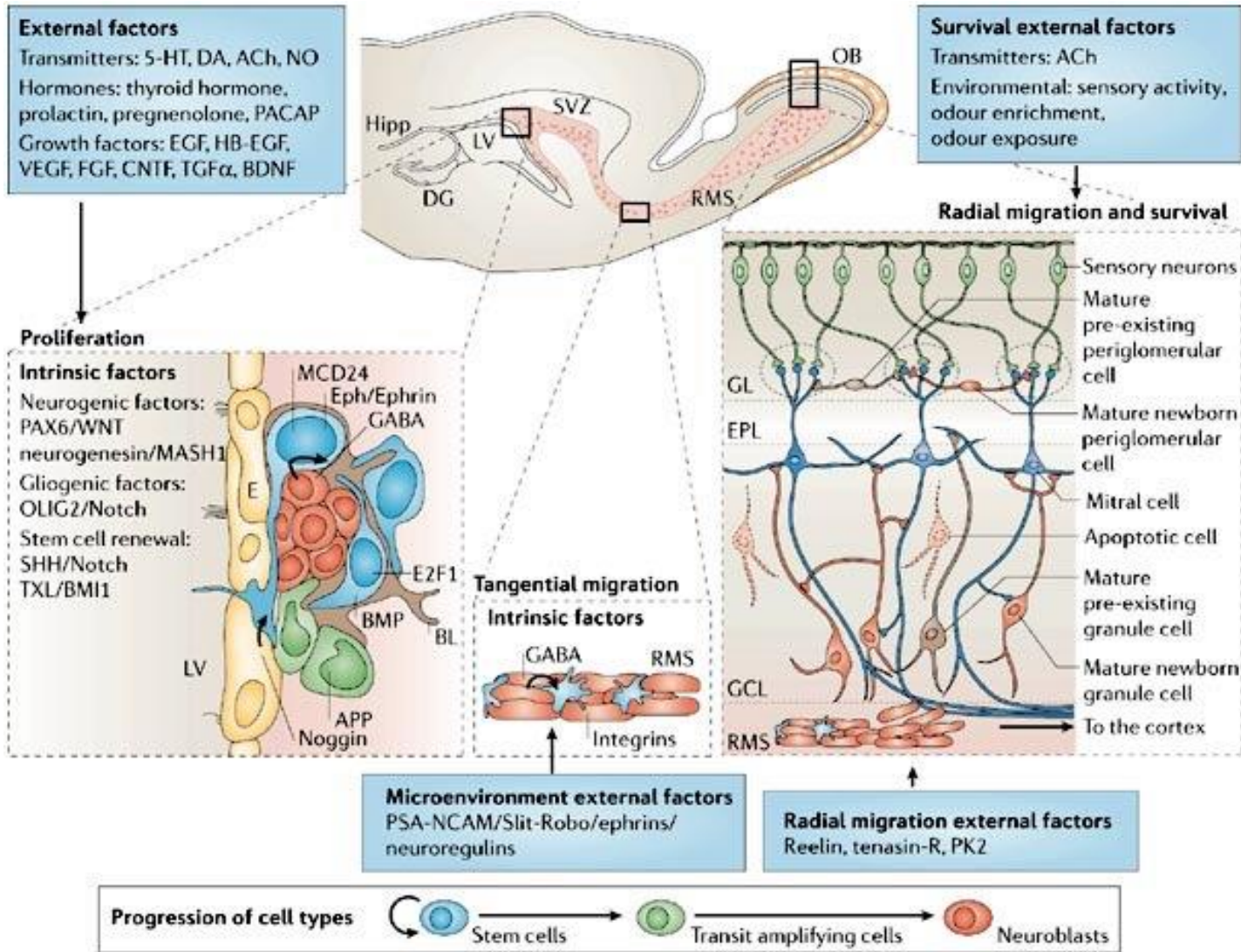




Společný růst cév a nervů je podmíněn vzájemnou interakcí

Regenerace v CNS

- není možná
- gliová jizva
- NOGO protein
- kmenové buňky v subventrikulární vrstvě a v regio olfactoria
- ohromná plasticita za vývoje

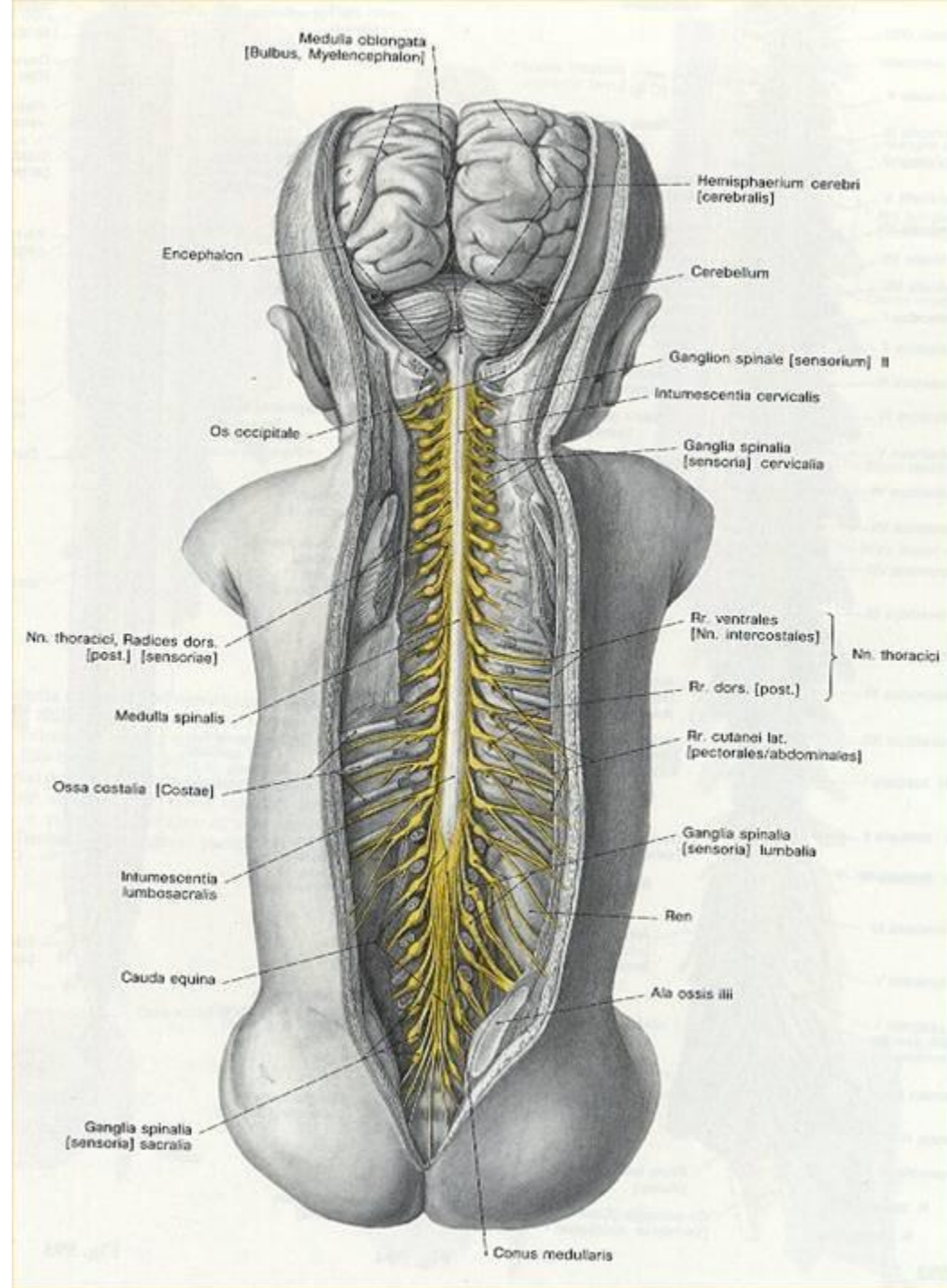


NN. spinales

31 párů
smíšené nervy (aff. + eff.)
vznikají z předního a
zadního kořene

spinální ggl. – foramen
intervertebrale,

po výstupu z foramen
intervertebrale se nerv
dělí na r. ventralis a r.
dorsalis



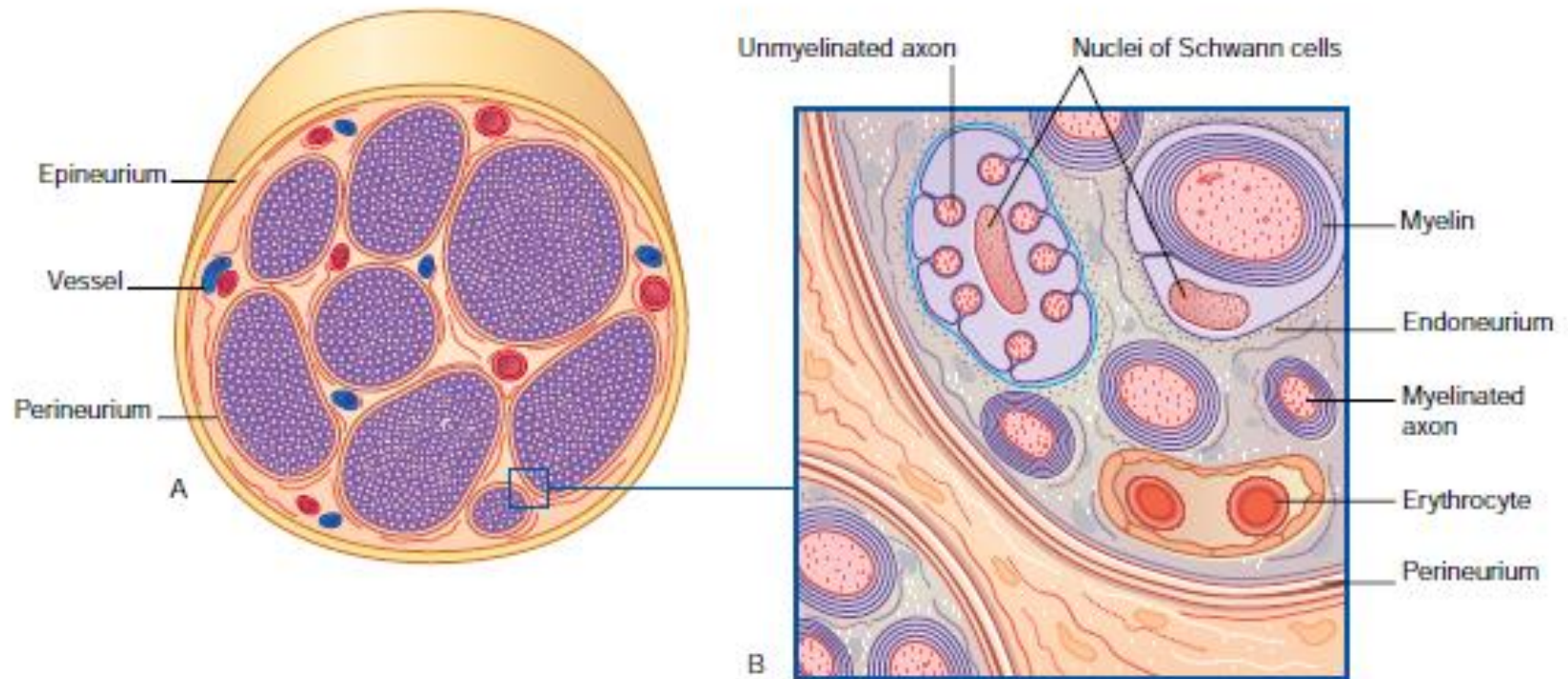
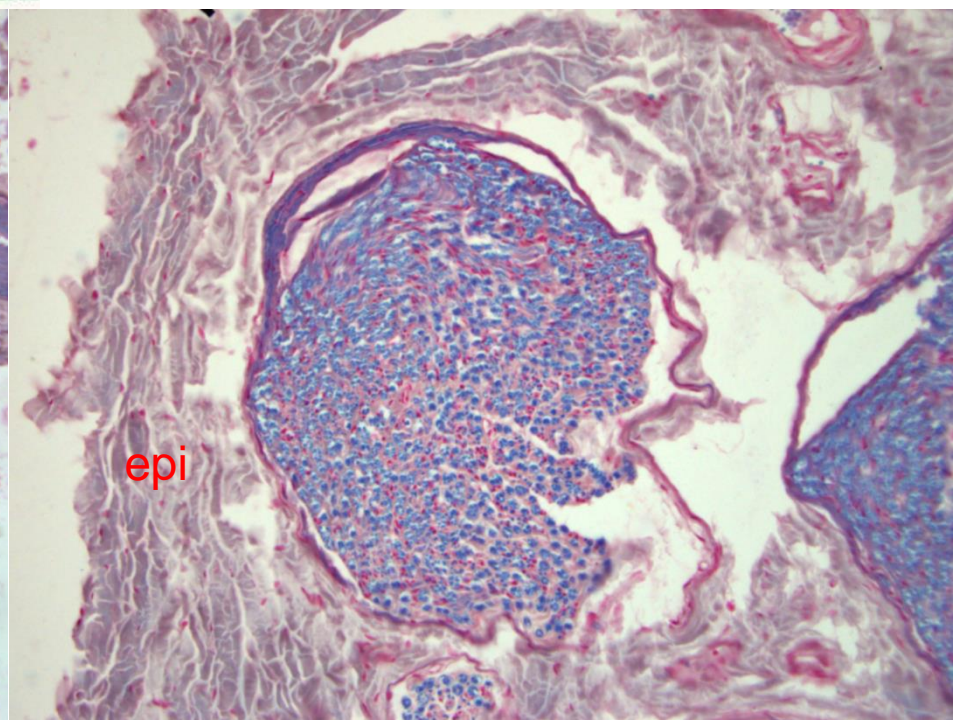
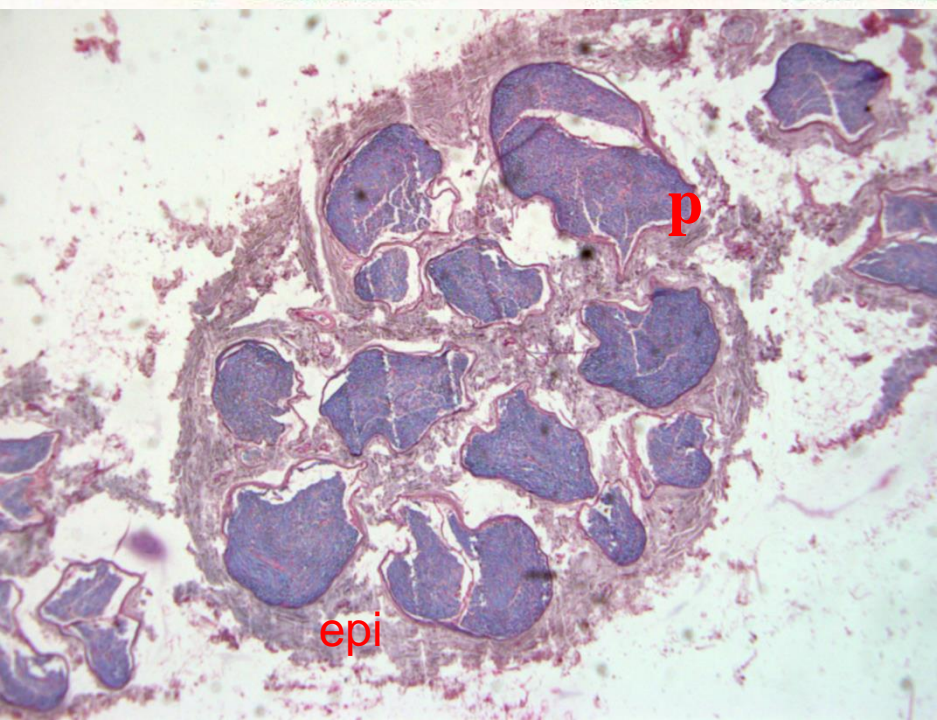
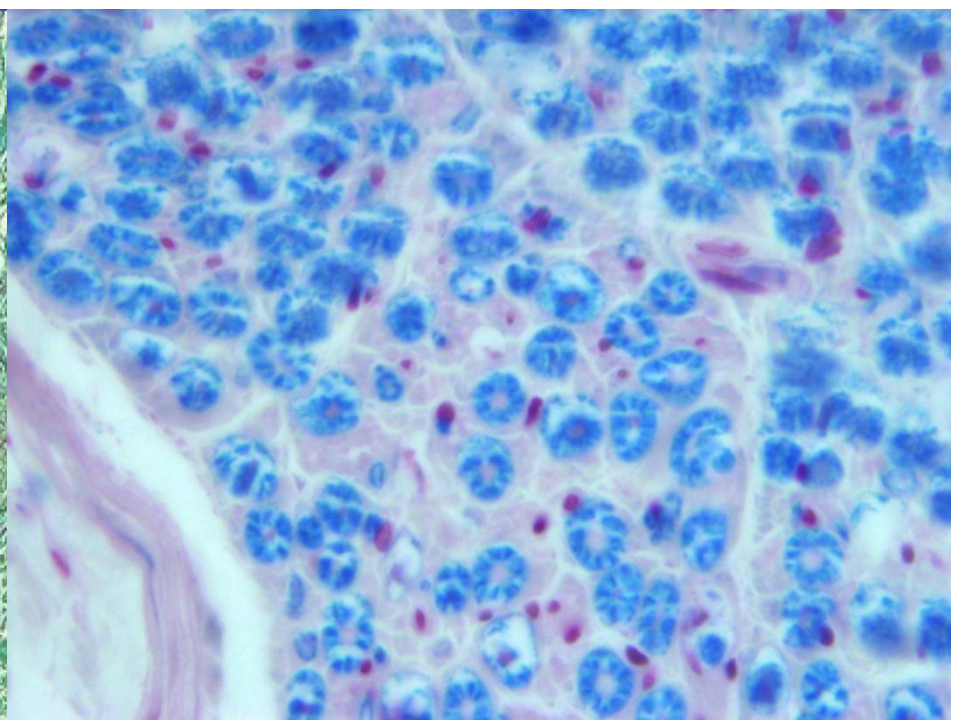
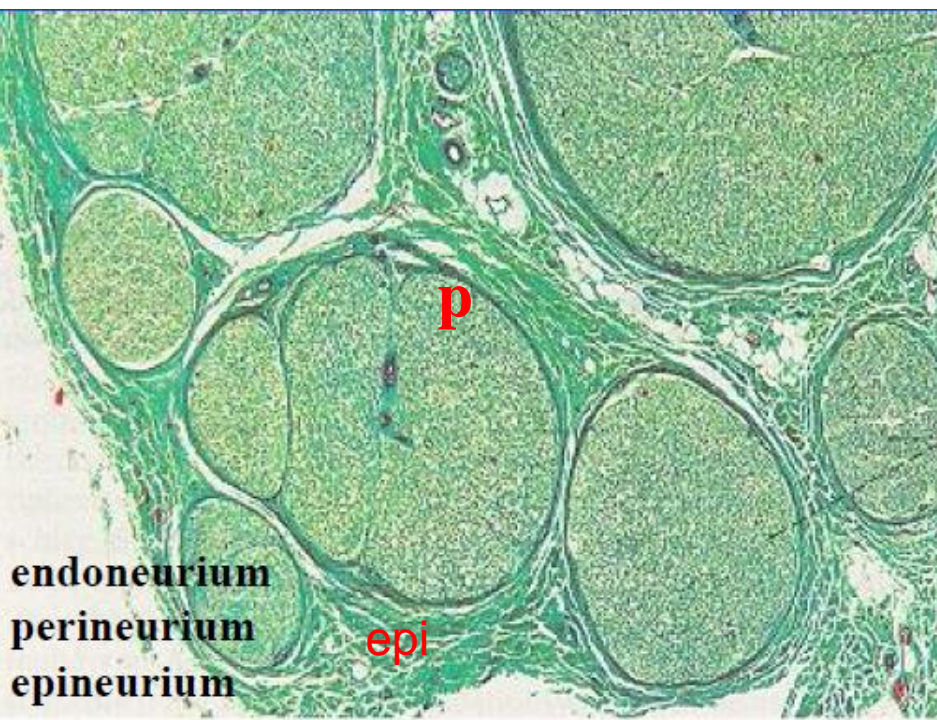


Figure 9.3 Transverse section of a nerve trunk. **(A)** Light microscopy. **(B)** Electron microscopy.



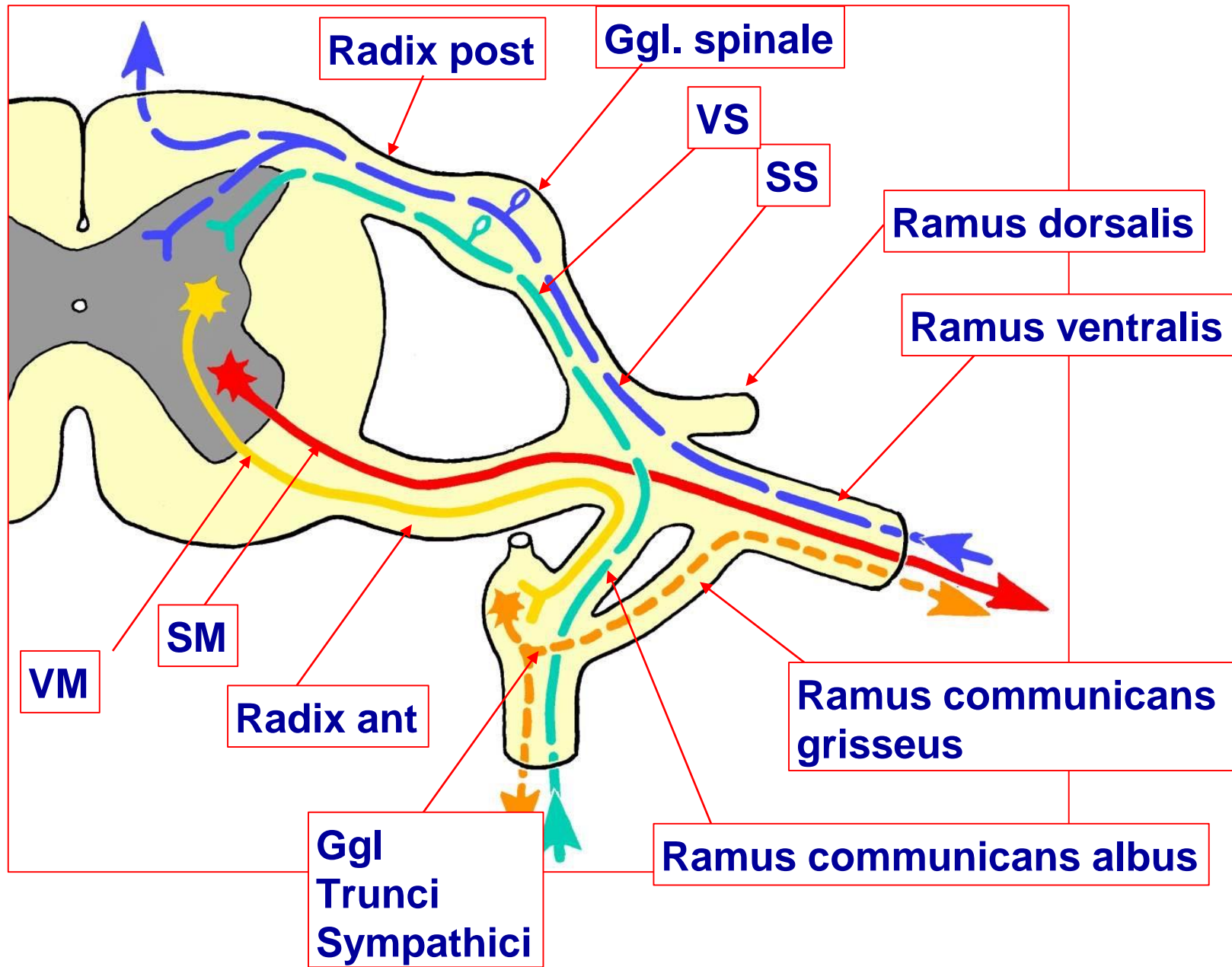
Periferní nerv je vždy smíšený, může vést až 4 kvality cití

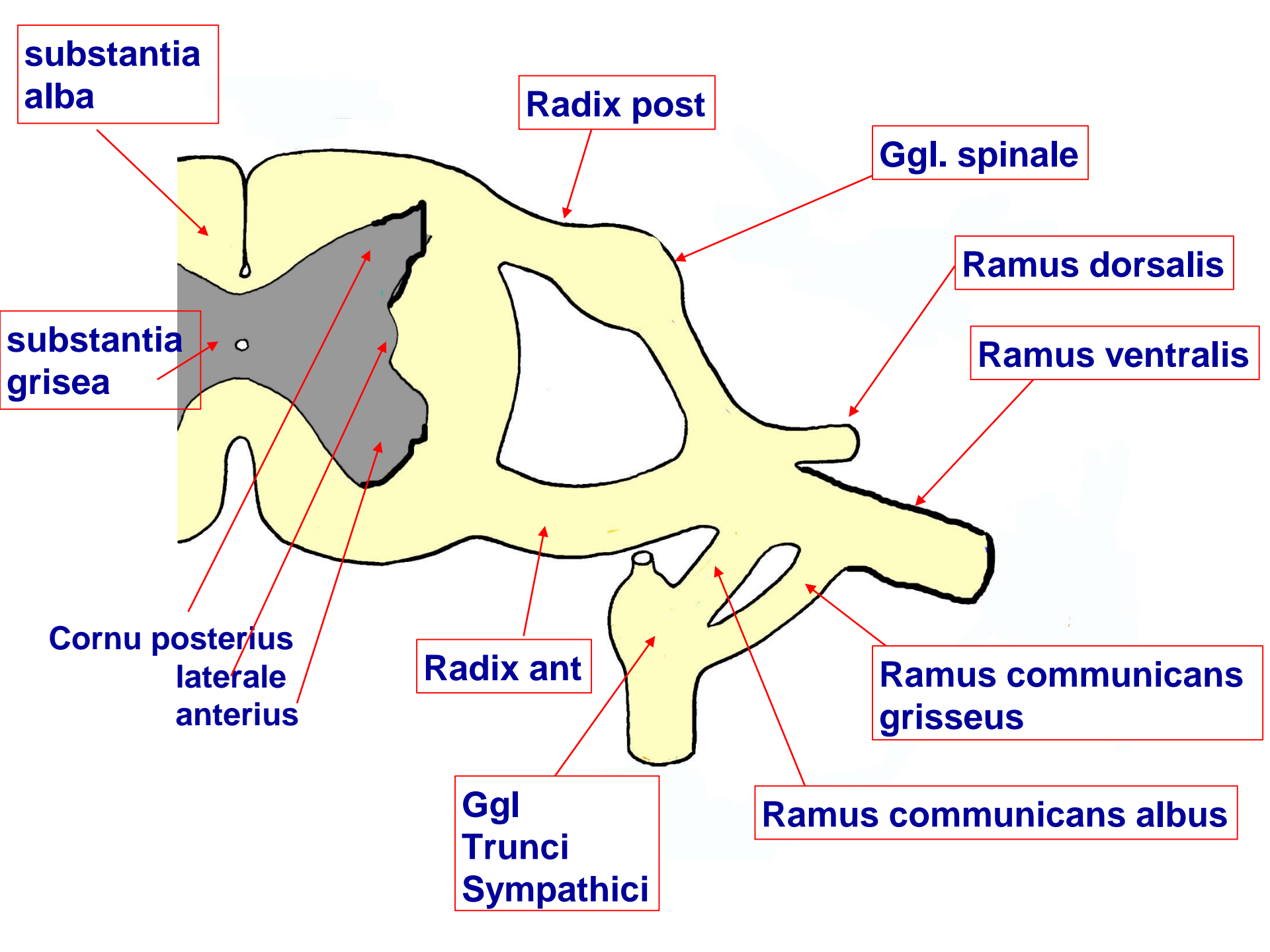
**1. somatomotorika - alfa a gama
motoneurony**

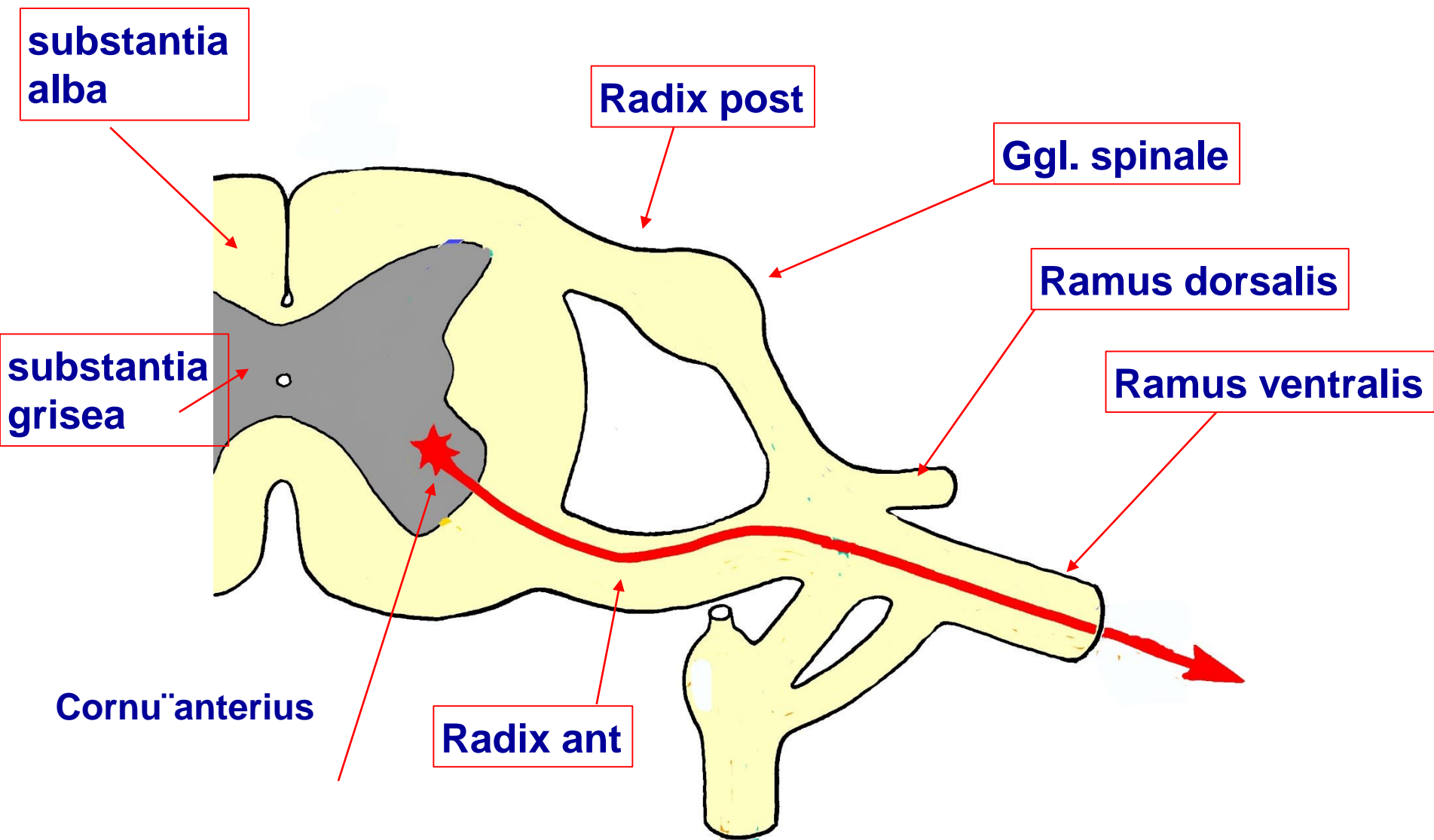
2. visceromotorika – ncl. intermediolateralis

3. somatosensitivita

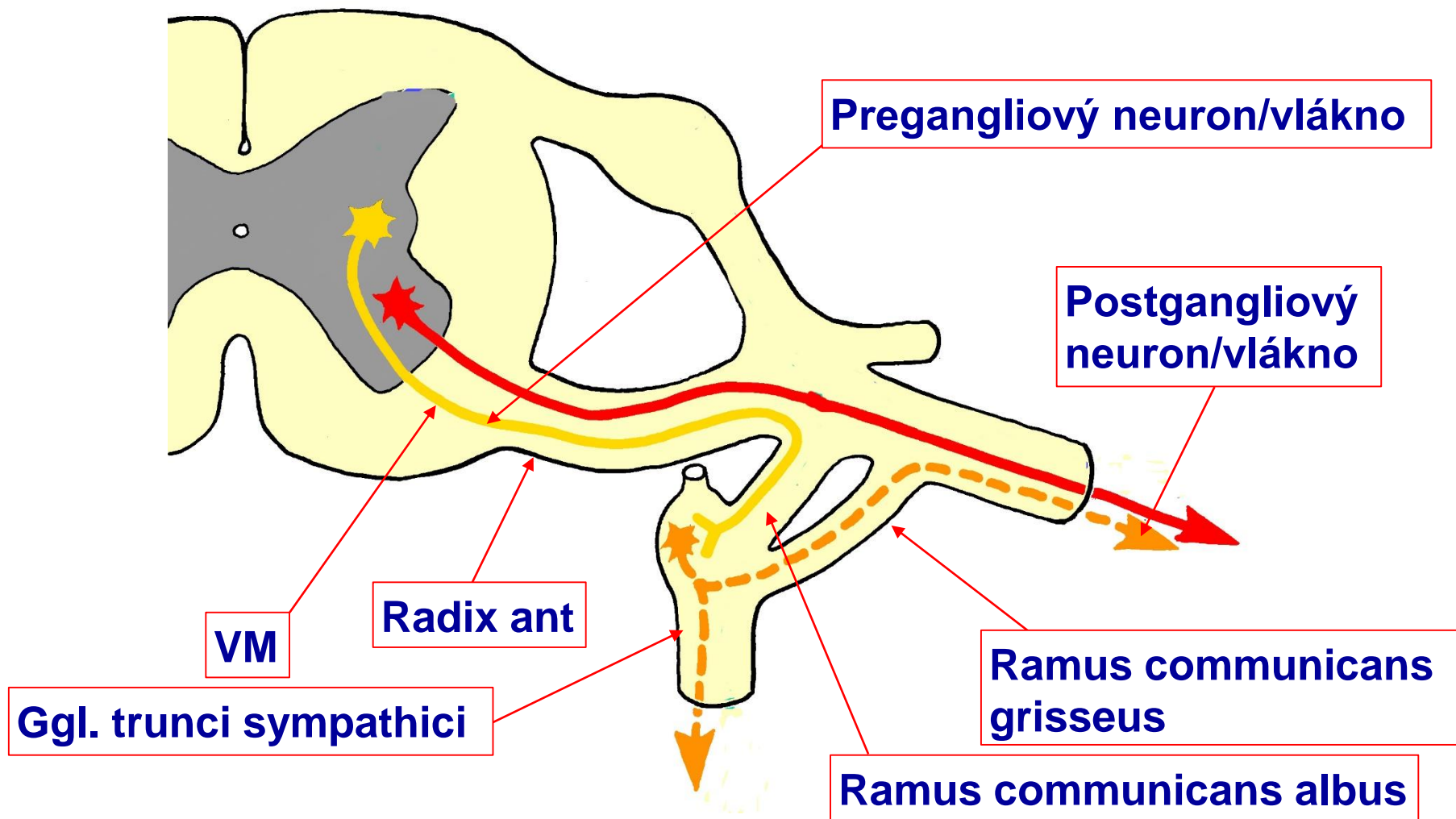
**4. viscerosensitivita – pseudounipolární bb.
Spinálních ganglií**



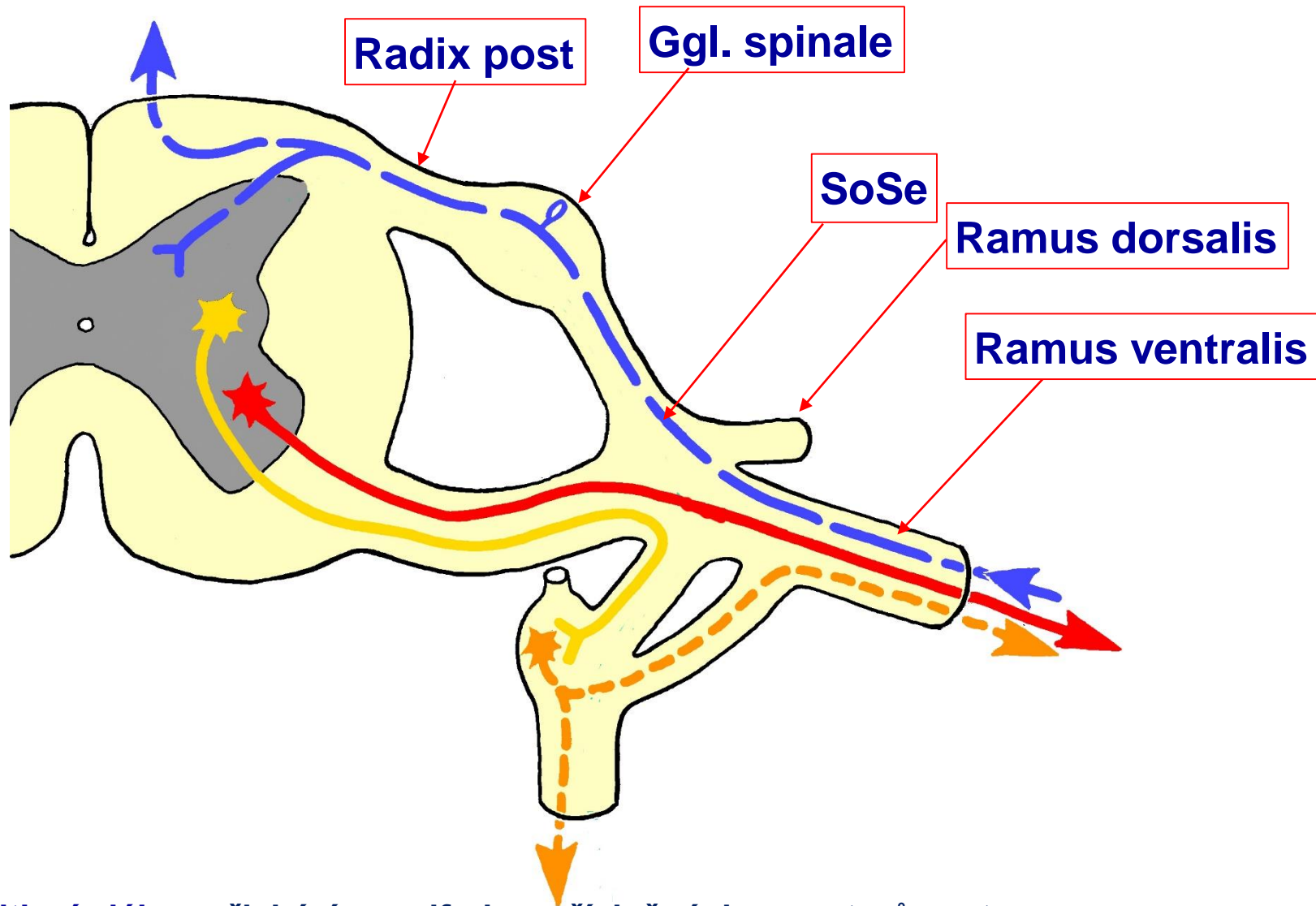




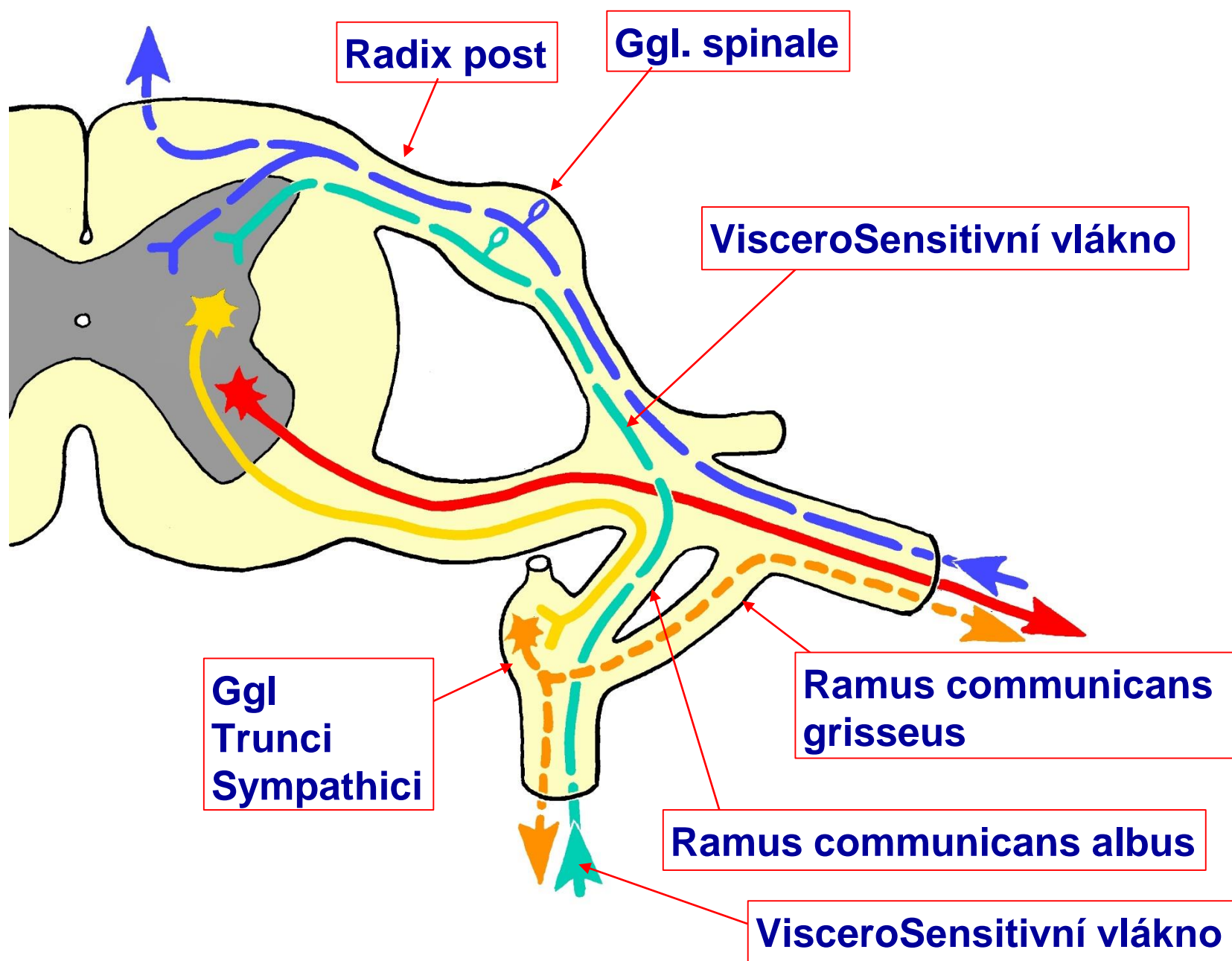
Somatomotorická vlákna – alfa a gama-motoneurony v předních rozích míšních, vlákna vystupují předními kořeny, probíhají míšním nervem v jeho ventrálních i dorsálních větvích



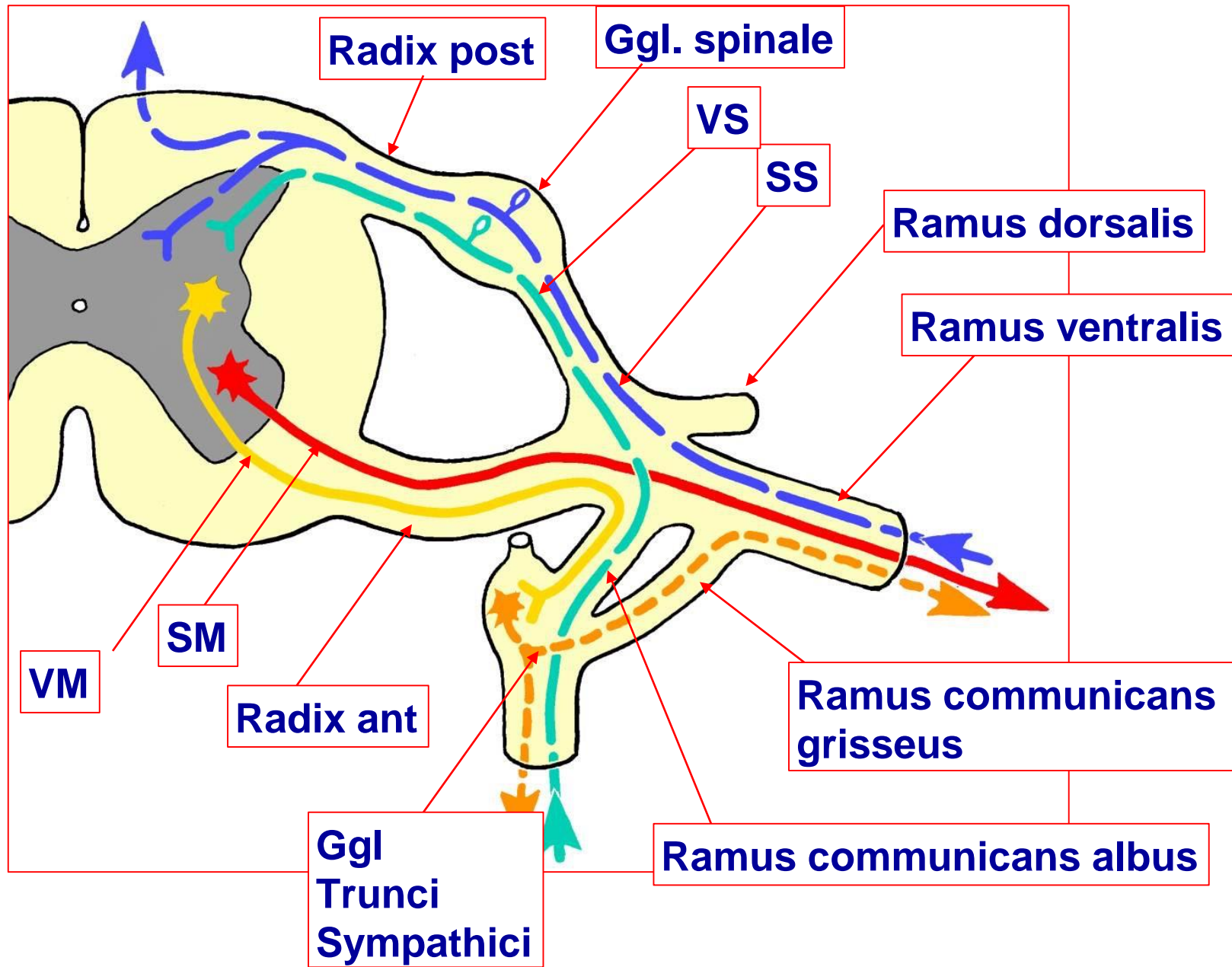
Visceromotorické vlákno – pregangliový neuron leží v postranních rozích míšních, přes přední kořeny a r. comm. albus vstupují jeho vlákna do ganglia tr. sympathici, kde dochází k interpolaci na postgangliový neuron. Jeho výběžky přes r. com. griseus se vrací zpět k míšnímu nervu a nebo jako nn. splanchnici běží k orgánům.

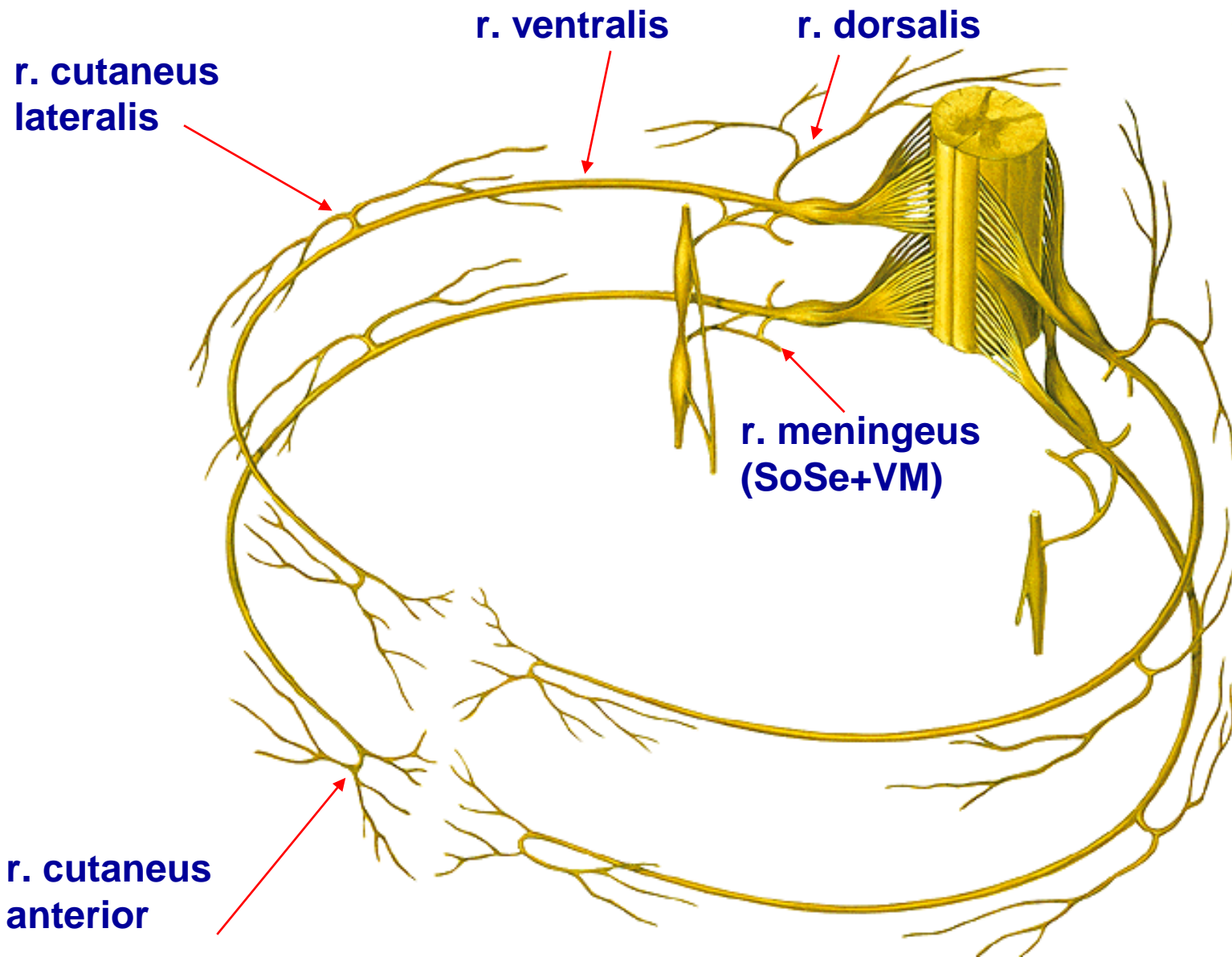


Somatosenzitivní vlákna přichází z periferie z příslušných receptorů cestou r. ventralis/r. dorsalis a probíhají zadním kořenem. Zde je ggl. spinale, které obsahuje těla příslušného neuronu. Jejich axony pak vstupují do míchy, kde jsou terminovány v zadních rožích/probíhají bílou hmotou do vyšších etáží.



Viscerosensitivní vlákna přichází s vlákny sympatiku, vstupují do zadního kořene, buňka je opět ve spin. Gangliu. Vlákna pokračují zadním kořenem do šedé hmoty.





Obecná schéma míšního nervu v oblasti hrudní míchy

Vlákna předních míšních kořenů obsahují myelinizovaná eferentní, motorická vlákna různých tloušťek, která se dělí do tří skupin :

Vlákna A α - jsou neurity **alfa- motoneuronů** uložených v předních míšních rozích. Mají tloušťku 12 – 20 μm , rychlost vedení 72 – 120 m/sek a inervují extrafuzální svalová vlákna.

Vlákna A γ - jsou neurity **gama - motoneuronů**. Jsou tenčí (2 – 8 μm), rychlost vedení je 12 – 48 m/sek a inervují svalová vlákna uložená ve svalových vřetencích (intrafuzální vlákna).

Vlákna B – jsou tenké neurity (do 3 μm) buněk uložených v nucleus intermediolateralis míšní šedi. Rychlost vedení je 6 – 18 m/sek. V předních kořenech nervů C 8 – L 2/3 patří tato **visceromotorická vlákna sympatiku**, v předních kořenech S 2 – S 4 jsou součástí parasympatiku. Tato vlákna vstupují do autonomních ganglií jako vlákna pregangliová.

Jako vlákna C se označují **postgangliová autonomní vlákna**, jsou velmi tenká (0.2 – 2 μm) a rychlost vedení je 0.5 – 2 m /sek..(průměr axonu v μm x 6 = rychlost vedení vzruchu v m/sek)

Somatosensitivní vlákna přivádějí signály z receptorů kůže a z receptorů pohybového aparátu a člení se na několik kategorií :

Vlákna Ia a Ib jsou silná myelinizovaná vlákna (12 – 20 mm) s rychlostí vedení 80 – 120 m/sek. Vedou signály ze **svalových vřetének** (primární zakončení) a z **Golgiho šlachových tělísek**.

Vlákna II jsou tenčí (6 – 12 mm), s rychlostí vedení 35 – 75 m/sek. Vedou signály **ze svalových vřetének** (sekundární zakončení) a z **kožních mechanoreceptorů**.

Vlákna III (vlákna A δ , 1 – 5 μ m) a **IV** (vlákna C, 0.2 – 1.5 mm) jsou slabě myelinizovaná, nebo bezmyelinová vlákna, která vedou signály z **volných nervových zakončení** (**nociceptory, thermoreceptory**) a z kožních mechanoreceptorů.

Typ vláken	A α	A β	A γ	A δ	B	C
μm	12-20	5-12	3-6	2-5	3	0,3-1,3
m/s	76-120	30-70	15-30	12-30	3-15	0,5-2,3
Citlivost na anestetika	malá	malá	malá	malá	střední	velká
Citlivost k hypoxii	střední	střední	střední	střední	velká	malá
Funkce	Proprio, Somatomotorika	Dotyk tlak	Motorika ke sval. vřeténkům	Bolest teplo	Pregangliová veget.	Bolest, Postgangliová sympatická

Zakončení různých typů sensitivních nervových vláken v míše.

Benninghoff, 2004

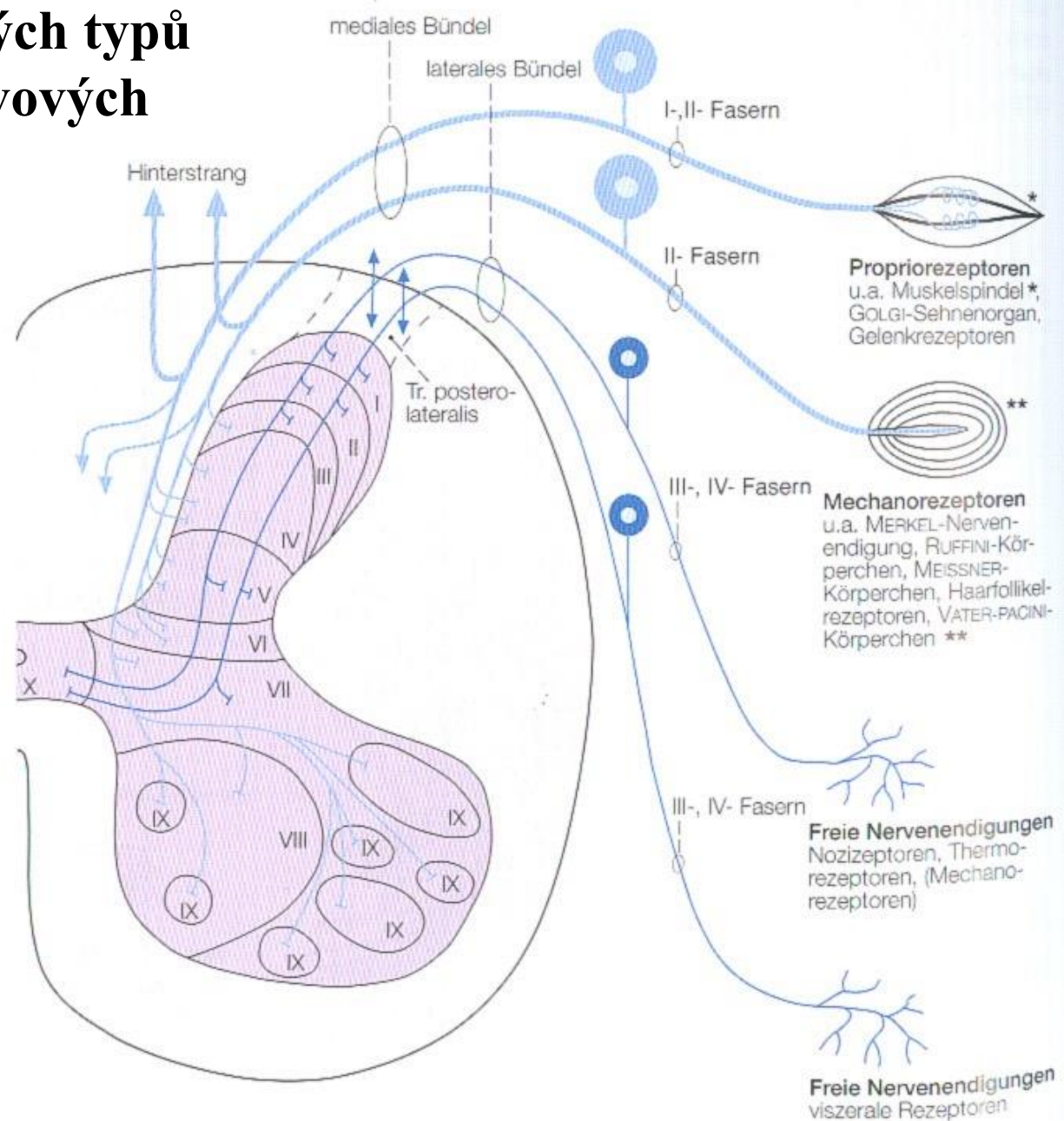
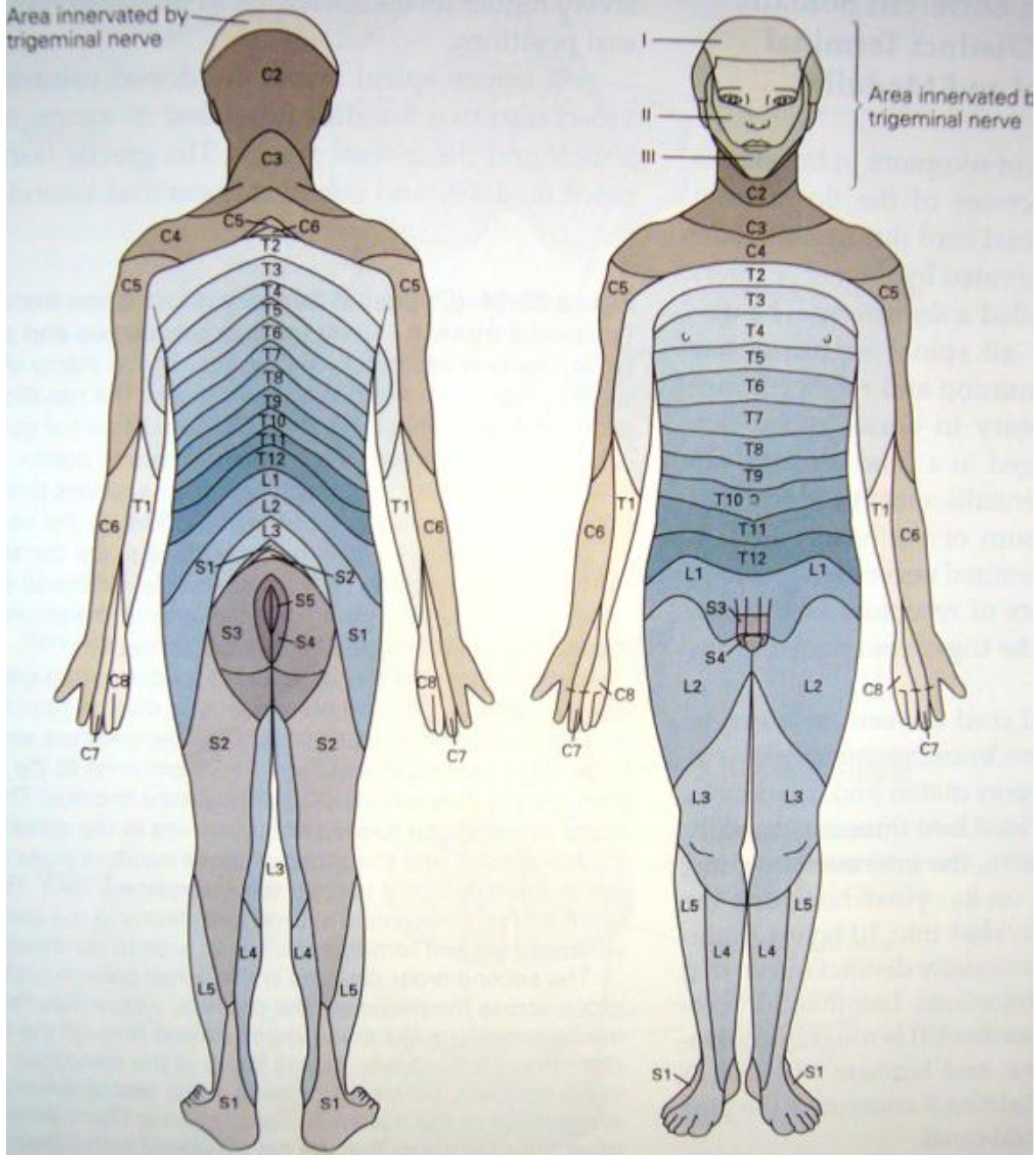
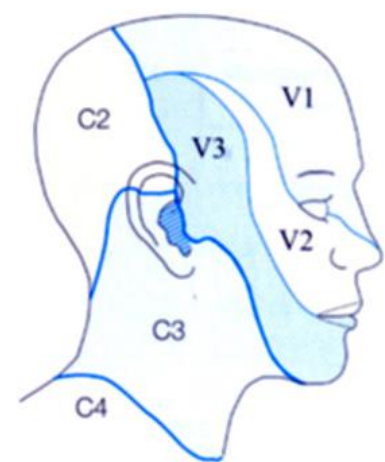


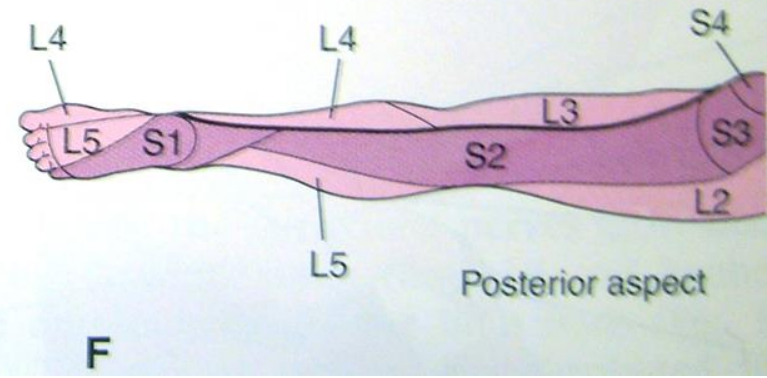
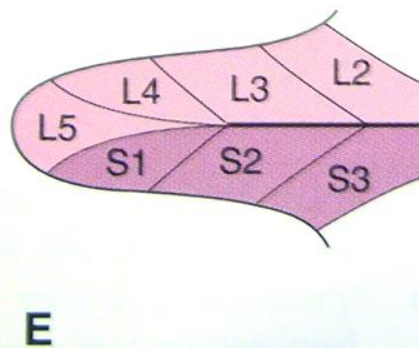
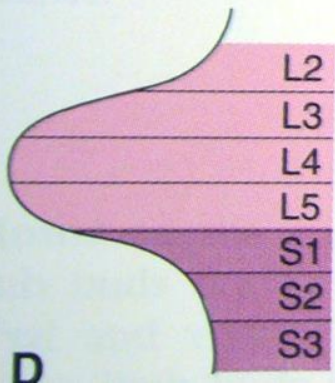
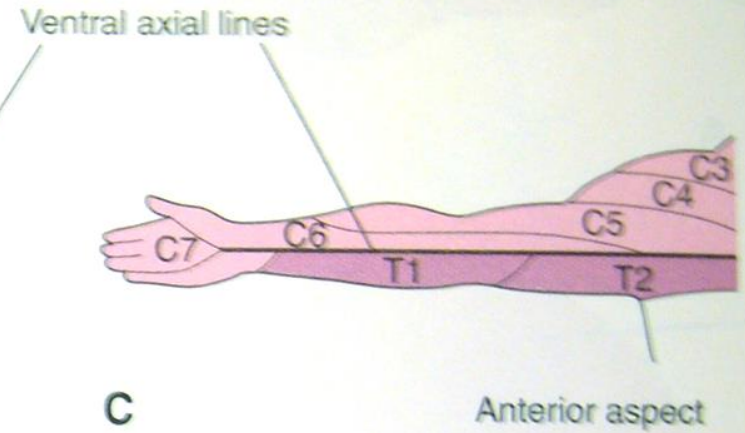
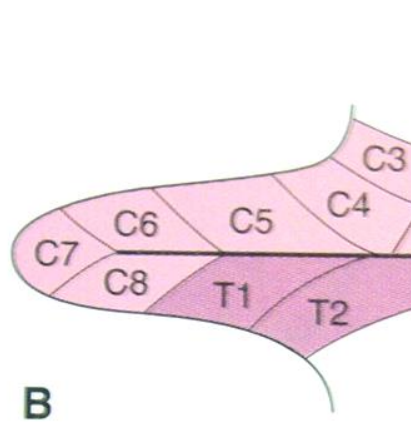
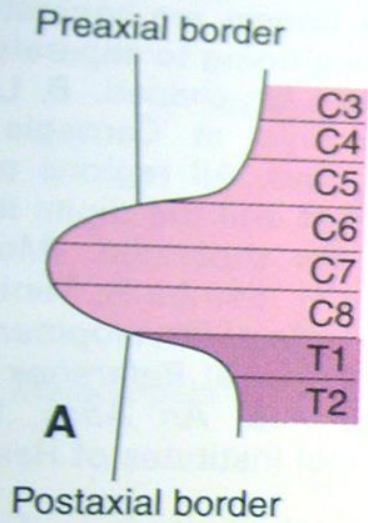
Abb. 12.4-34 Rezeptive Verbindungen und hauptsächlich laminäre Terminationen im Rückenmark von medialem und lateralem Bündel der Hinterwurzel (unteres zervikales Rückenmark). Die Primärafferenzen von Propriozeptoren und Mechanorezeptoren bilden nach Abgabe von Kollateralen die Hinterstränge. Weitere Einzelheiten im Text.



Dermatom - kožní oblast inervovaná z jednoho míšního segmentu



Vývoj kořenové inervace končetin



Embryonálně míšní nerv inervuje kožní okrsek a svalstvo pocházející z jednoho somitu.

V dospělosti segmentová úprava zachována pouze v oblasti mezižeberních a hlubokých zádových svalů.

Monosegmentová inervace je zachována pouze u mezižeberních a hlubokých zádových svalů.

Polysegmentální inervace - většina svalů vícesegmentový původ (na končetinách ze 2 - 3 míšních segmentů).

Kožní oblast inervovaná z jednoho míšního nervu - **dermatom**.

Area radicularis sensitiva - kožní oblasti i svaly a orgány sensitivně zásobené jedním míšním kořenem

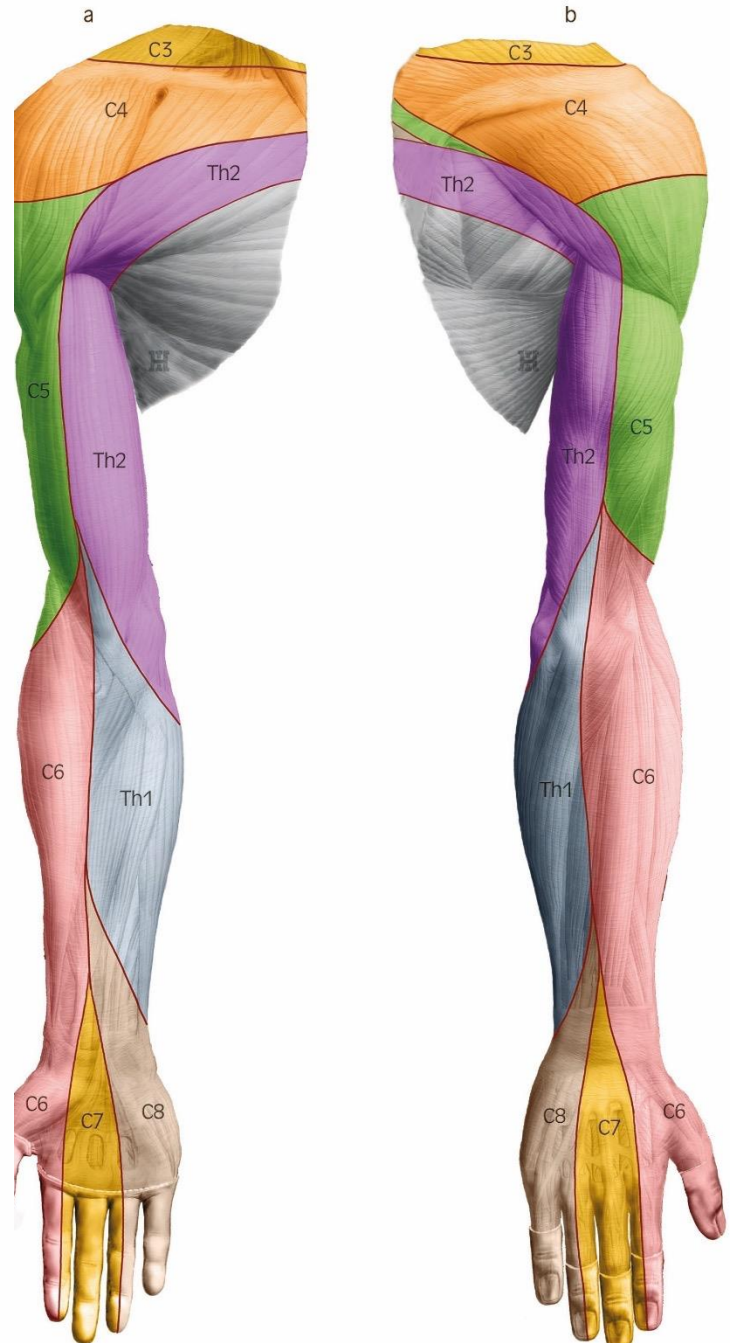
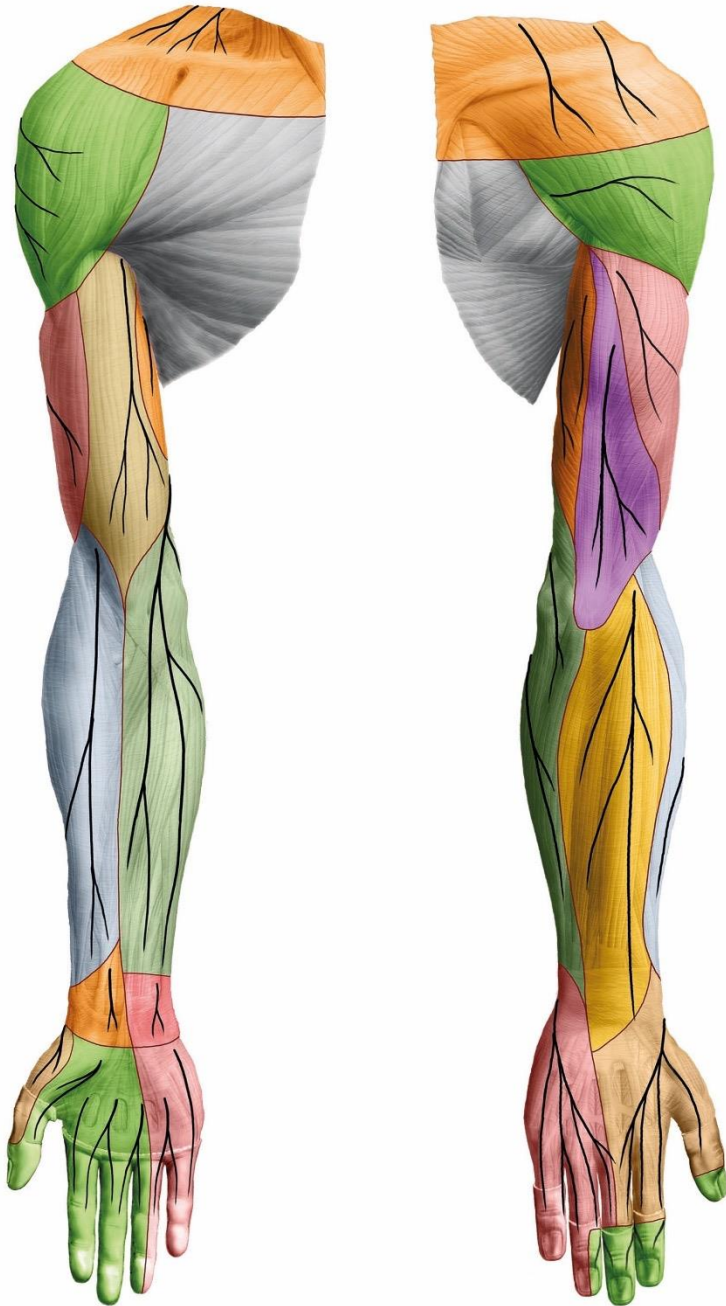
Area radicularis motorica - sval či jeho část inervovaná z jednoho předního míšního kořene

Area nervina - všechny struktury inervované z jednoho nervu

Areae nervinae

vs.

areae radicales



Útrobní kořenové okrsky

Z míšních nervů vedou senzitivní vlákna ke všem útrobám, jsou určena k vedení pocitu útrobní bolesti.

Těla těchto neuronů leží, stejně jako těla neuronů určených pro kožní inervaci, ve spinálních gangliích.

Viscerální bolest zpravidla vzniká náhlým roztažením orgánu či prudkou kontrakcí jeho hladké svaloviny.

Protože se během embryonálního vývoje mění poloha orgánů, jsou útrobní kořenové okrsky vzdálené od svých

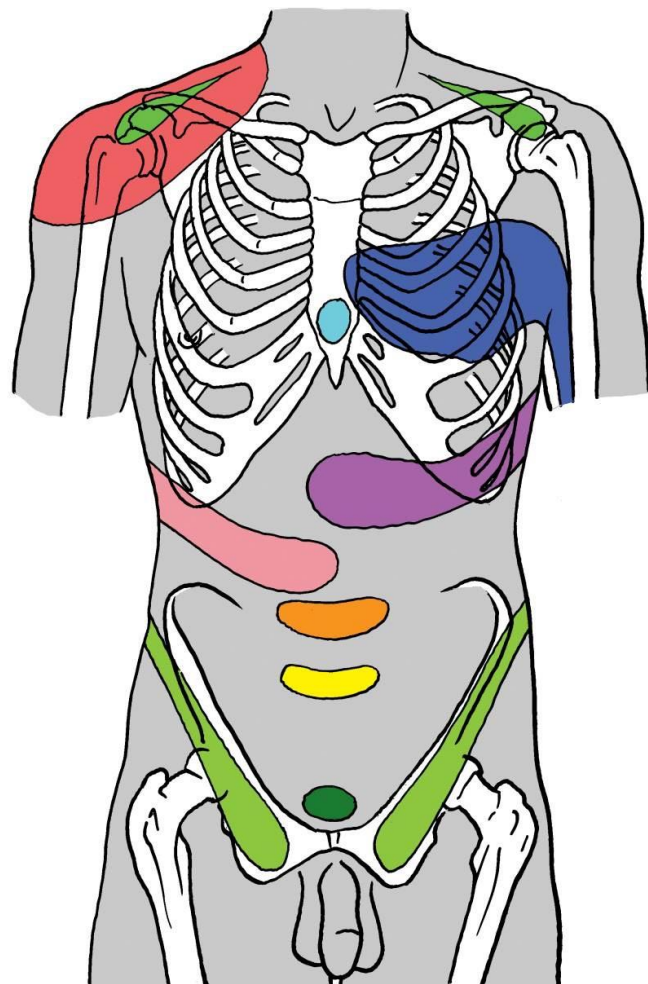
dermatomů. Při onemocnění orgánů dutiny hrudní či břišní se, ale některé kožní okrsky stávají citlivé na

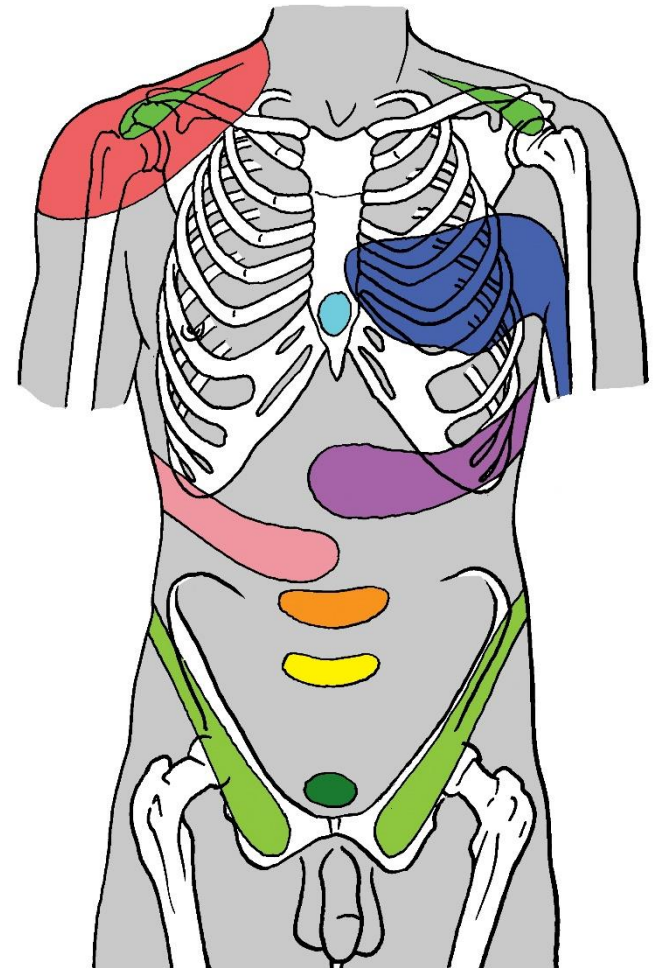
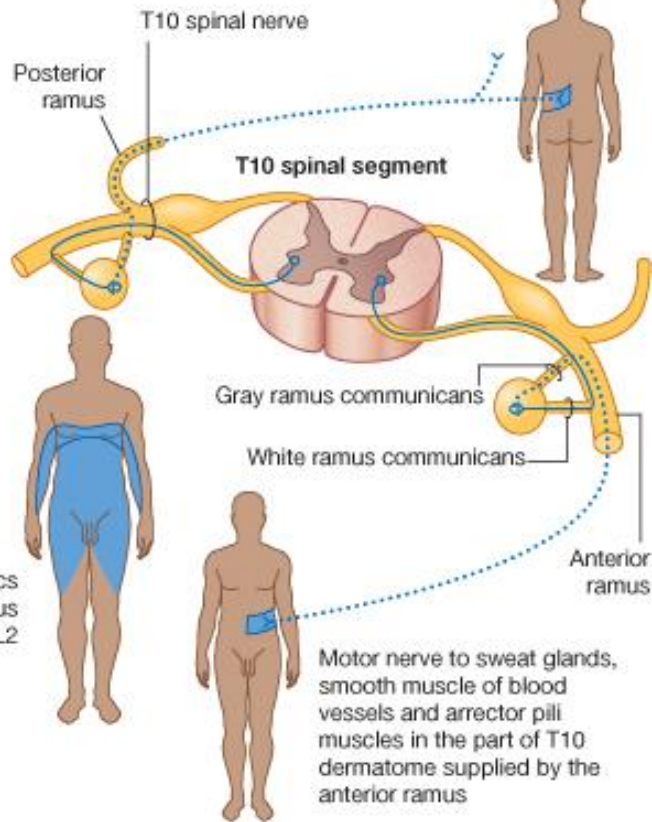
dotyk. Tyto kožní okrsky jsou označovány jako

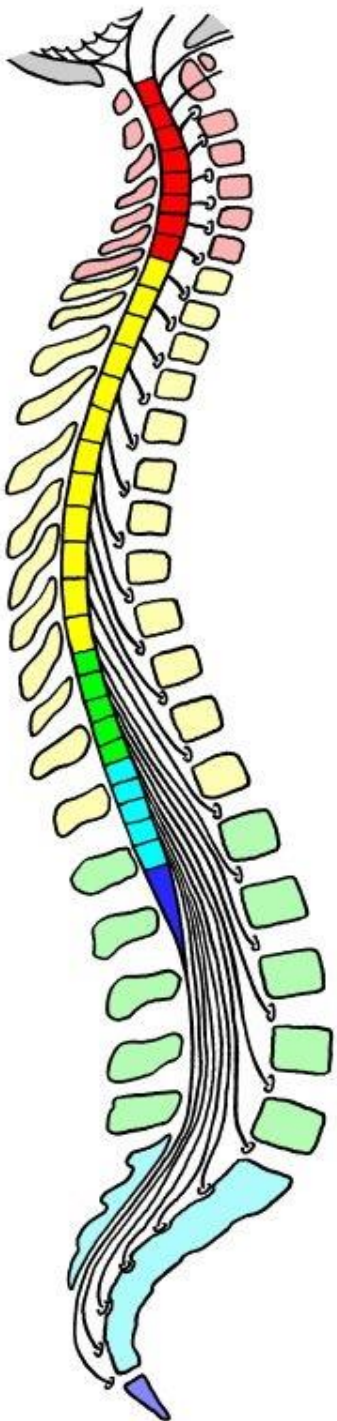
Headovy zóny. Kožní přecitlivělost při onemocnění jednotlivých orgánů je pravděpodobně způsobena tím, že bolestivé signály z orgánů zvyšují citlivost neuronů zadního míšního rohu na běžnou signalizaci z kůže.

Bolest vyzařuje do dermatomů, které jsou inervovány ze stejných míšních nervů jako příslušné orgány.

Předpokládá se, že bolestivé podněty z postiženého orgánu jsou v zadním míšním rohu a v thalamu chybně interpretovány jako kožní podněty. Nemocný ale bolest dobře lokalizuje, a tak není vyloučena ani účast korové etáže.







Vertebromedulární topografie

<i>Obratlové tělo</i>	<i>Míšní segment</i>
C1 - C4	C1 - C4
C5 - C6	C5 - C7
C7 - Th8	C8 - Th11
Th9 - Th10	Th12 – L3
Th11	L4 – L5
Th12 - L1	S1 – S5

Lumbální punkce L2/L3 L3/L4

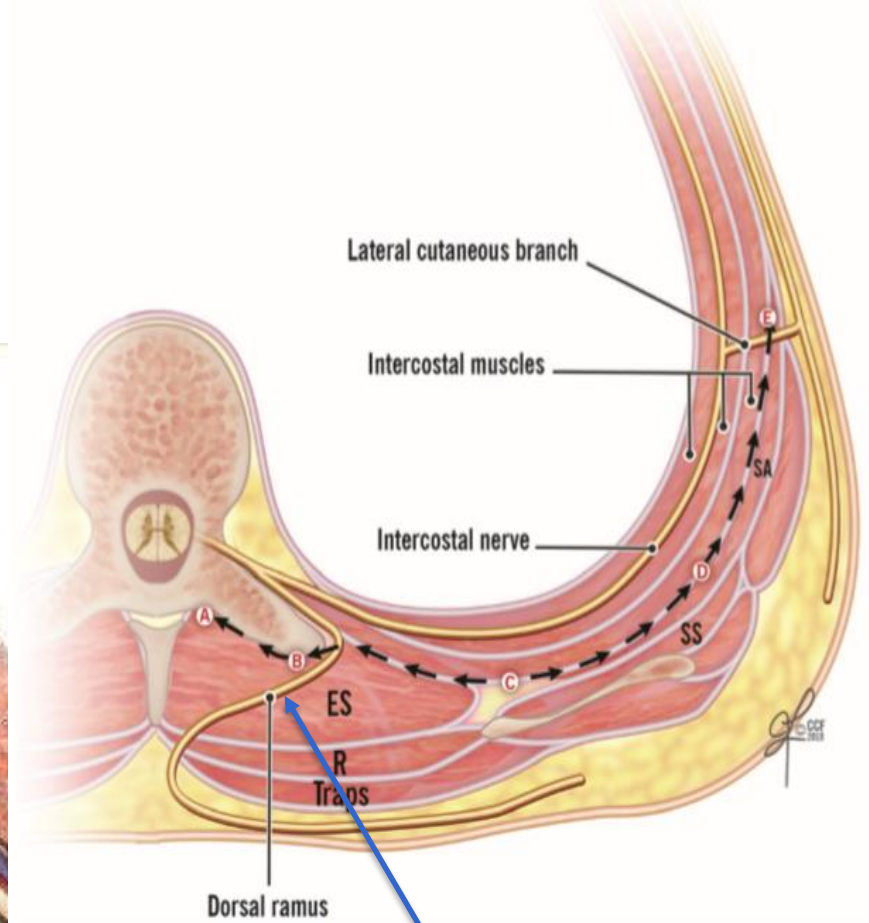
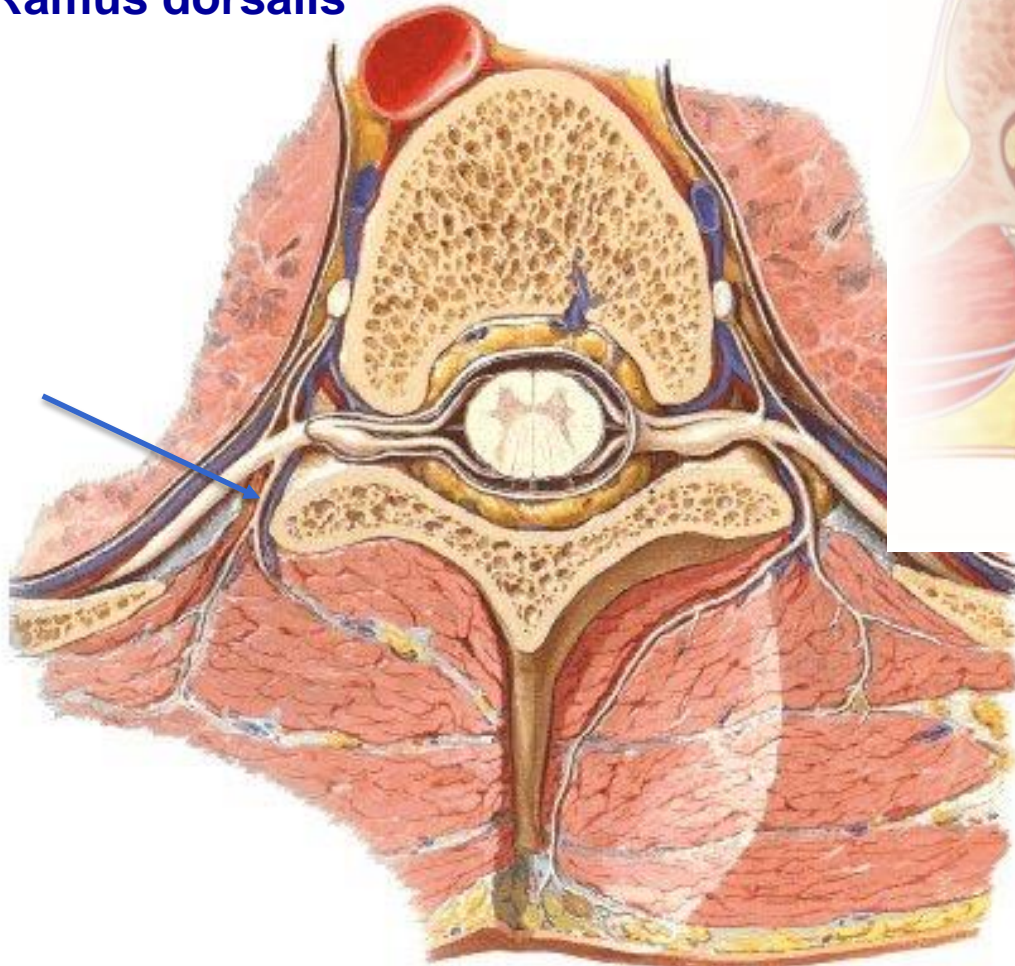
Rami dorsales

epaxiální svalstvo + kůže která je pokrývá
(šije, záda, křížová krajina , hýždě)

většinou zachovávají segmentální uspořádání
– tvoří plexy

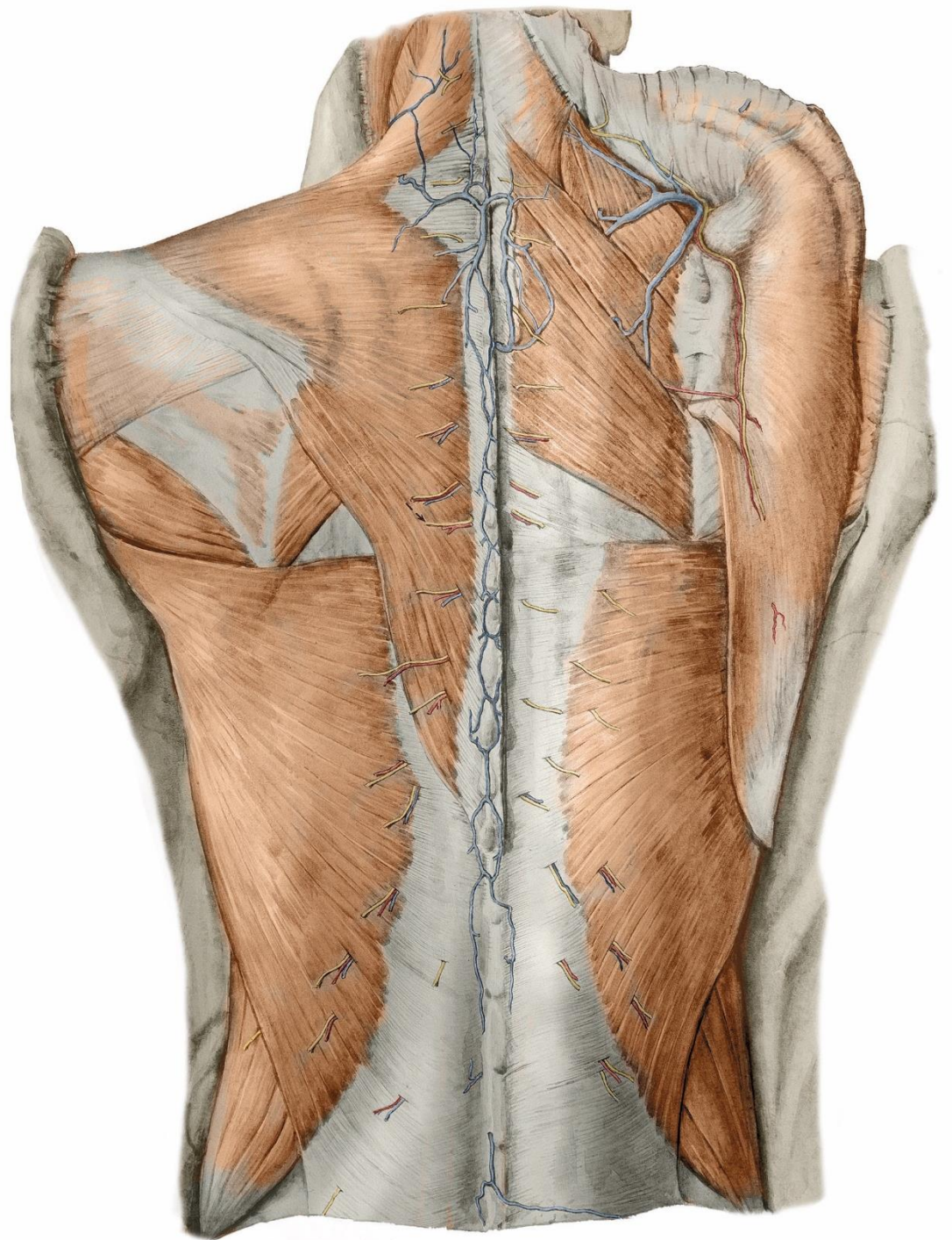
jako samostatné nervy se popisují:
nervy suboccipitálního trigona
nn. clunium superiores et medii

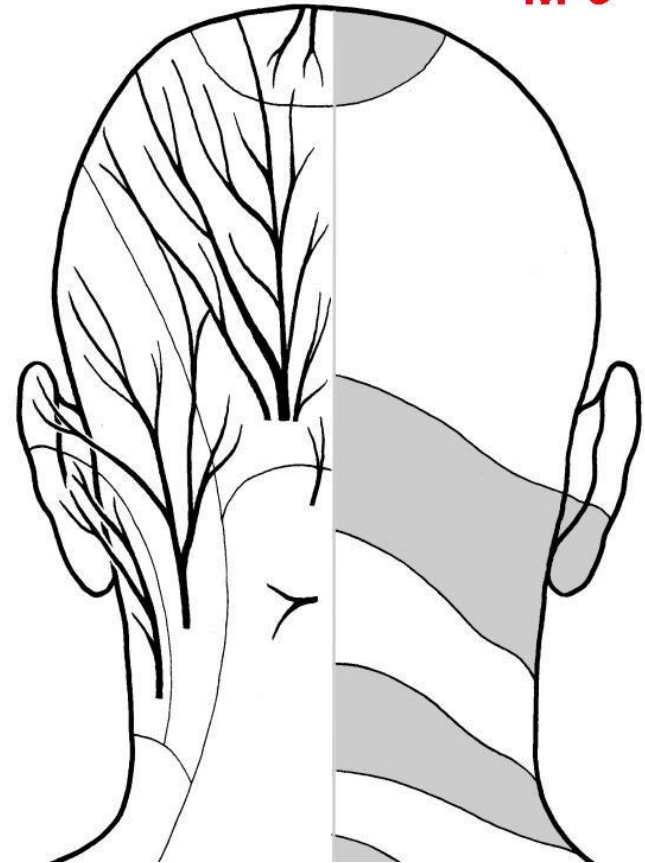
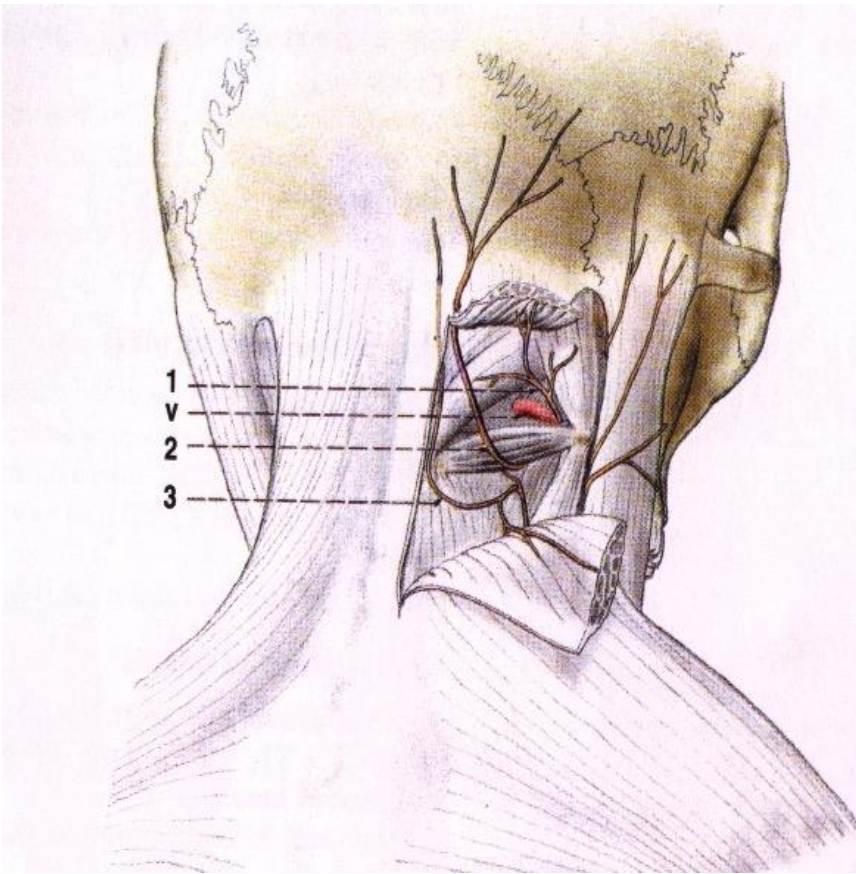
Ramus dorsalis



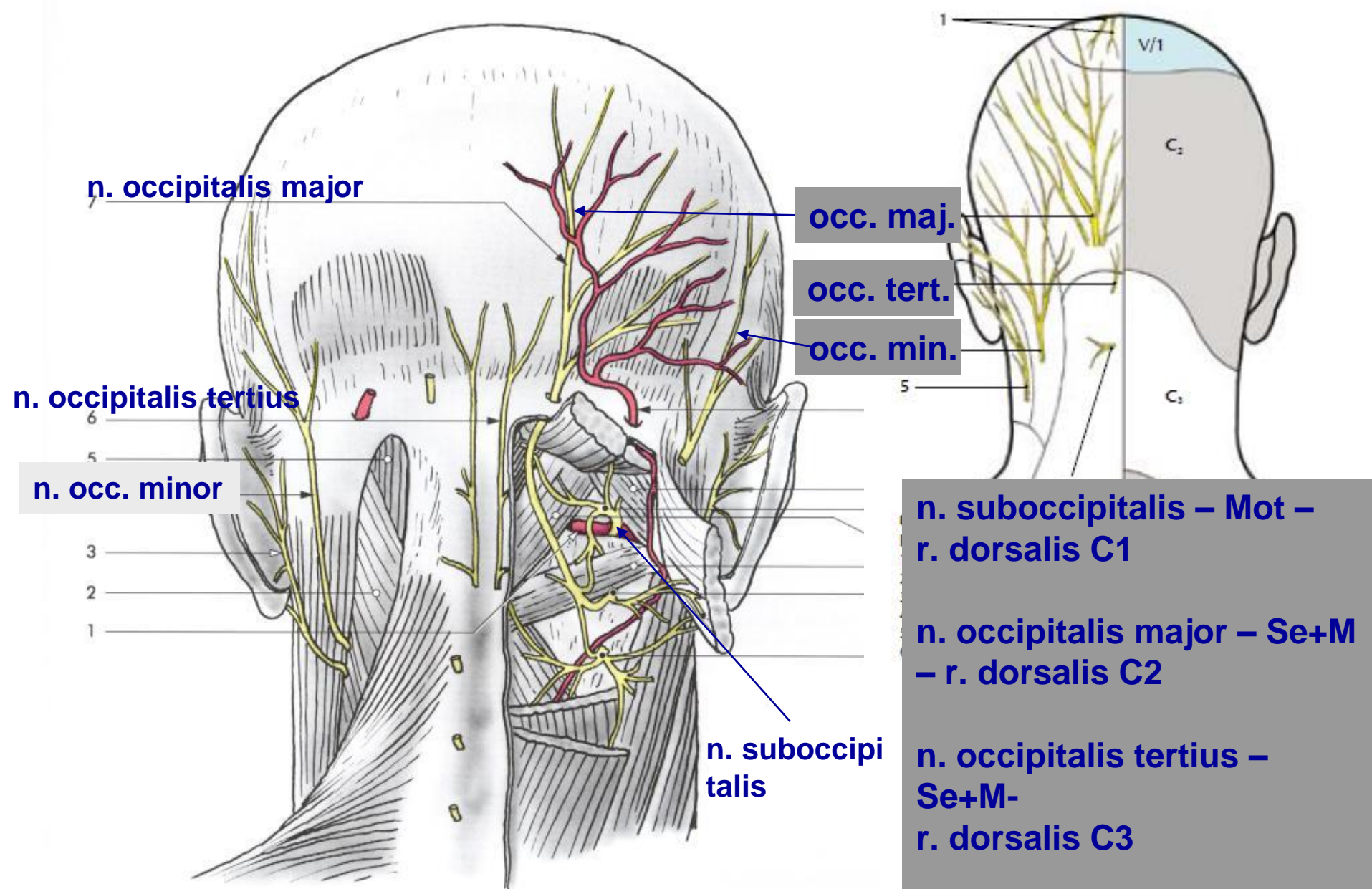
Ramus dorsalis

Svalové i senzitivní větve





**n.suboccipitalis, n. occipitalis major,
n. occipitalis tertius**



Obr. 15.4.3. Regio nuchalis, trigonum suboccipitale. 1 – a. vertebralis, 2 – m. splenius capitis, 3 – m. auricularis magnus, 4 – n. occipitalis minor, 5 – m. semispinalis capitis, 6 – n. occipitalis tertius, 7 – n. occipitalis major, 8 – a. occipitalis, 9 – m. obliquus capitis sup., 10 – n. suboccipitalis, 11 – m. rectus capitis post. major, 12 – m. obliquus capitis inf., 13 – r. dorsalis n. cervicalis II, 14 – r. dorsalis n. cervicalis III

**n. suboccipitalis – Mot –
r. dorsalis C1**

**n. occipitalis major – Se+M –
r. dorsalis C2**

**n. occipitalis tertius –
Se+M –
r. dorsalis C3**

**n. occipitalis minor,
n. auricularis magnus – Se
– pl. cervicalis**

Nn. clunium superiores

Lumbodorsal aponeurosis

Superior cluneal nerve

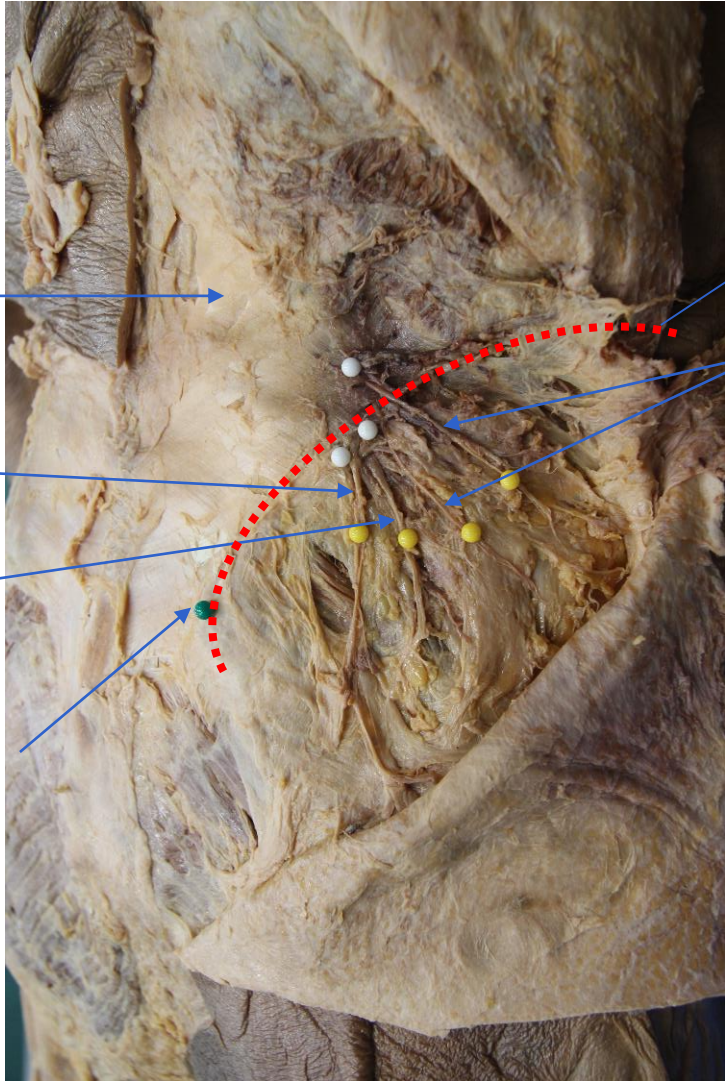
Medial branches

Intermediate branch

Posterior superior iliac spine

Iliac crest

Lateral branches



right

Nn. clunium superiores

Superior cluneal nerve

Same picture in detail



right

**Rami ventrales – hypaxiální svalstvo +
přilehlá kůže**

(M, S, A vlákna)

tvorí pleteně

Pl. cervicalis C1 – C4

Pl. brachialis C4-Th1

Nn. thoracici Th1-Th12

Pl. lumbalis Th12-L4

Pl. sacralis L4, L5, S1-S5,Co

Plexus cervicalis (C1-C4)

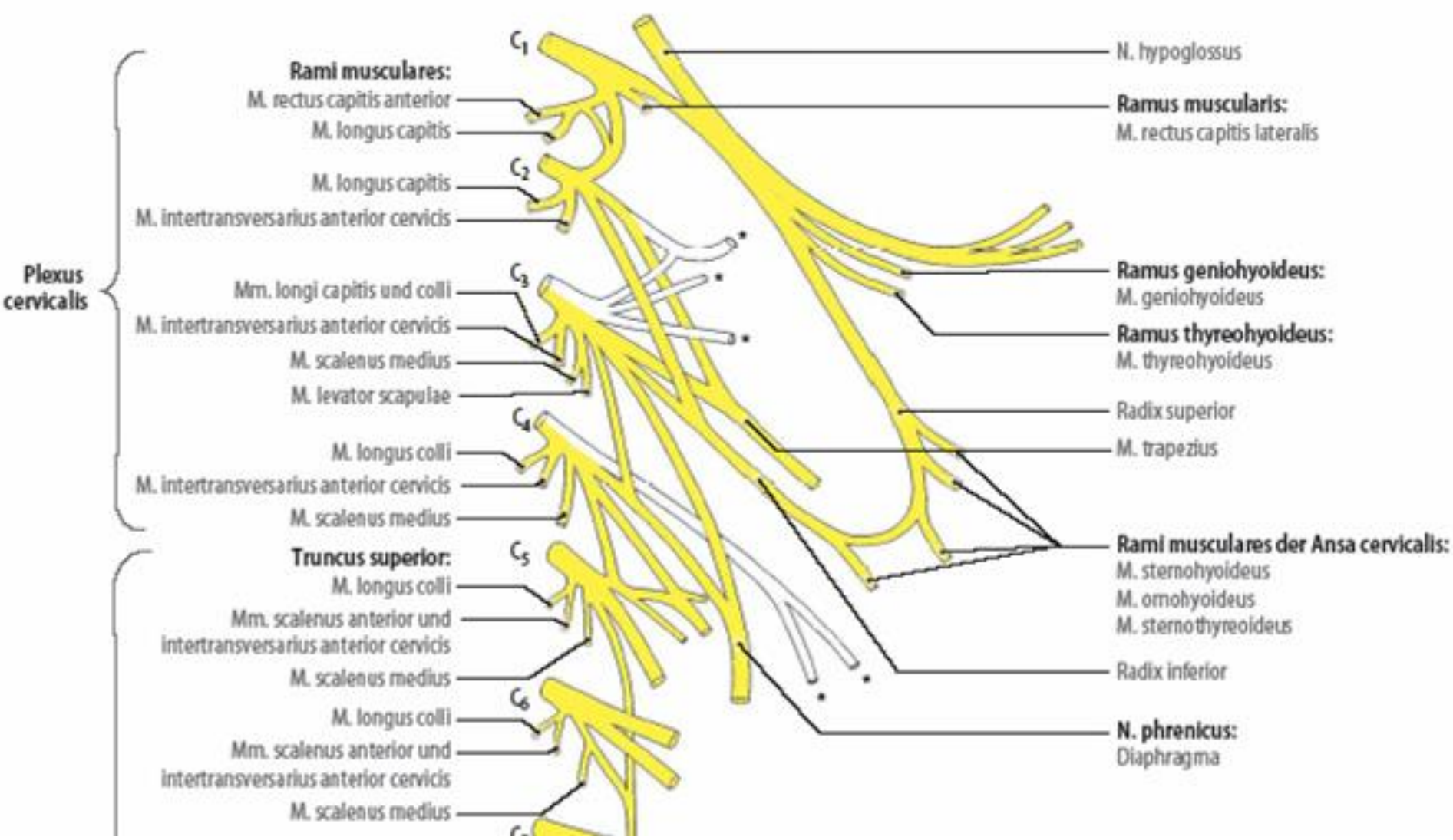
- **Senzitivní nervy**

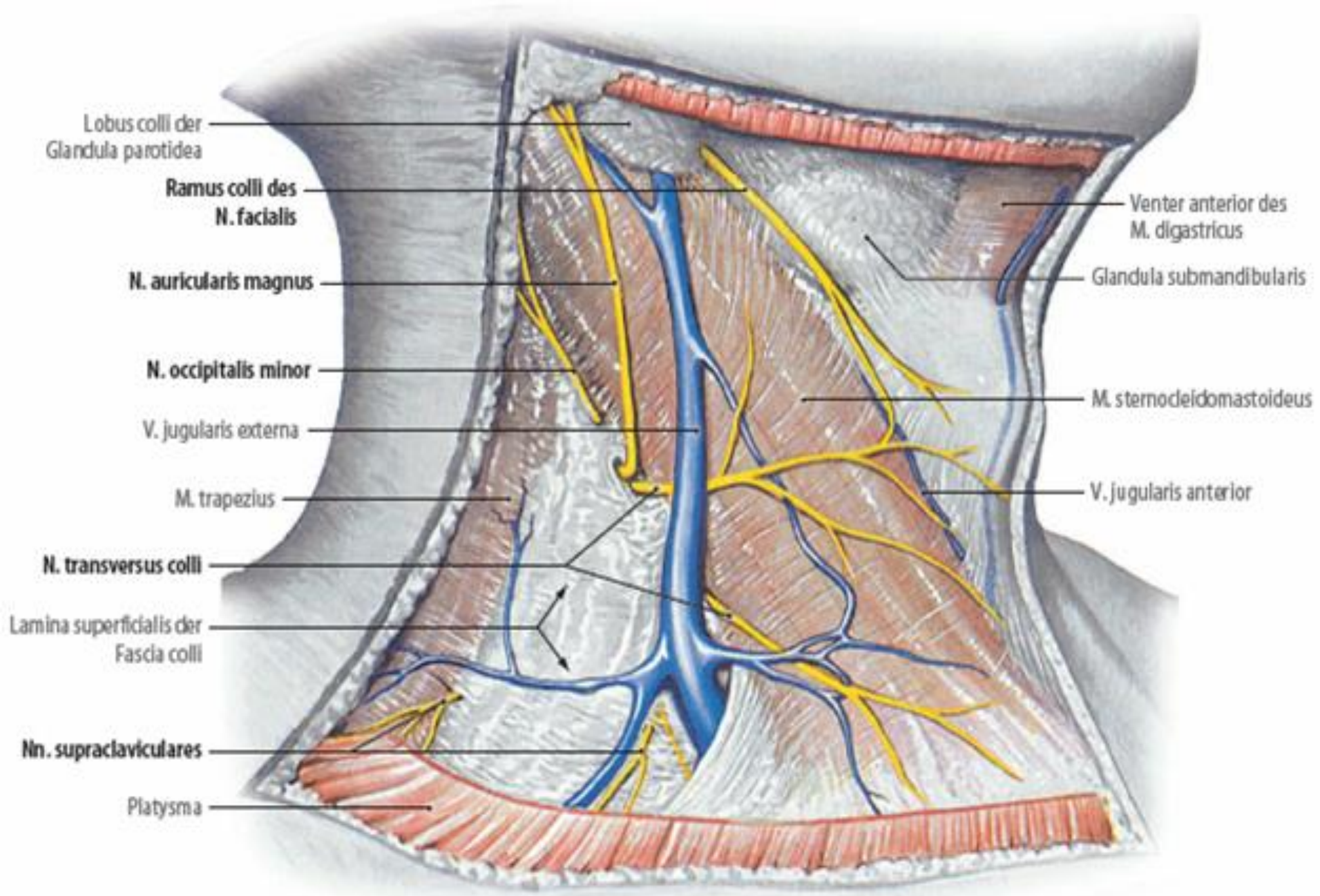
Nn. supraclaviculares

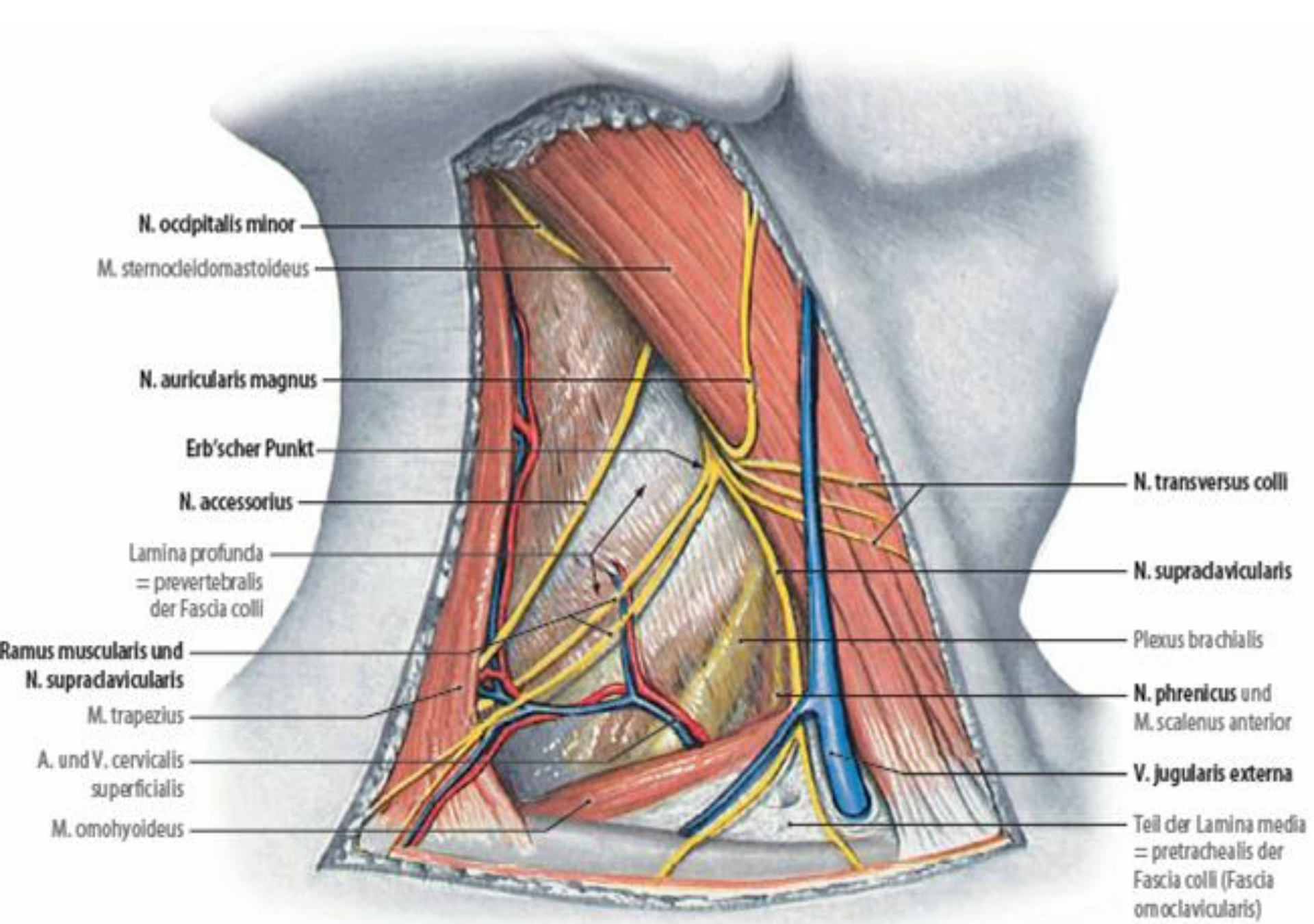
- **Vystupují v punctum nervorum**
- **N. phrenicus – pleura, pericard, peritoneum kryjící bránici**

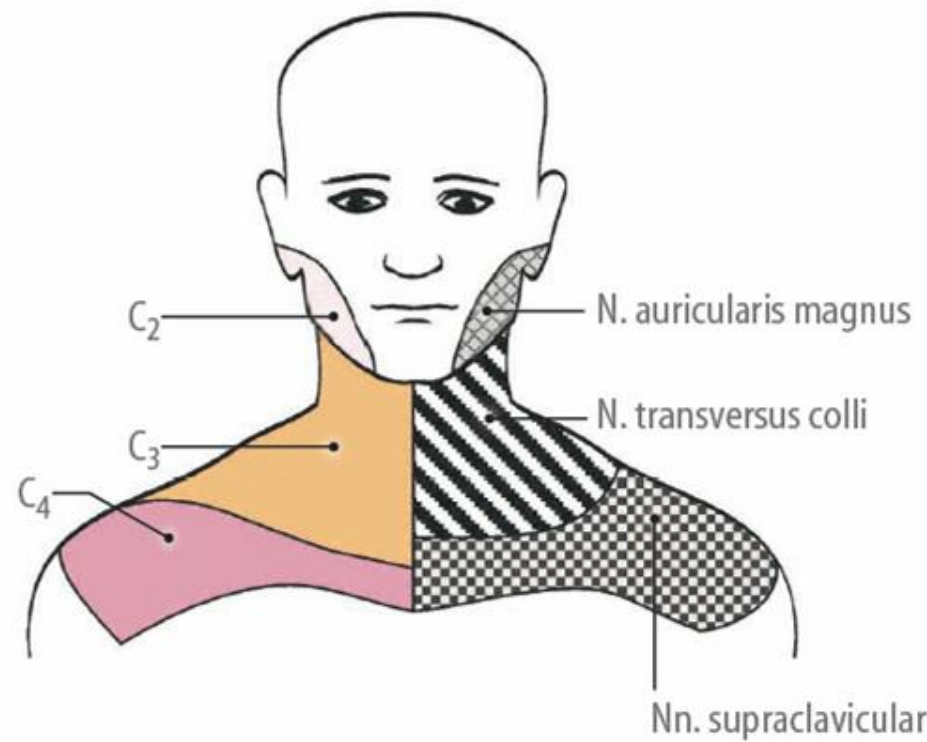
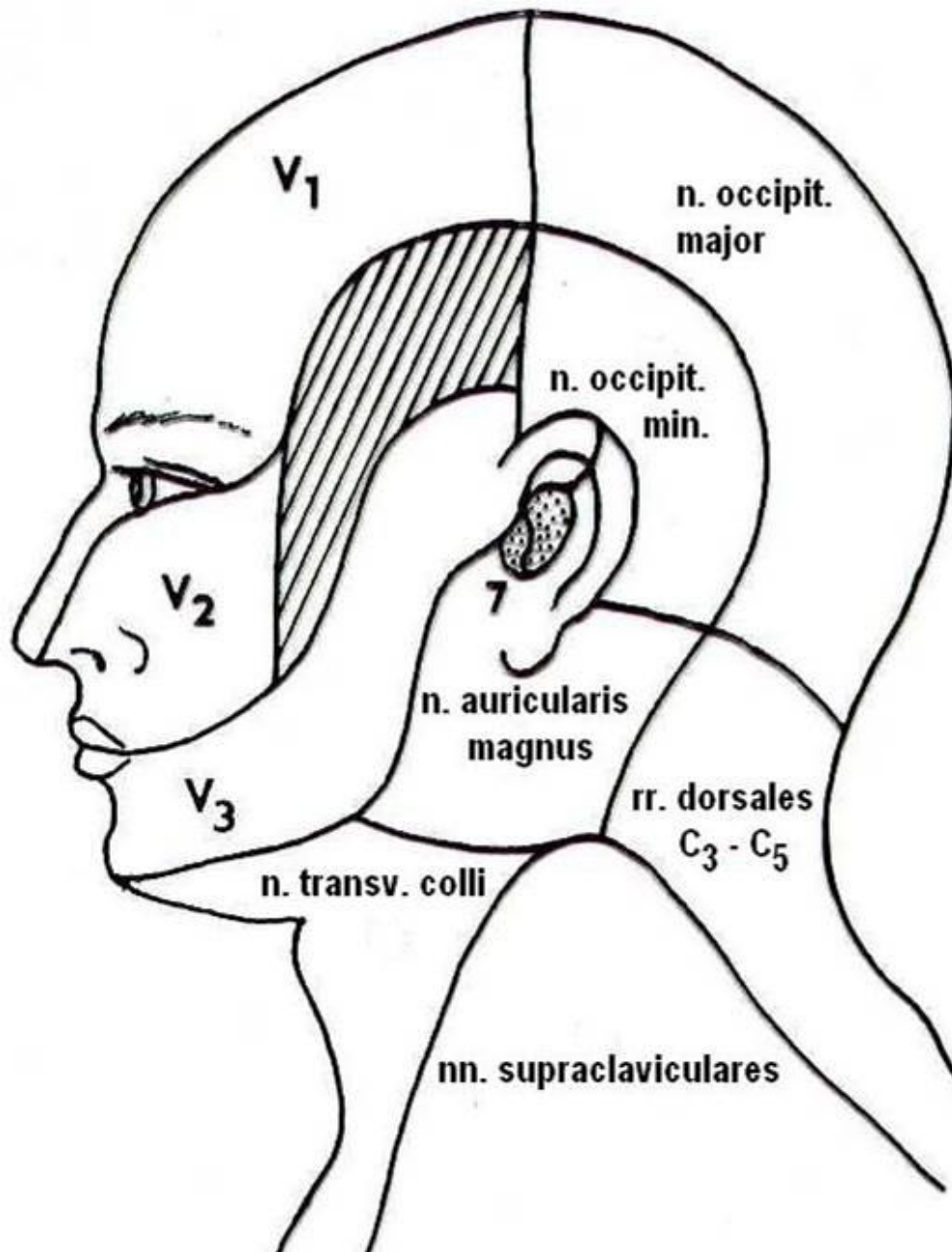
- **Motorické nervy**

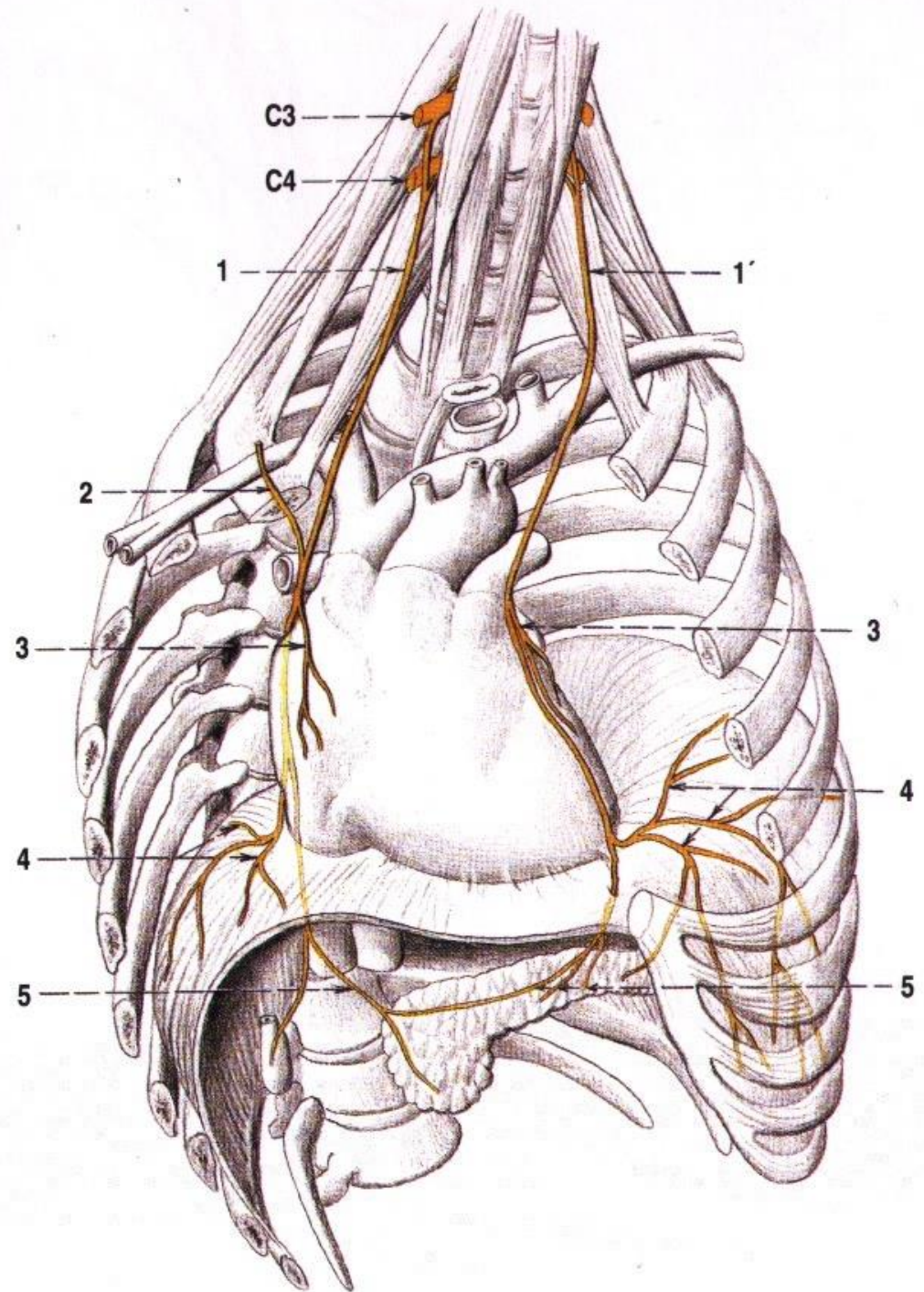
- **Hluboké svaly krční**
- **Infrahyoidní svaly (ansa cervicalis profunda)**
- **N. phrenicus (C 3-4)**



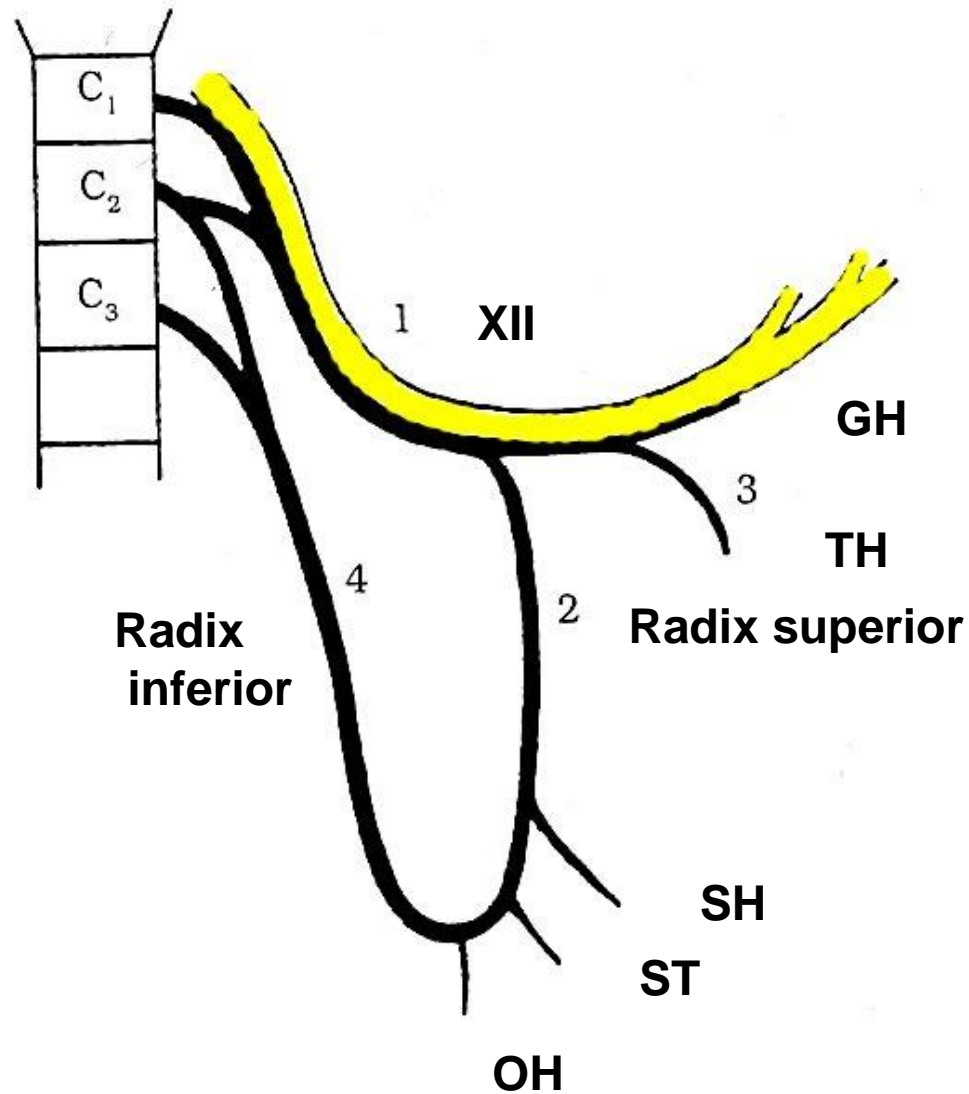




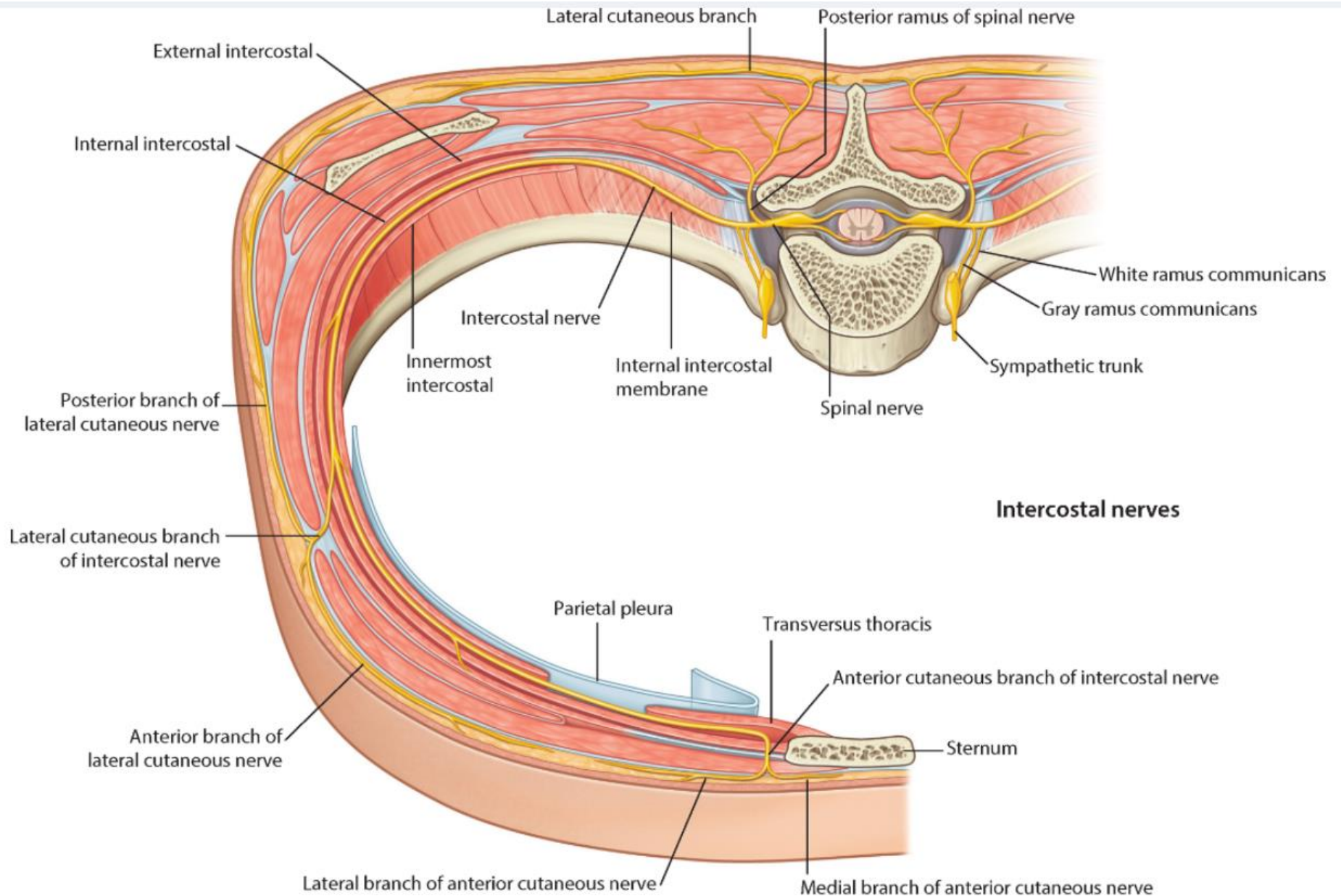




Ansa cervicalis profunda



Úprava n. intercostalis v oblasti hrudníku



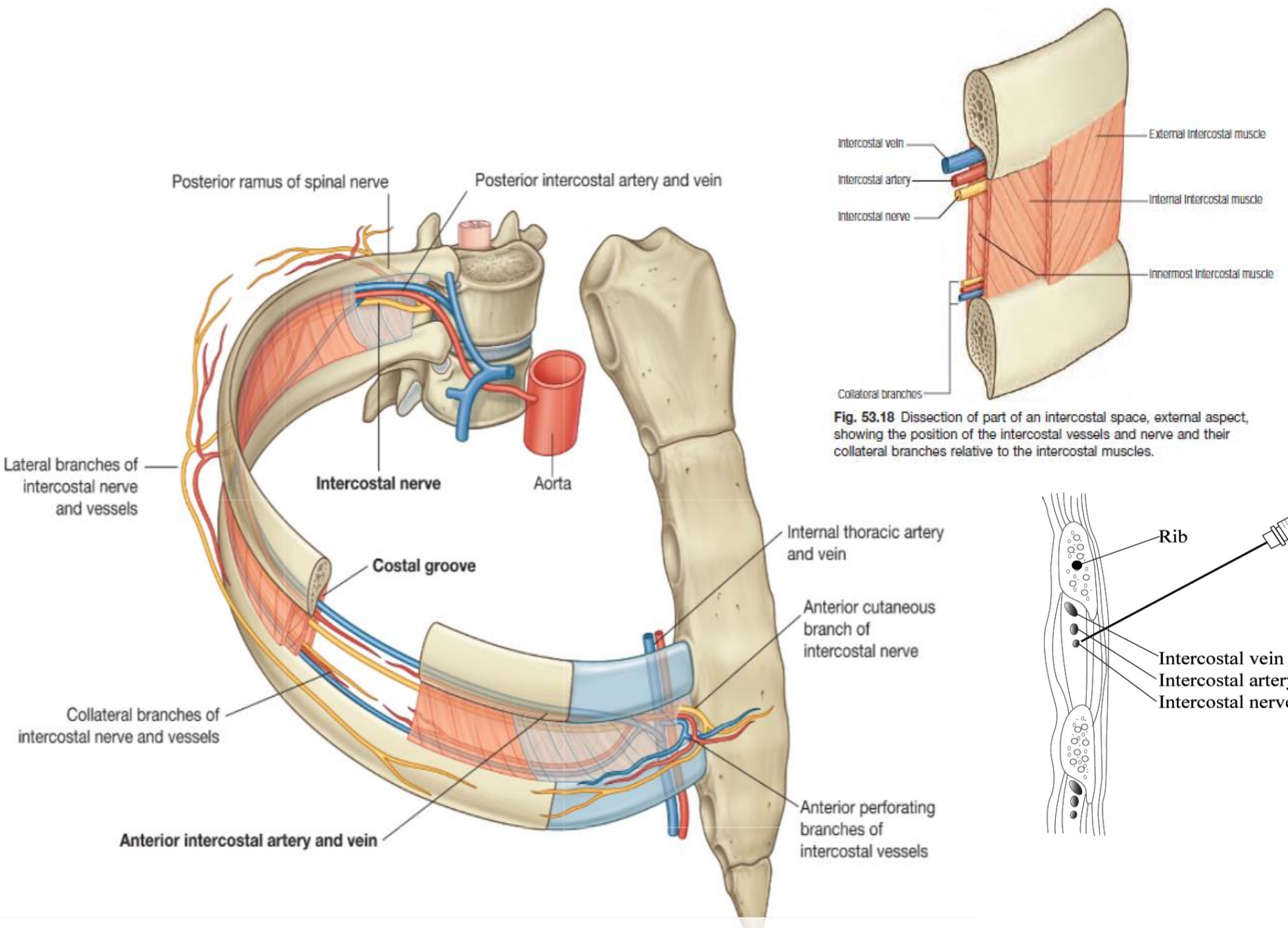
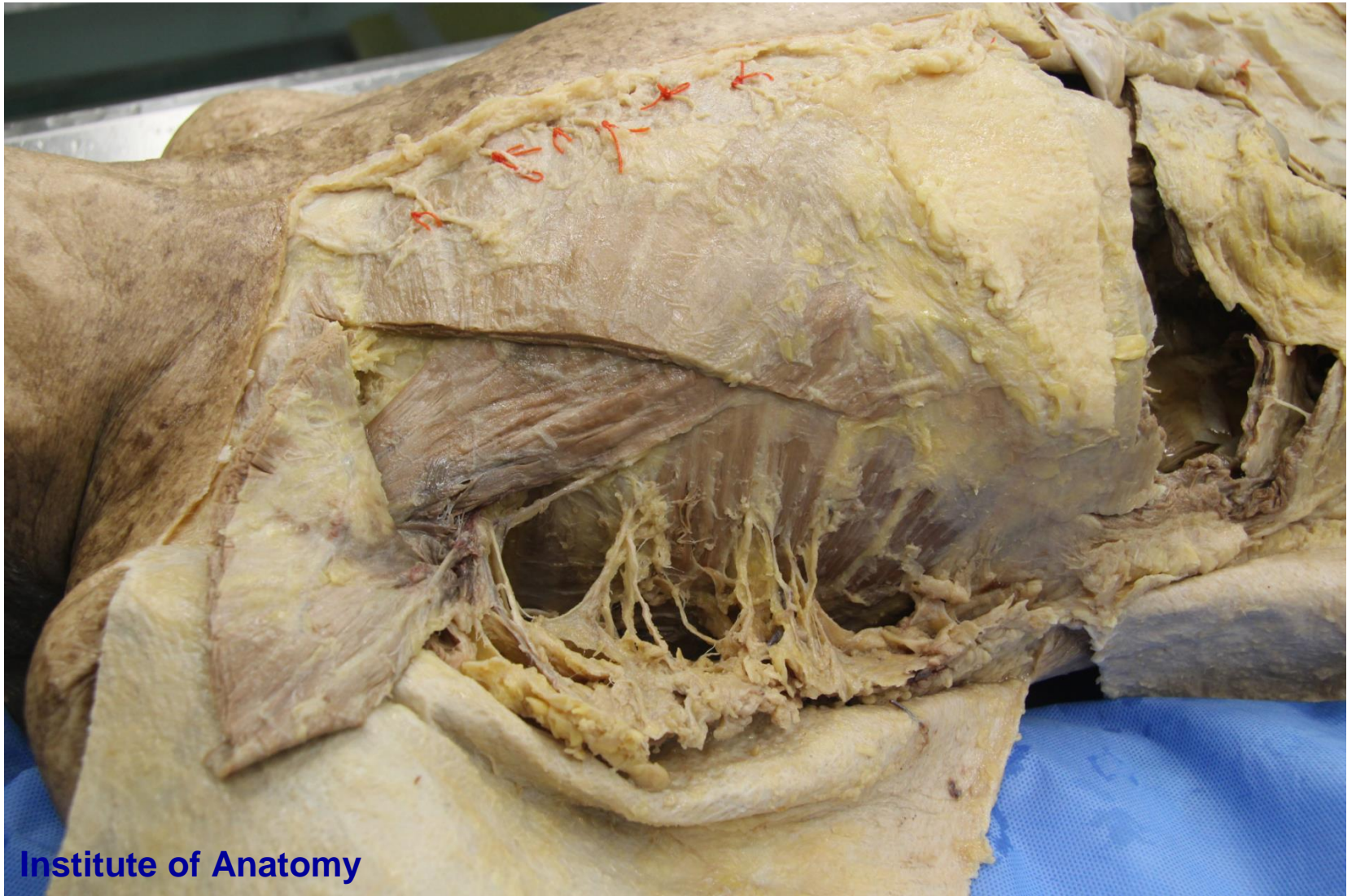
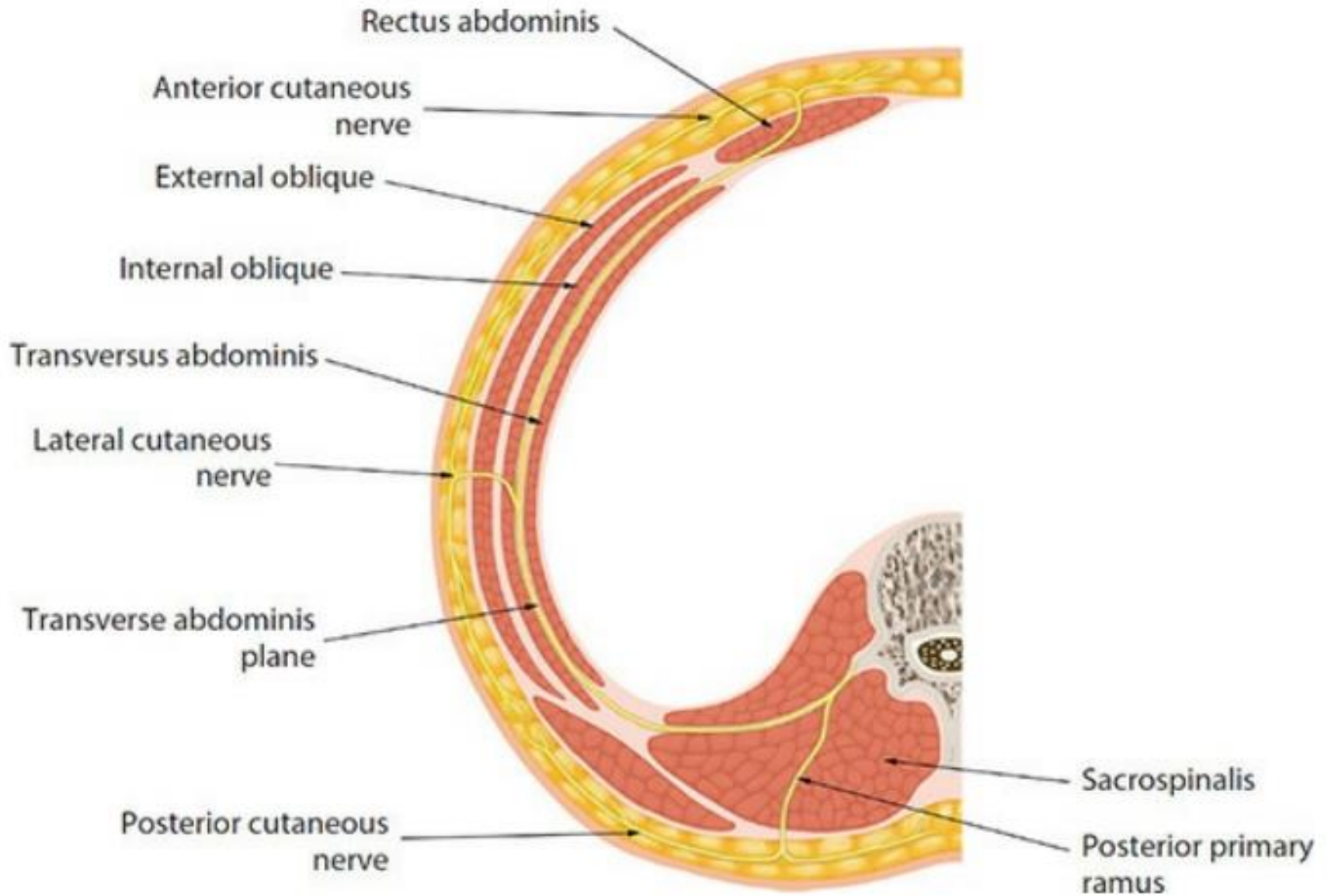


Fig. 53.18 Dissection of part of an intercostal space, external aspect, showing the position of the intercostal vessels and nerve and their collateral branches relative to the intercostal muscles.

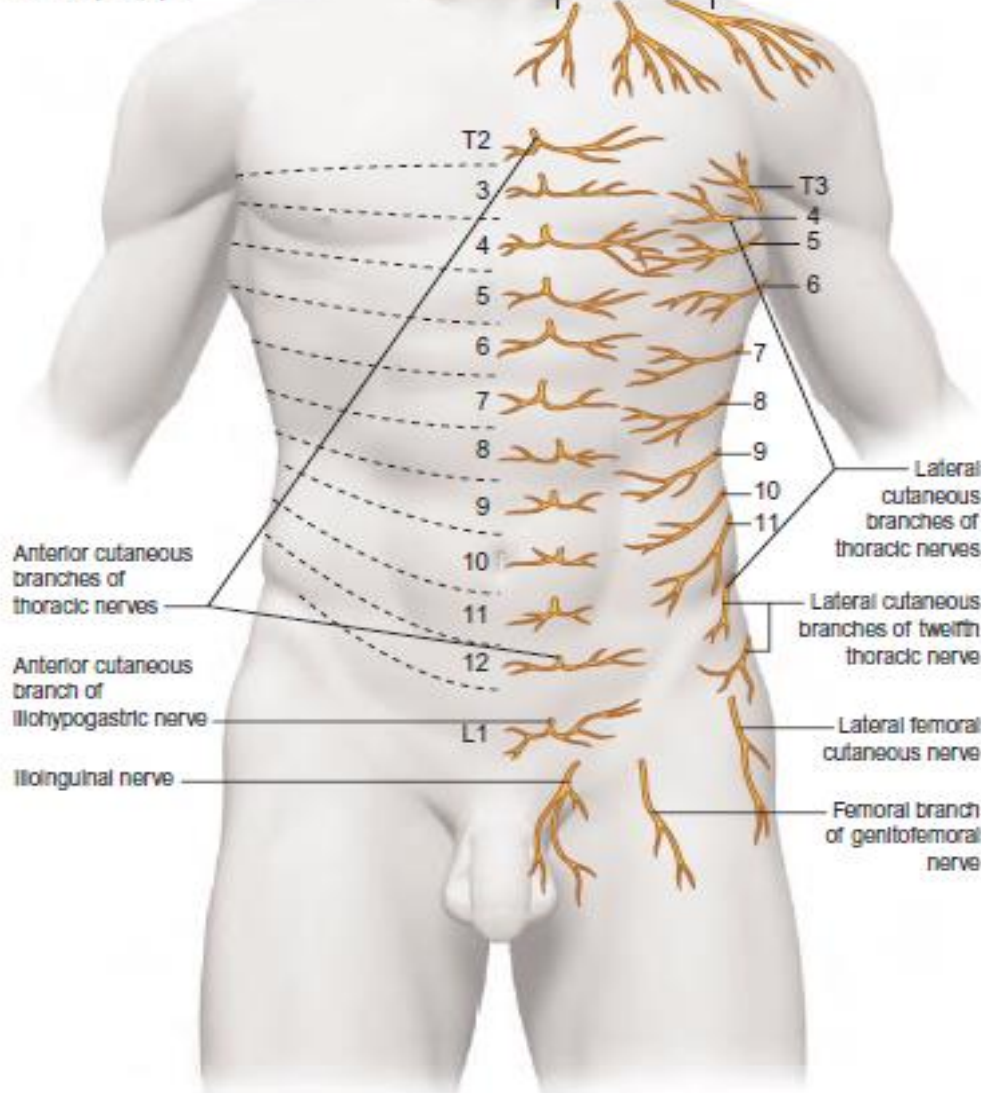


Institute of Anatomy

Úprava n. intercostalis v oblasti břišní stěny + inervace břišní stěny



Medial, intermediate and lateral supraclavicular nerves (C3,4)



**Senzitivní inervace přední stěny trupu
- ventrální větve míšních nervů - více zdrojů**

hrudník

**nn. supraclaviculares
(pl. cervicalis C1-4)**

nn. intercostales (Th2-Th6)

břicho

nn. intercostales (Th7 – 11)

pl. lumbalis (Th12-L4)

n. subcostalis

n. iliohypogastricus

n. ilioinguinalis

Fig. 53.3 The approximate segmental distribution of the cutaneous nerves on the anterior trunk. The contribution from the first thoracic spinal nerve is not shown and the considerable overlap that occurs between adjacent segments is not indicated.

Regenerace v PNS

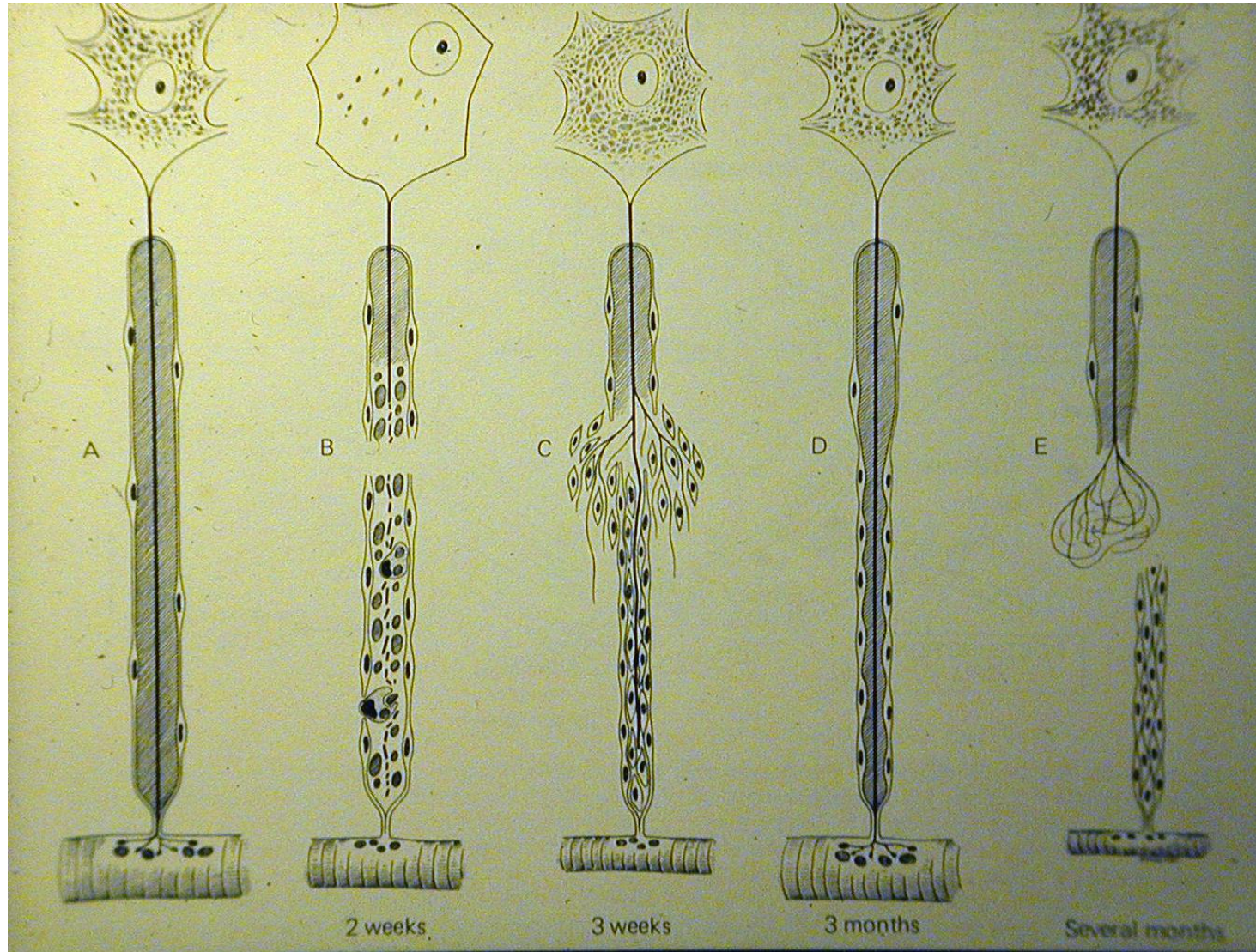
- 1. Walerův zákon – degenerace
- 2. Walerův zákon – regenerace

Lépe vegetativní vlákna, pak sensitivní,
nejhůře motorická

Podkladem je nepoškozené tělo a zachování
kontinuity myelinové pochvy

2 mm/3 dny, 3 týdny zdržení v jizvě

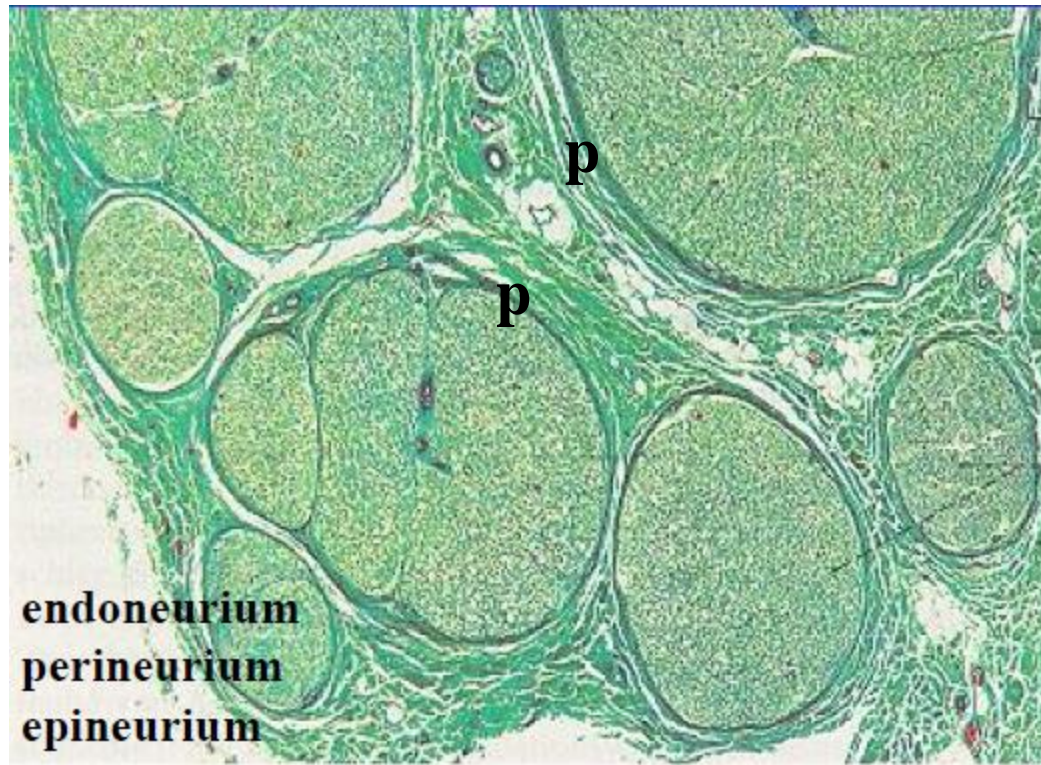
Průběh reakce axonu na přerušení. Pokud axon vyrůstající z centrálního pahýlu vrostle do periferního pahýlu (C, D), je kontinuita obnovena. Pokud nenaváže na periferní pahýl, není spojení obnoveno (E).



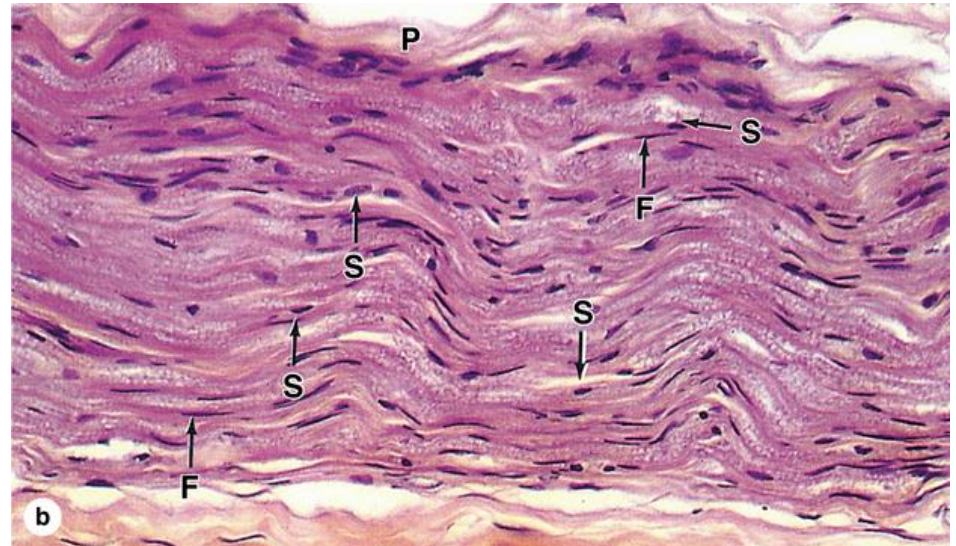
Obaly periferního nervu

Perineurální epitel (p) je pokračováním neurothelu z obalů CNS; má funkci bariéry.

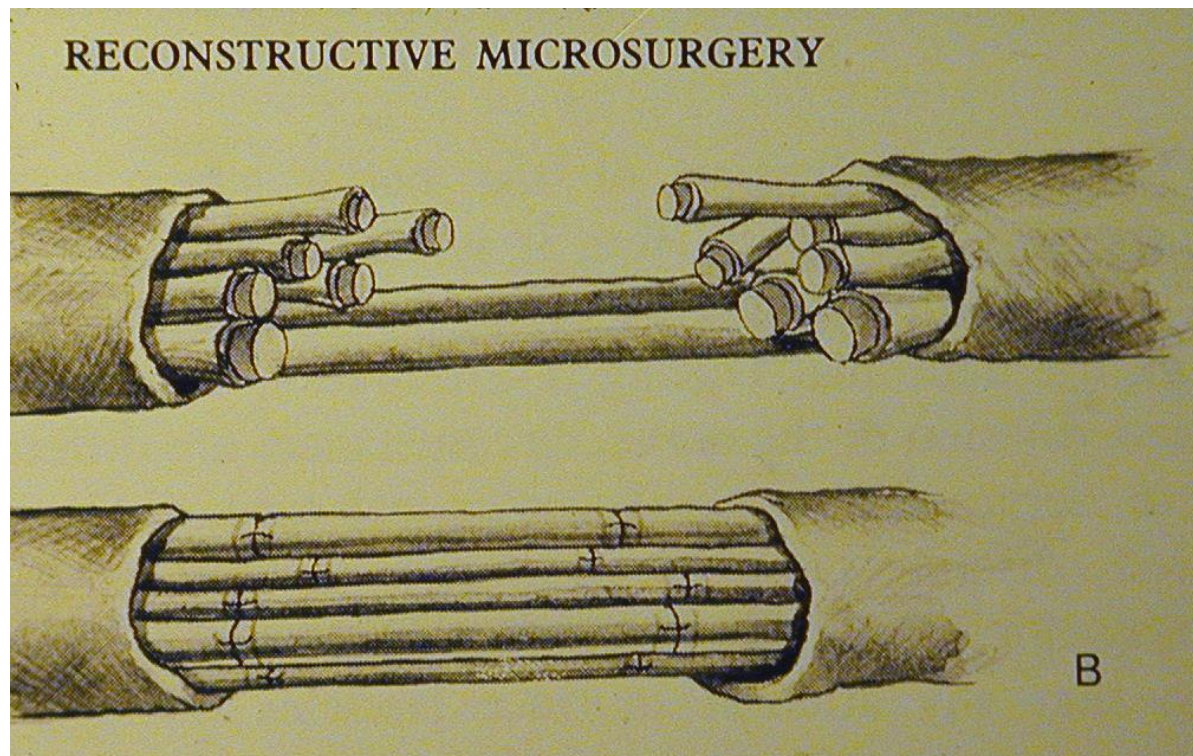
Při sutuře periferního nervu se sešívají jednotlivé fascikly stehem



Vlnitý průběh nervových vláken (wavy course, undulating course) v periferním nervu představuje rezervu pro natažení nervu při extenzi končetiny



Na nervovém kmenu je zvlnění patrné při šikmém osvětlení jako spirálovitě probíhající světlé a tmavé pruhy (Fontanovy pruhy).



Překlenutí částečného defektu periferního nervového kmene při sutuře bez napětí pomocí štěpů získaných z jiného, méně významného periferního nervu. Jsou spojovány jednotlivé fascikly suturou perineuria. Na povrchu perif. nervového kmene je znázorněno epineurium.



Vegetativní nervový systém

Autonomní (vegetativní) nervový systém zahrnuje ty nervy, které inervují hladkou svalovinu v cévách a orgánech, žlázy a srdce. Tento systém nepodléhá volní kontrole a dle svých převažujících účinků se člení na pars parasymphathica a pars symphathica.

Autonomní nervový systém je vývojově starý systém, který pomáhal organismu přežít a reagovat na nepříznivé situace. Sympatikus aktivuje organismus k obraně či útěku – zvyšuje srdeční frekvenci a krevní tlak, rozšiřuje koronární tepny a bronchy, snižuje aktivitu trávicí soustavy.

Parasympatikus vede ke snížení srdeční frekvence a tlaku a zvyšuje aktivitu trávicího systému. Oba systémy působí na jednotlivé orgánové systémy na první pohled antagonisticky, spíše se však jedná o koordinovanou souhru, která má zajistit optimální funkce organismu.

Parasympatikus

jádra v mozgovém kmenu u jader NC

III. - ncl. oculomotorius accesorius

VII. - ncl. salivatorius superior

IX. - ncl. salivatorius inferior

X. - ncl. dorsalis n. vagi

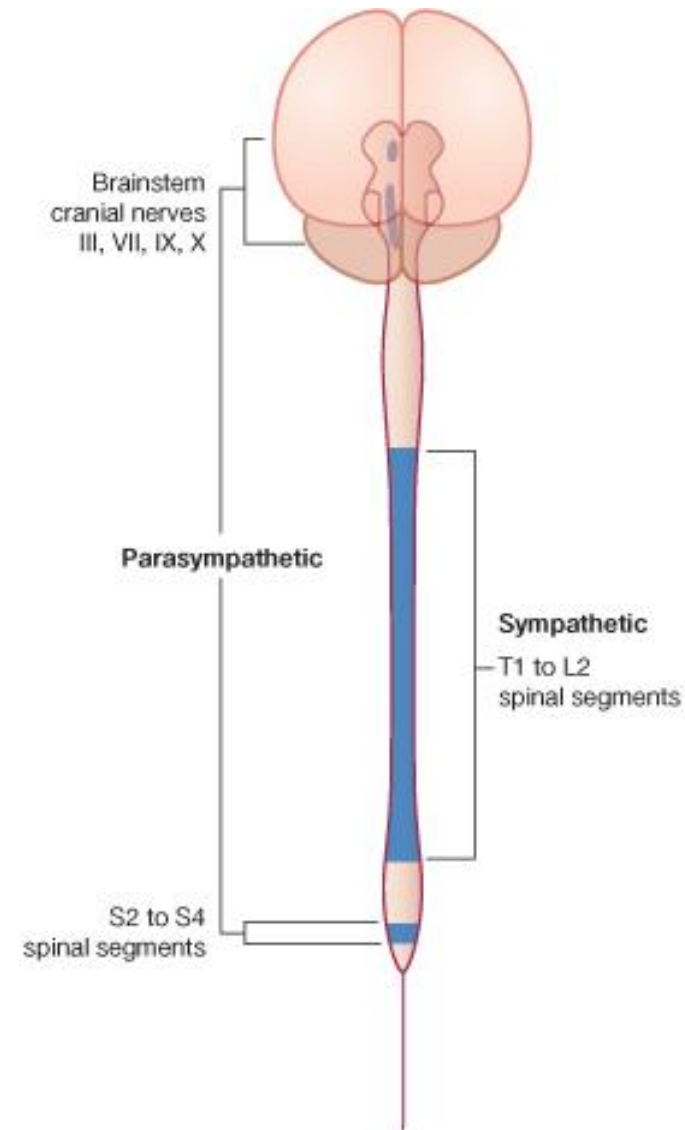
v míše v segmentech S2 - S4

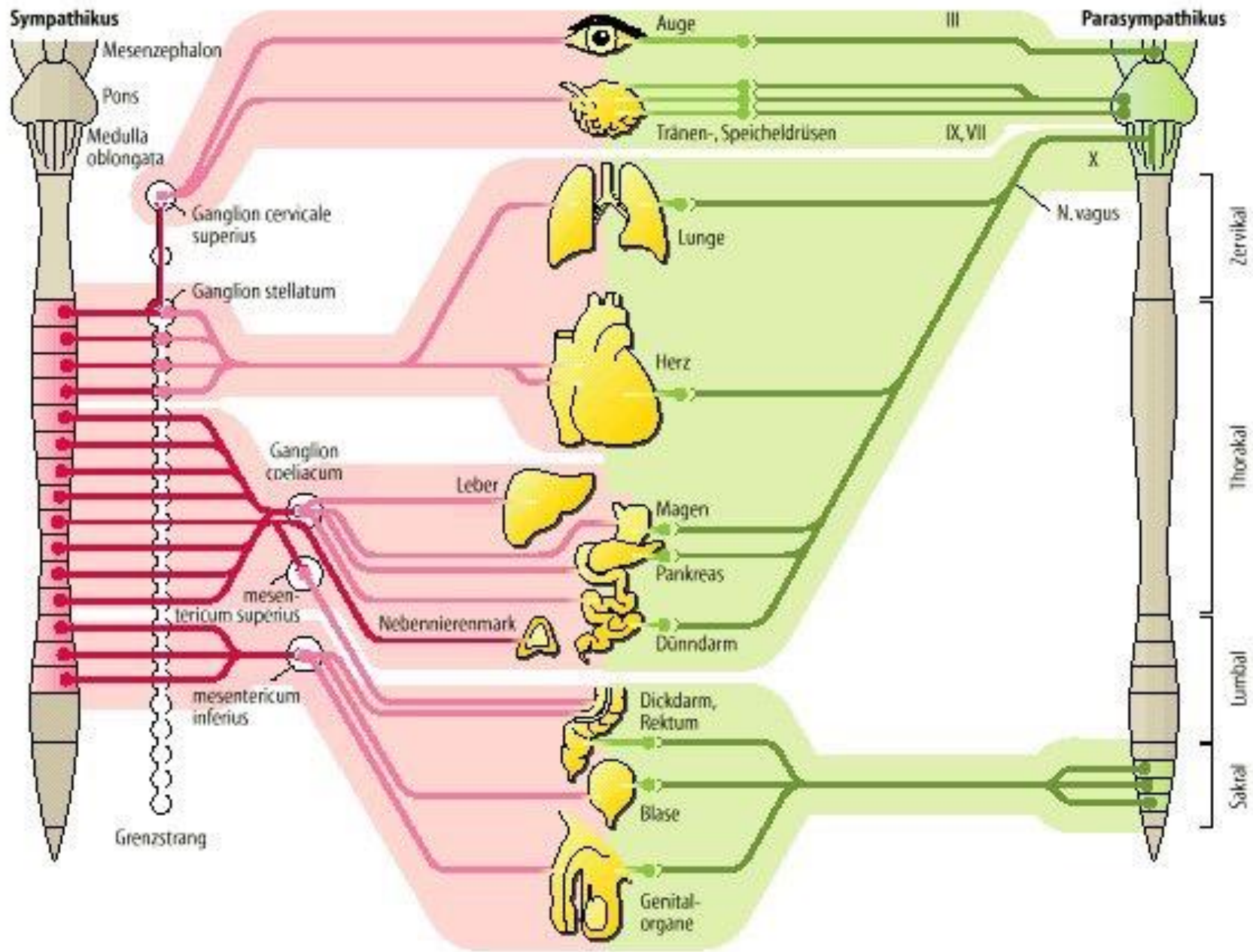
ncl. intermediolaterales

Sympatikus

ncl. intermediolaterales

v míšních segmentech C8 - L3





Přenos signálů pomocí vláken sympatiku a parasympatiku je na rozdíl od somatických vláken přerušeno přepojením v gangliích. Vláknata vedoucí podněty do ganglií jsou označována jako pregangliová a jejich buňky jsou uloženy v mozgovém kmeni a v míše. Neurony uloženy v gangliích a vláknata z nich odstupující se označují jako postgangliové. Pregangliové neurony jsou podle mediátoru cholinergní a acetylcholin se váže v gangliu na cholinergní receptory nikotinového typu. Postgangliové neurony sympatiku uvolňují noradrenalin, který se váže na adrenergní receptory. Postgangliové parasympatické neurony uvolňují acetylcholin, který se váže na cholinergní receptory muskarinového typu. Postgangliové neurony mají své axony nemyelinizované. Cílové zakončení postgangliových vláken neodpovídá klasické synapsi, vláknata se v blízkosti cíle bohatě větví a jsou na nich rozšířené úseky (varikosity) obsahující mediátor. Z těchto rozšířených úseků se mediátor uvolňuje a difunduje k cílovým strukturám (hladká svalovina), účinek však nastupuje postupně a pomalu. Efekty působení vegetativního nervového systému jsou proto difuzní a pomalejší než v systému somatických vláken.

Pregangliový neuron

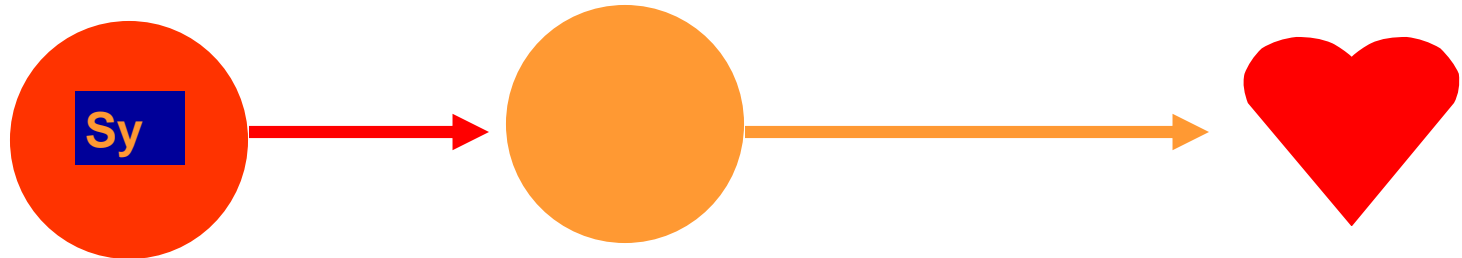
Postgangliový neuron

Acetylcholin

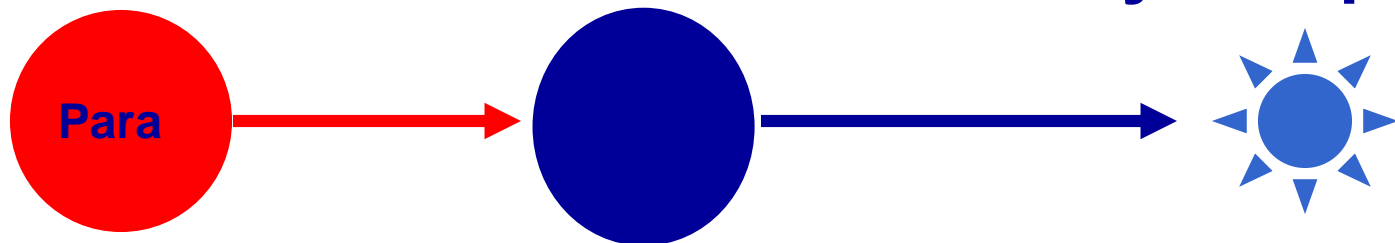
Noradrenalin

Nikotinový receptor

$\alpha + \beta$ receptory



Acetylcholin
Muskarinový receptor



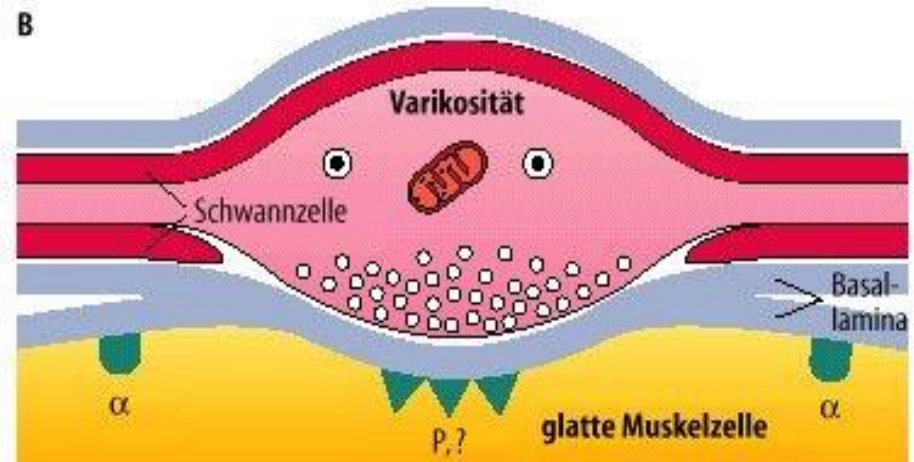
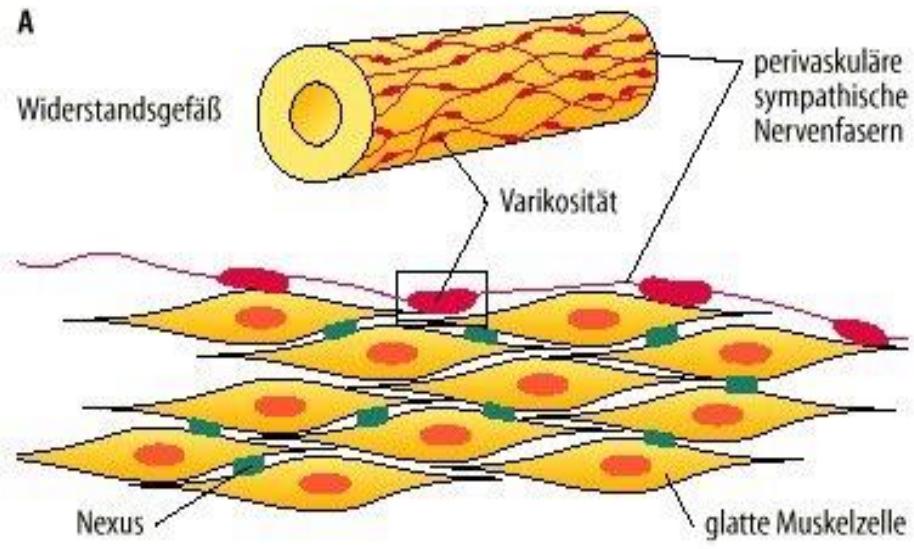
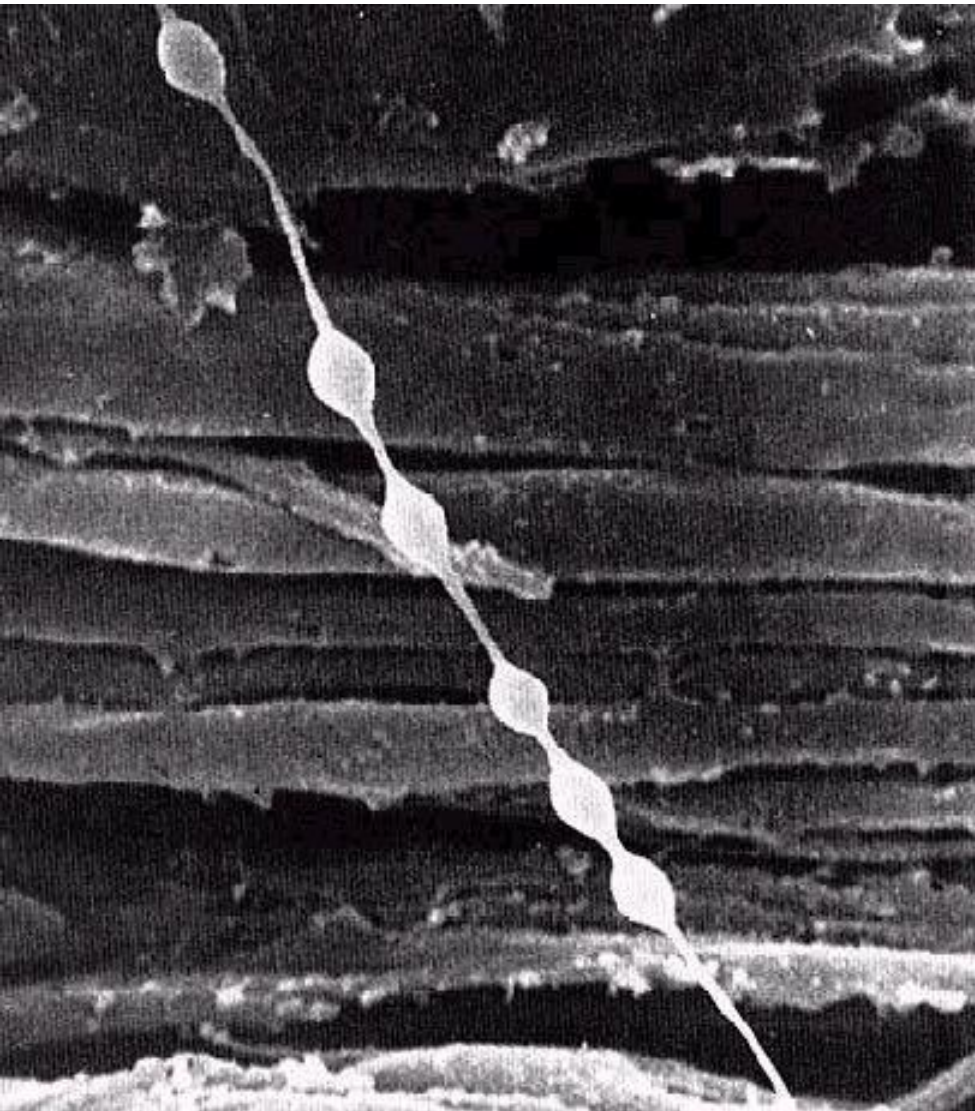
Svalovina trávicí trubice

Znalost jednotlivých transmiterů a jejich receptorů umožňuje jejich farmakologické ovlivnění

sympatomimetika x -lytika

($\alpha_1 + \alpha_2$ + $\beta_1 + \beta_2$ receptory)

**parasympatikomimetika x -lytika
(kurare, atropin)**



srdce	zrychlení akce	zpomalení akce
věčité tepny	rozšíření (beta rec.)	zúžení (?)
tepny	zúžení (krevní tlak stoupá)	rozšíření (krevní tlak klesá)
bronchy	rozšíření	zúžení
žaludek, střevo	tlumení peristaltiky	povzbuzení peristaltiky
žlázy GIT	tlumení sekrece	povzbuzení sekrece
močový měchýř	kontrakce sphincteru uvolnění detrusoru	kontrakce detrusoru uvolnění sphincteru
genitál	kontrakce cév ejakulace sekrece gl. vest. maj.	rozšíření cév erekce
zřetelnice	mydriasa	miosa
vička	široce otevřená	zúžená
potní žlázy	lepkavý pot a málo	řidký pot a bohatě
slinné žlázy	hustá slina a málo	řidká slina a bohatě
teplota	zvýšená	snížená
metabolismus	katabolické reakce	anabolické reakce
nadledvina	zvýšená činnost	snížená činnost

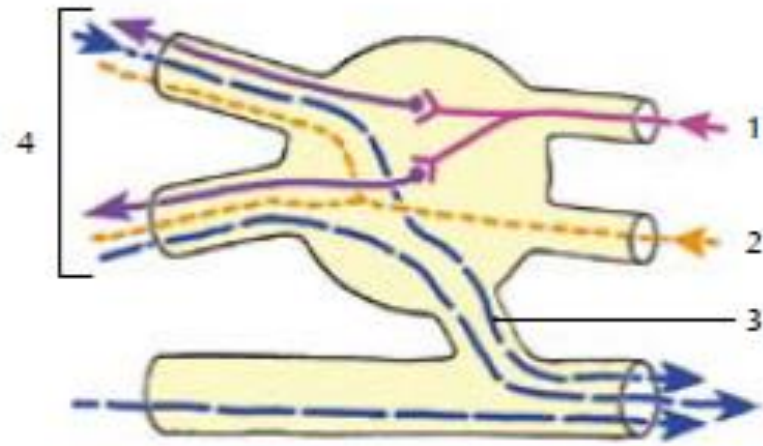
Parasympatické ganglion (obecně)

radix parasympatica - interpolace

radix sympathica - prochází

radix sensitiva – prochází

rr. eferentes – smíšená vlákna



Obr. 15.29. Obecné schéma parasympatického ganglia
1 – radix parasympathica a jeho přepojení z pregangliového na postgangliový neuron
2 – radix sympathica
3 – radix sensitiva
4 – rr. efferentes (smíšené)

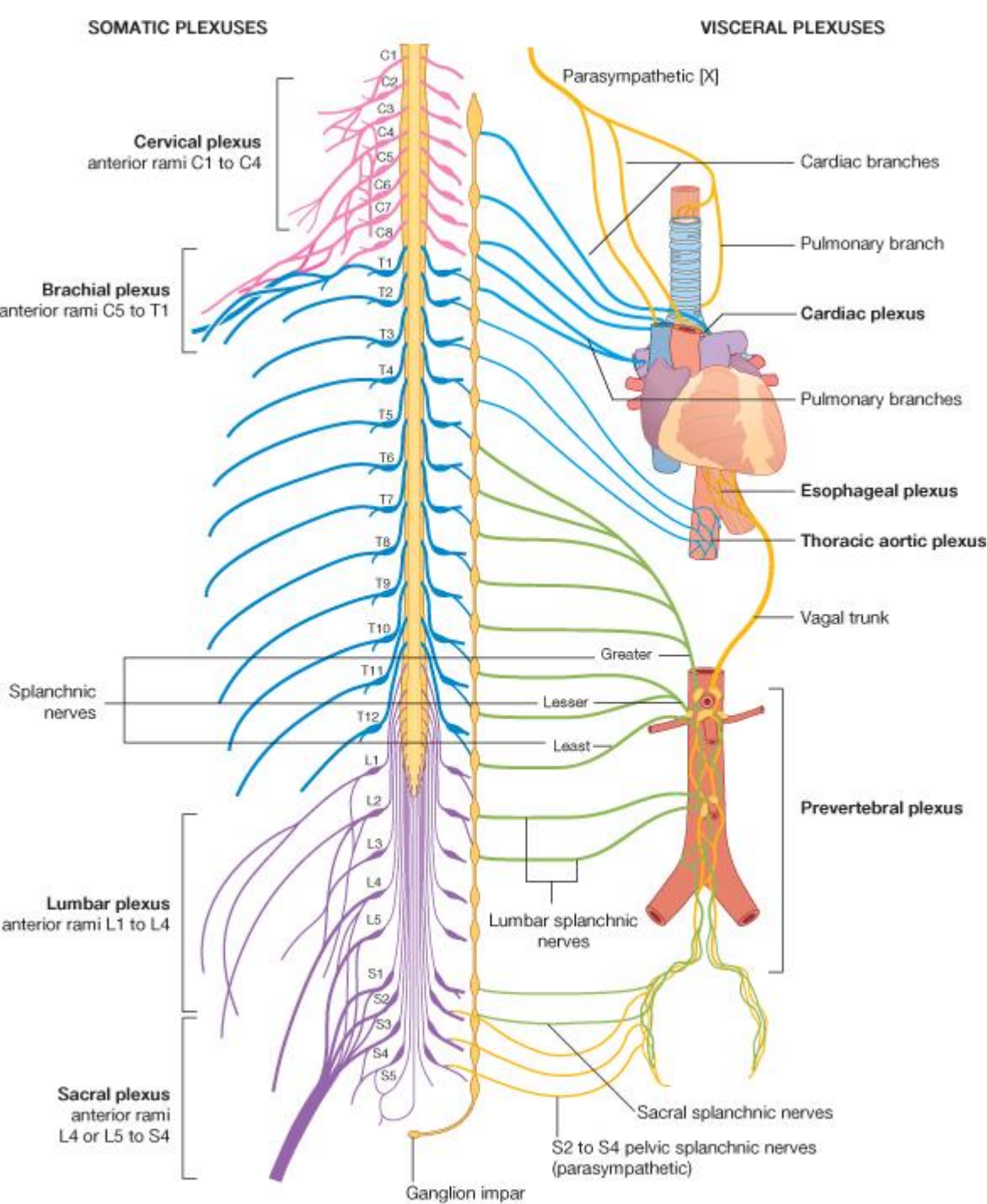
Hlavová parasympatické ganglia

ve větvení trigeminu při prostupu basí lební

ggl. pterygopalatinum, ggl. ciliare,

ggl. submandibulare, ggl. oticum

a ve stěně orgánů (GIT, pánevní orgány)



**Sympatická ganglia
paravertebrální ganglia
tvoří
truncus sympathicus
(C a L ggl. nemají RCA)**

**prevertebrální ggl.
(dostávají i para přívod z
n. X– efferenty jsou
smíšené)**

Paravertebrální ggl.

ggl. cervicale superius

ggl. cervicale medium

**ggl cervicothoracicum
(stellatum)**

ggl. thoracica

ggl. lumbalia

ggl. sacralia et ggl. impar

Paravertebrální ggl. - větve

Pregangliová vlákna

rr. comm. albi

Postgangliová vlákna

rr. comm. grisei

rr. vaculares

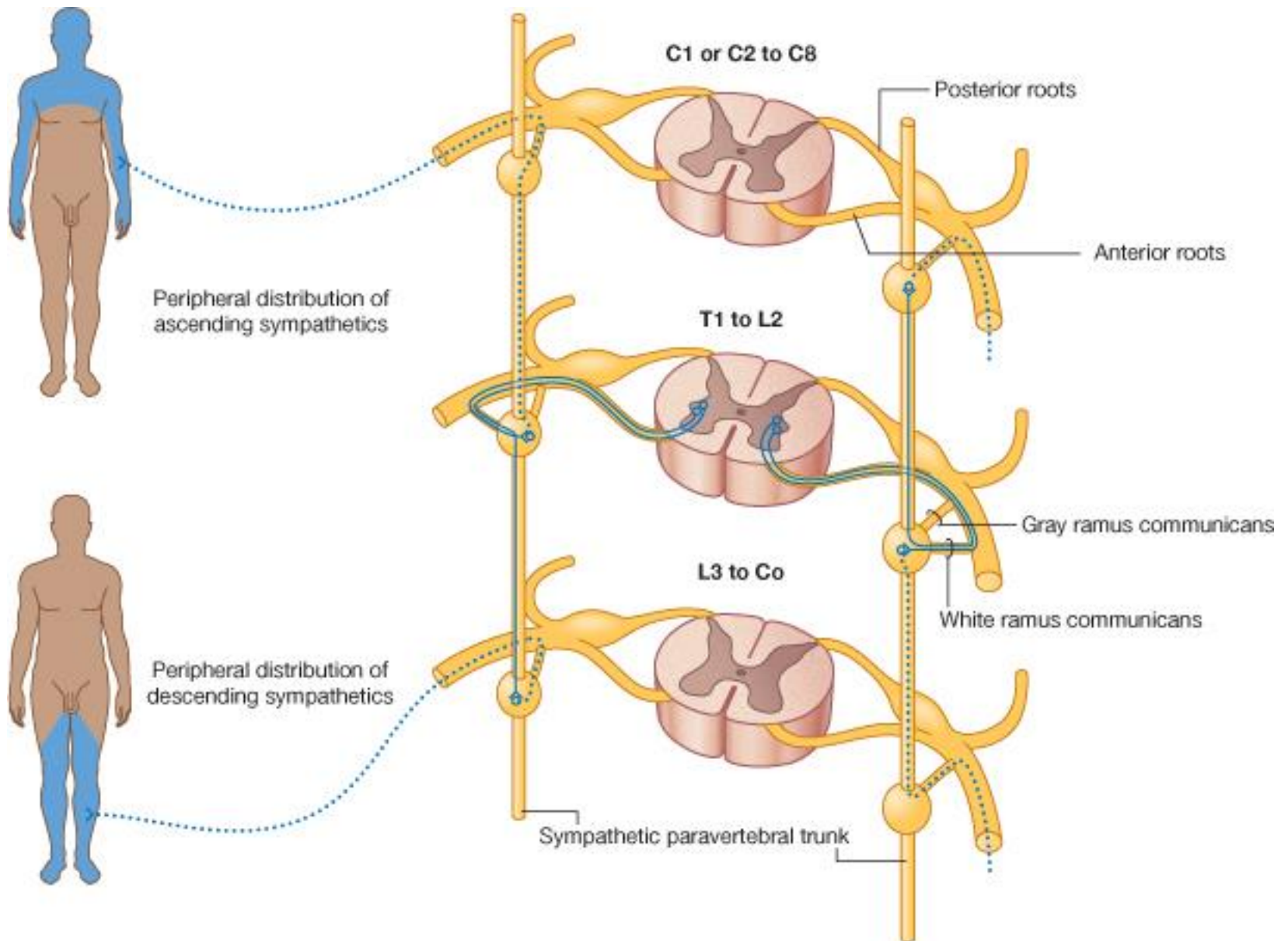
rr. viscerales

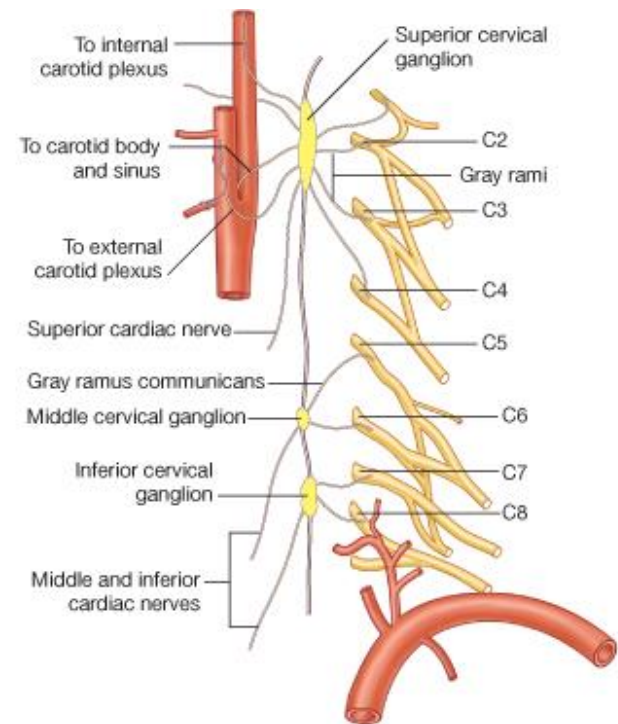
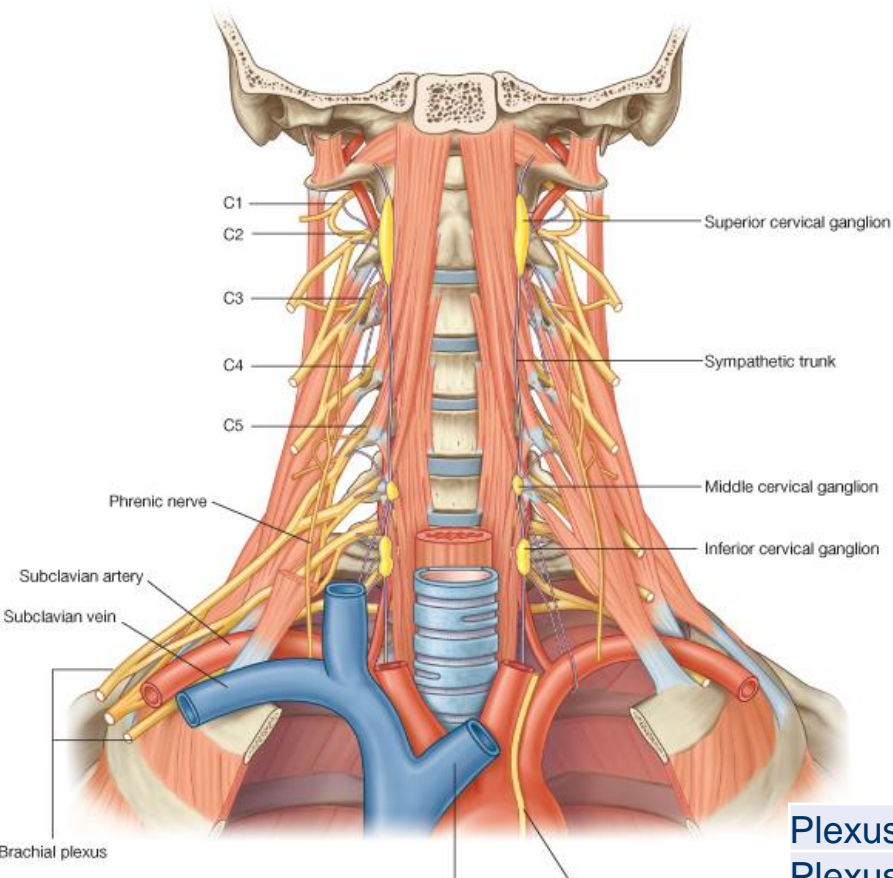
**nn. splanchnici (nepřepojená,
defacto pregangliová vl. k
prevertebrálním ggl.)**

rr. interganglionares

Viscerosenzitivní vlákna

**(mateřské bb. ve spinálním
gangliu)**





© Elsevier. Drake et al: Gray's Anatomy for Students - www.studentconsult.com

Ganglion cervicale superius

N. jugularis

N. caroticus internus

N. pinealis

Nn. carotici externi

Rr. laryngopharyngei

N. cardiacus cervicalis superior

Ganglion cervicale medium

Ganglion vertebrale

N. cardiacus cervicalis medius

(Ganglion cervicale inferius)

Plexus caroticus communis

Plexus caroticus internus

Radix sympathica ganglii ciliaris

Radix sympathica ganglii pterygopalatini; N. petrosus profundus

Radix sympathica ganglii submandibularis

Radix sympathica ganglii sublingualis

Radix sympathica ganglii otici

Nn. caroticotympanici

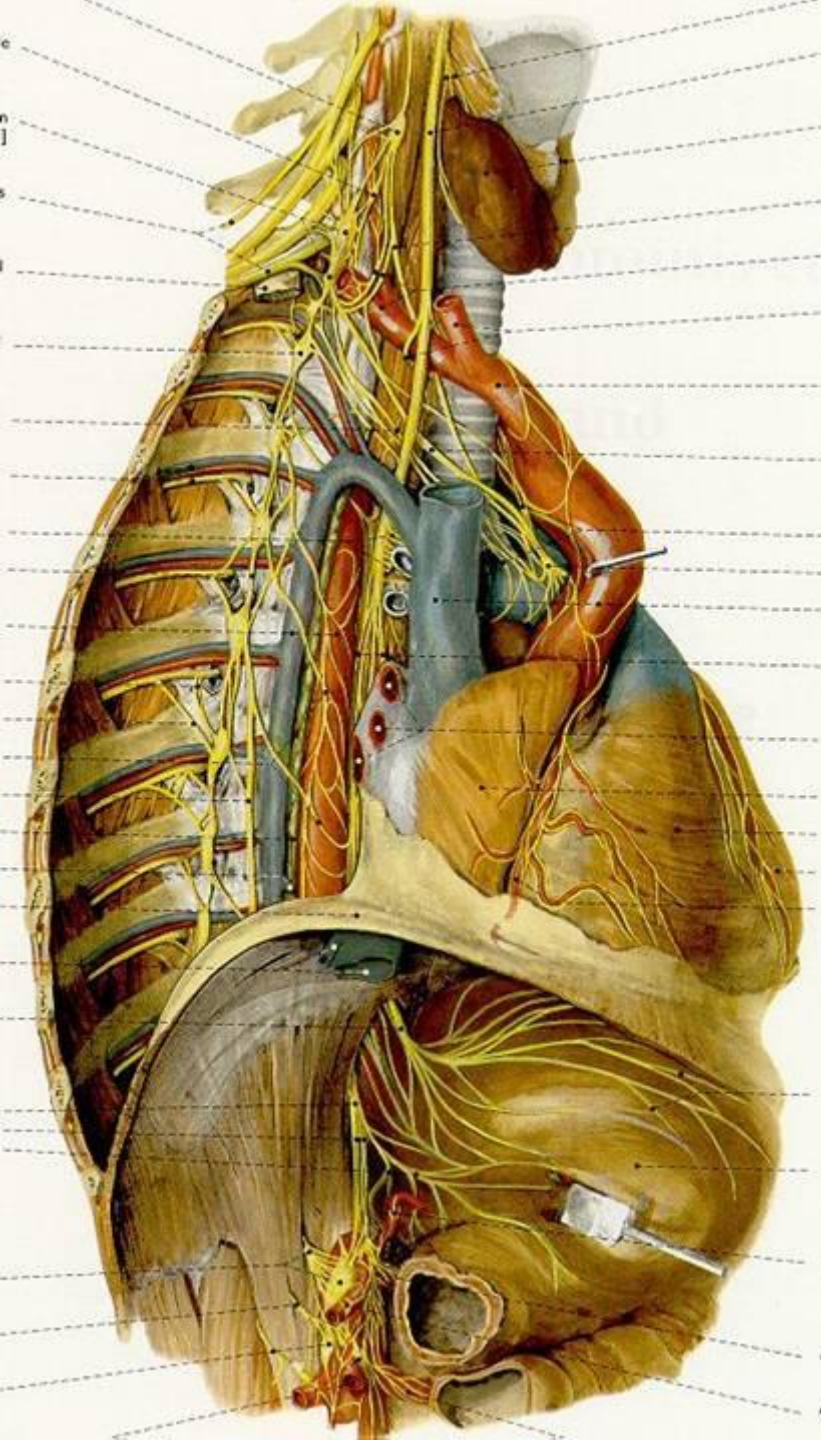
Plexus cavernosus

Plexus caroticus externus

Plexus subclavius

Plexus autonomicus brachialis

Plexus vertebralis



Ganglia thoracica

Rr. cardiaci thoracici

Rr. pulmonales thoracici

Rr. oesophageales

N. splanchnicus major

Ganglion thoracicum splanchnicum

N. splanchnicus minor

R. renalis

N. splanchnicus imus

Pars thoracica

Plexus aorticus thoracicus

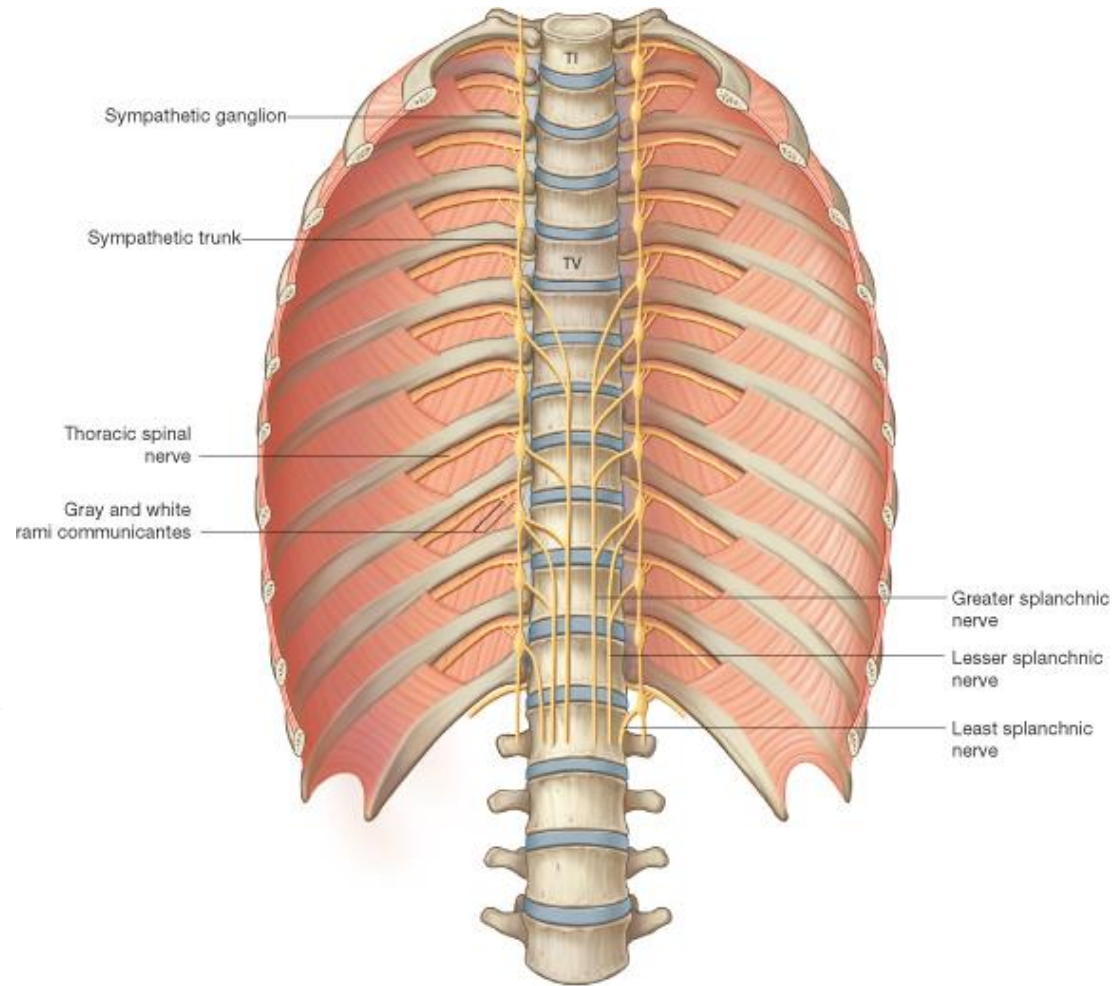
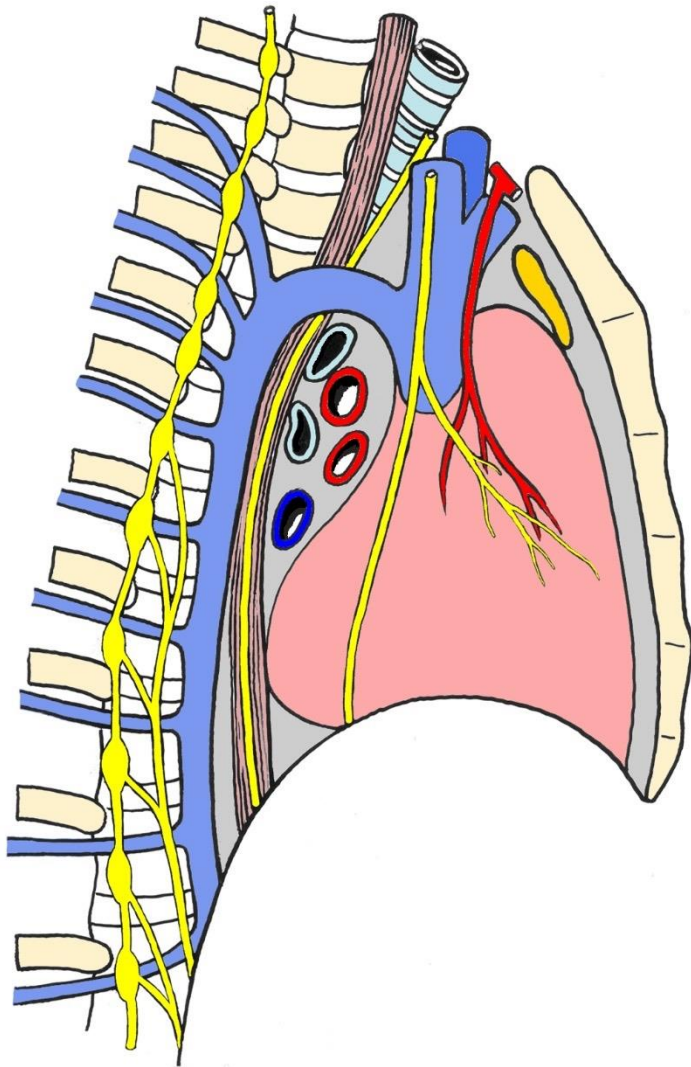
Plexus cardiacus

Ganglia cardiaca

Plexus oesophageus

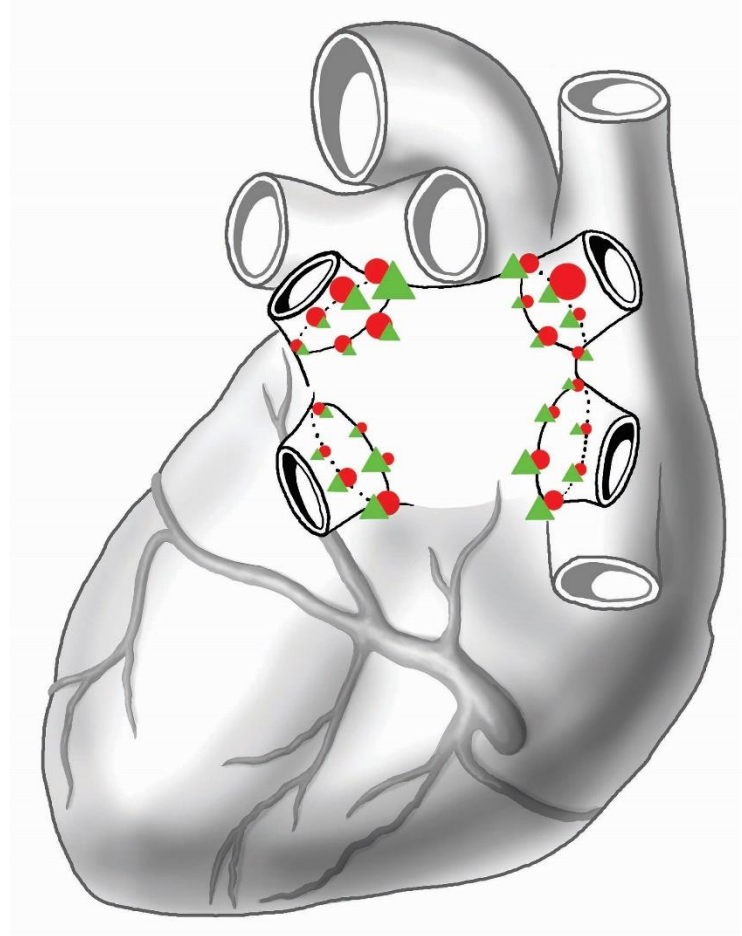
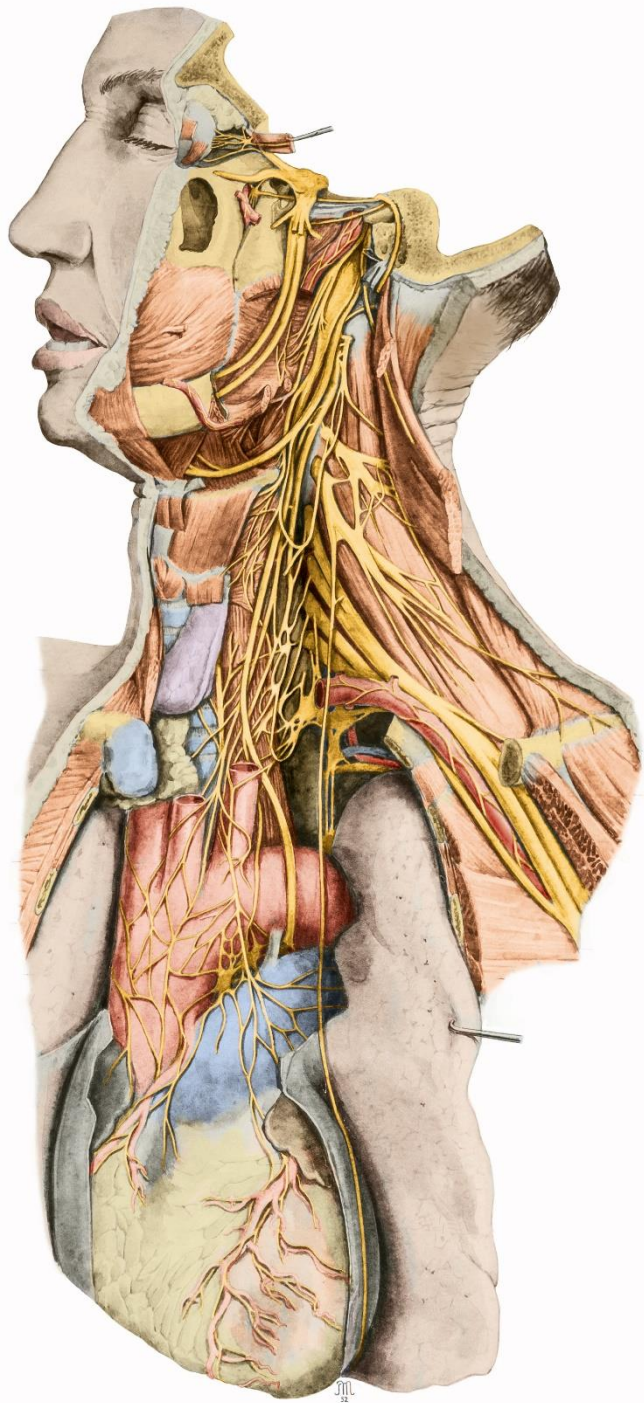
Plexus pulmonalis

Rr. pulmonales

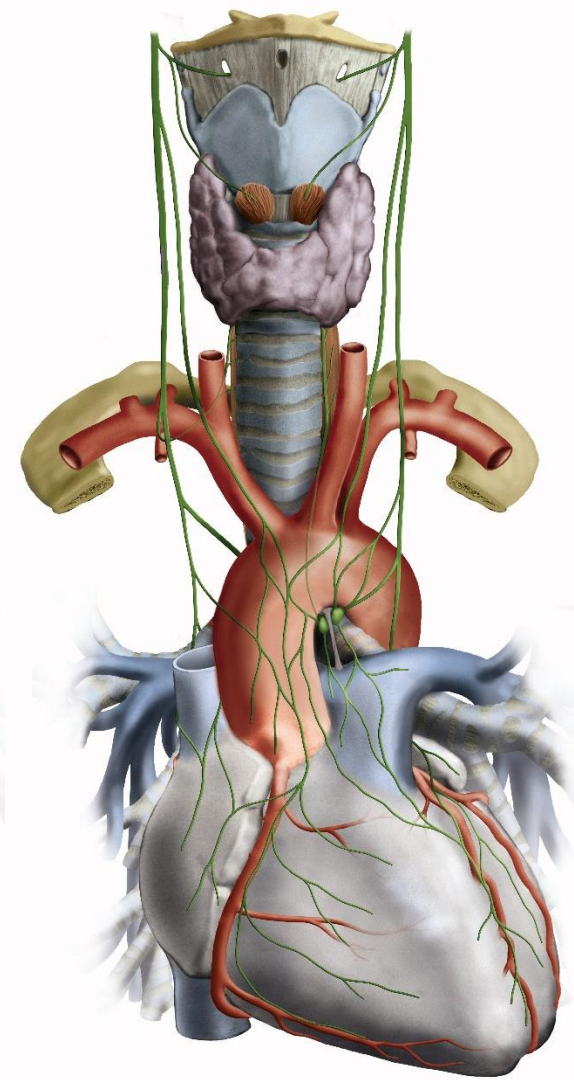
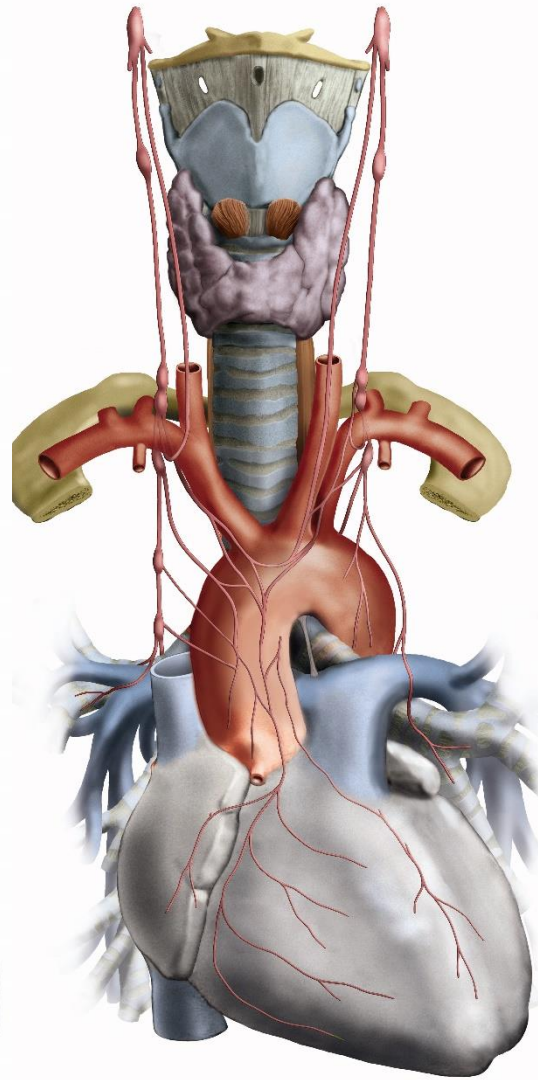
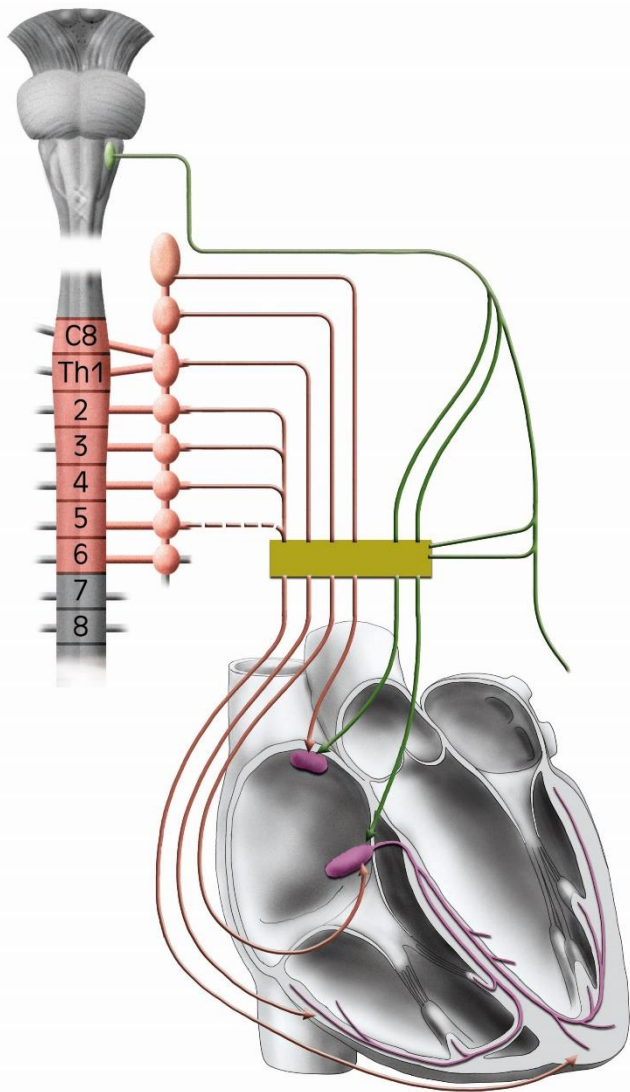


© Elsevier. Drake et al: Gray's Anatomy for Students - www.studentconsult.com

Th - nn. splanchnici
 L – nn. splanchnici lumbales
 S – nn. splanchnici sacrales



Autonomní ganglia cardiaca tzv. vnitřního srdečního nervového systému, *pohled na srdce zezadu a shora*; ganglia leží v nervových pleteních pod epikardem na zadní ploše síní a při horním okraji komor

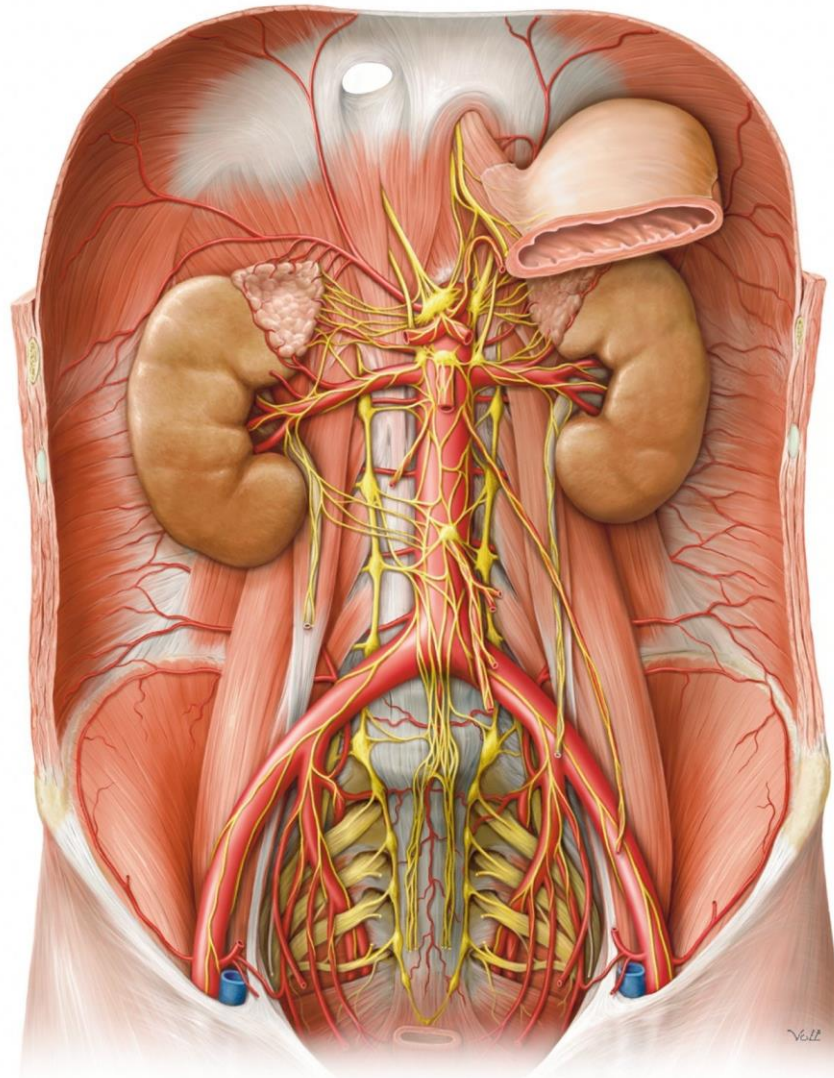


Autonomní inervace srdce

a původ presynaptických neuronů

b inervace srdce z krčního a hrudního sympatiku

c n. vagus a jeho větve k srdci



Ganglia lumbalia

Nn. splanchnici lumbales

Ganglia sacralia

Nn. splanchnici sacrales

Ganglion impar



Prevertebrální ggl.

leží při odstupu velkých cév
preggl.vlákna cestou ***nn.splanchnici***
(major, minor, imus) z ggl.thoracica

ggl. coeliacum

ggl.mesent.superius

ggl. aortorenale

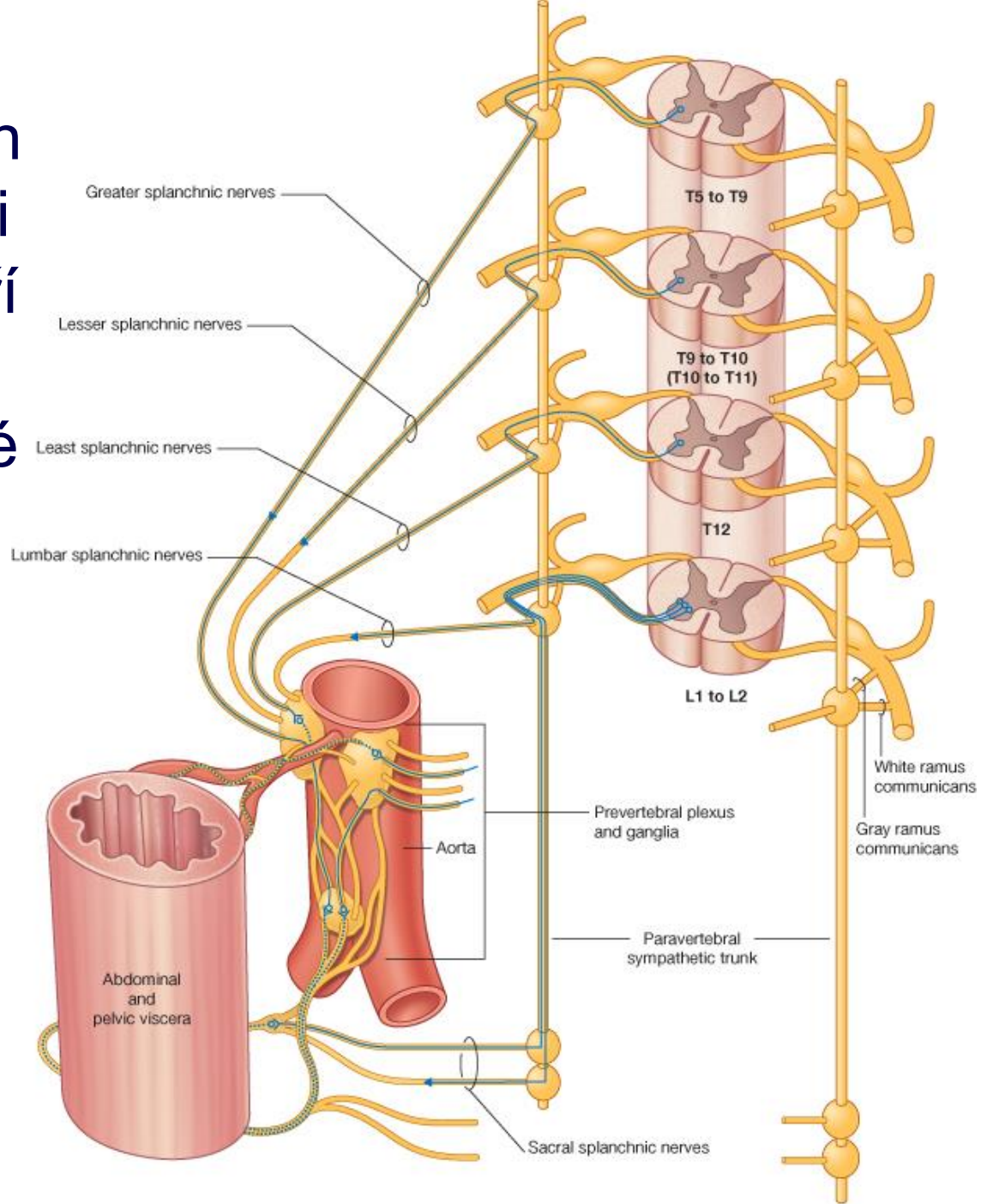
ggl. mesent. inferius

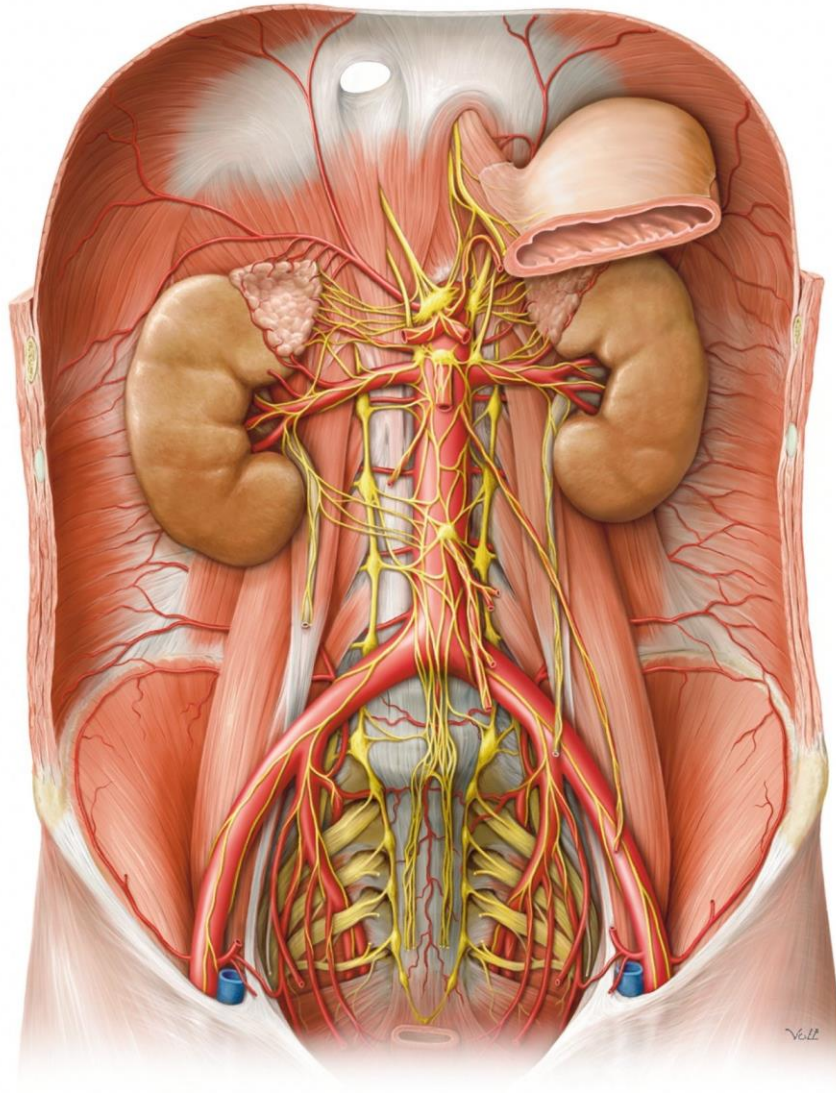
Sympatická vlákna
hrudních a lumbálních
ggl. (paravertebrální i
prevertebrální) vytvoří
spolu s parasymp.
vlákny z n. X. smíšené
pleteně:

plexus abdominalis
plexus iliacus dx. et sin.

plexus hypogastricus
superior - (jen symp.)

plexus hypogastricus
inferior (přijímá sakrální
parasymp.)





Sympatická vlákna hrudních a lumbálních ggl. (paravertebrální i prevertebrální) vytvoří spolu s parasymp. vlákny z n X. smíšené pleteně:

plexus abdominalis
plexus iliacus dx. et sin.

plexus hypogastricus superior - (jen symp.)
plexus hypogastricus inferior (přijímá sakrální parasymp.)

Plexus aorticus abdominalis

Ganglia phrenica

Plexus coeliacus

Plexus hepaticus

Plexus splenicus; Plexus lienalis

Plexus gastrici

Plexus pancreaticus

Plexus suprarenalis

Ganglia coeliaca

Ganglia aorticorenalia

Plexus mesentericus superior

Ganglion mesentericum superius

Plexus intermesentericus

Plexus renalis

Ganglia renalia

Plexus uretericus

Plexus ovaricus ♀

Plexus testicularis ♂

Plexus mesentericus inferior

Ganglion mesentericum inferius

Plexus rectalis superior

Plexus entericus

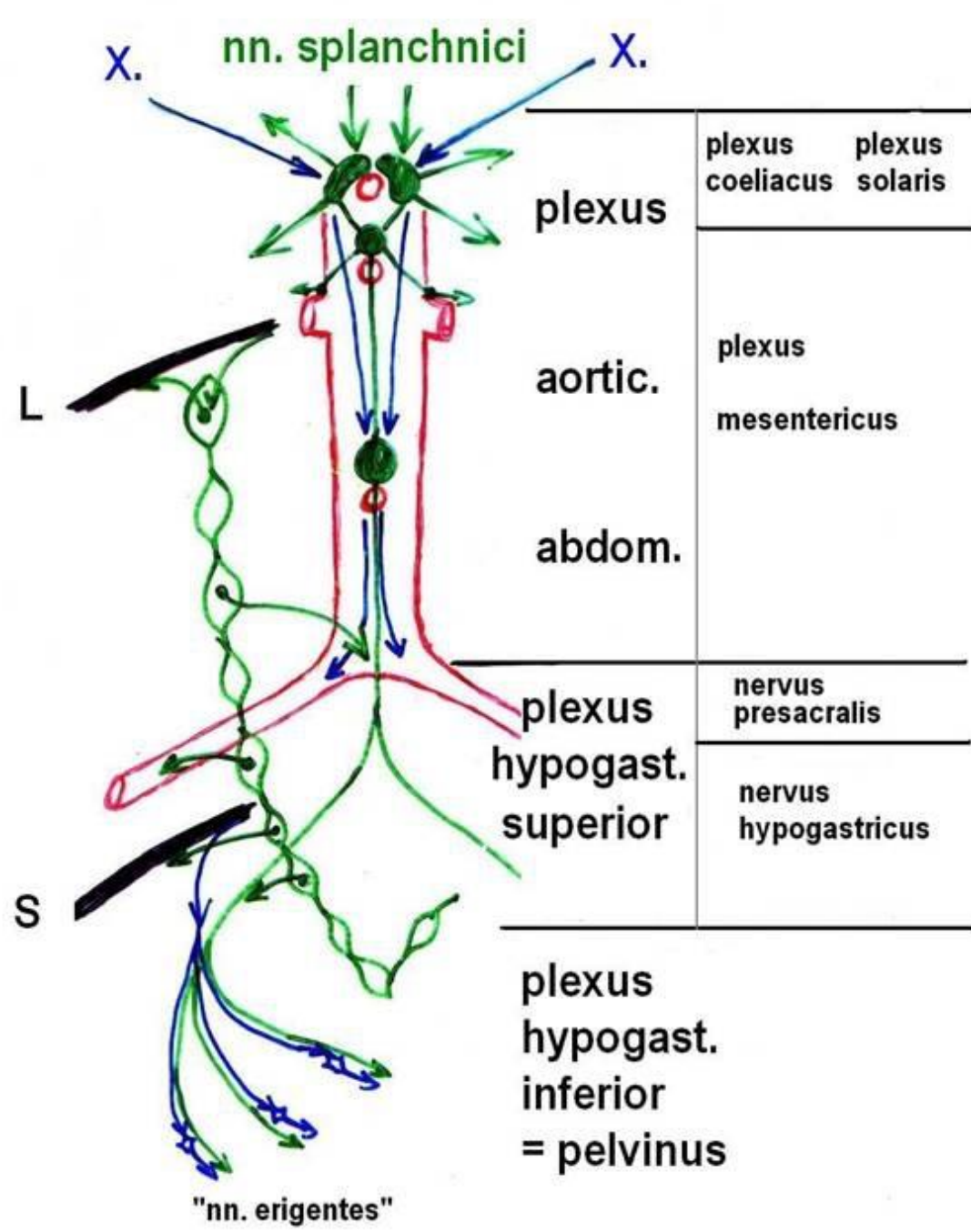
Plexus subserosus

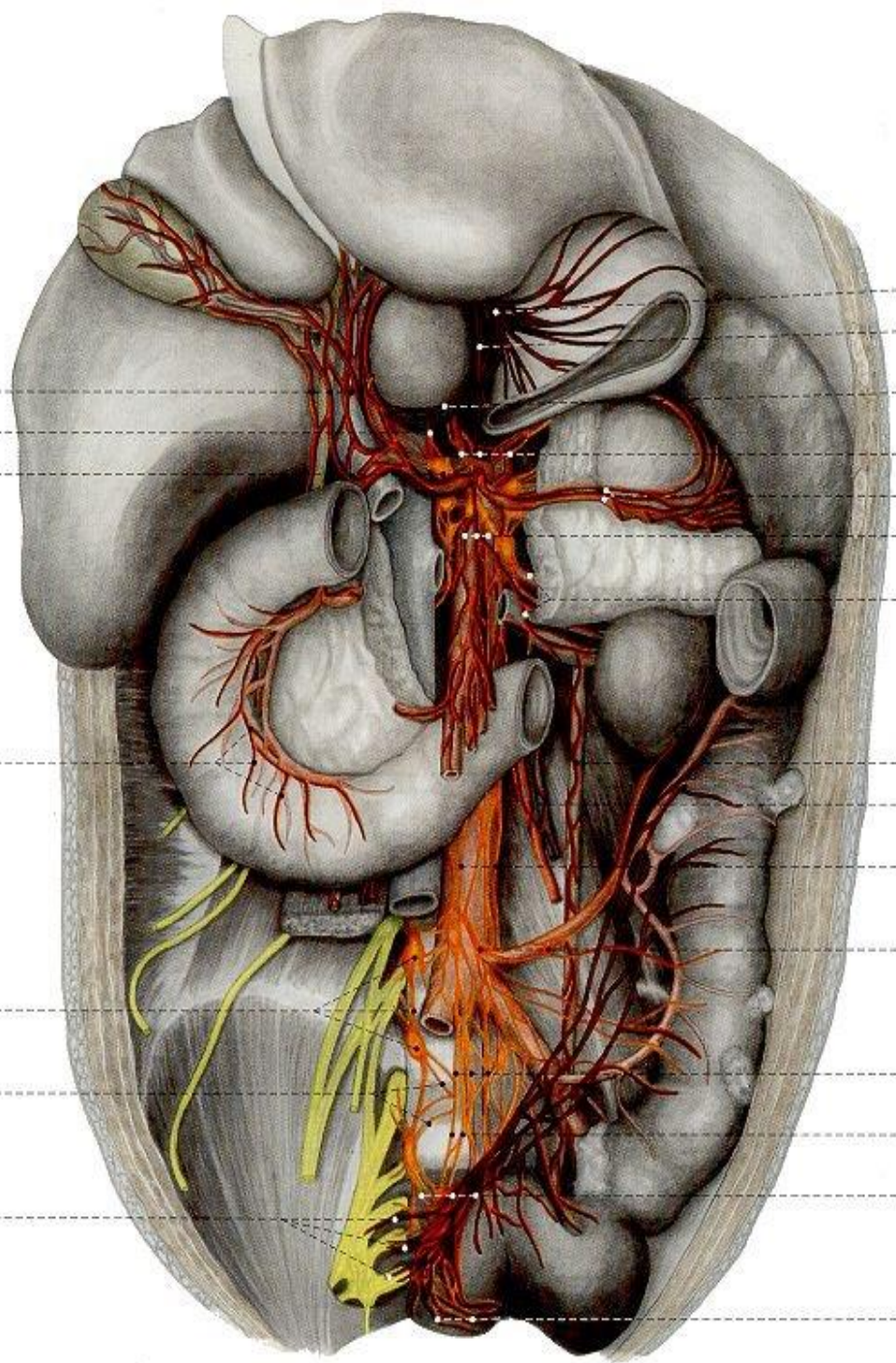
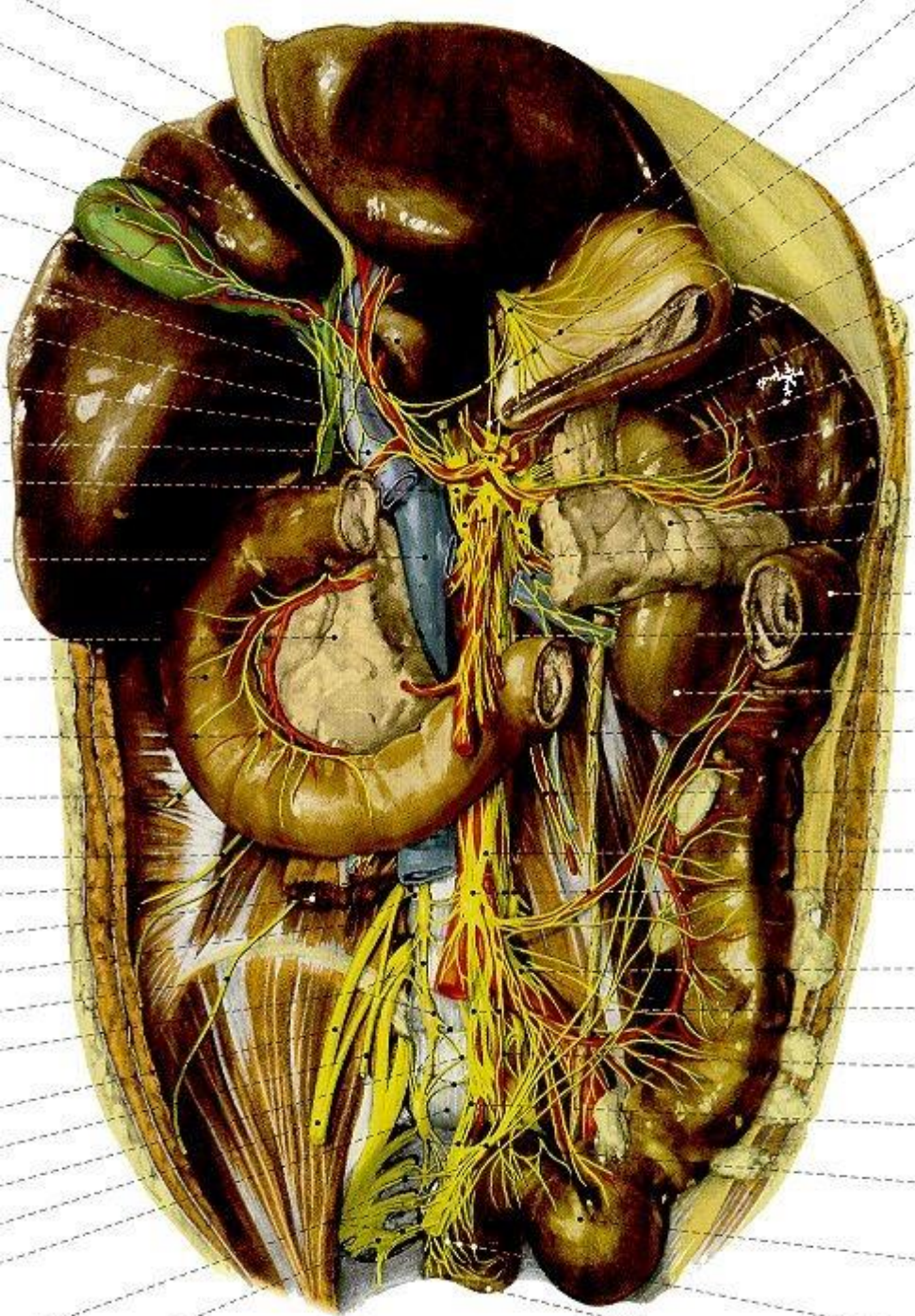
Plexus myentericus

Plexus submucosus

Plexus iliacus

Plexus femoralis





Sakrální parasympatikus (*nn. splanchnici pelvici*) se spojuje s *plexus hypogastricus superior* sympatickým a vytváří smíšenou pleteň (*pl. hypogastricus inferior*), která slouží k inervaci pánevních orgánů.

Plexus rectalis medius

Plexus rectalis inferior

Nn. anales superiores

Plexus uterovaginalis ♀

Nn. vaginales ♀

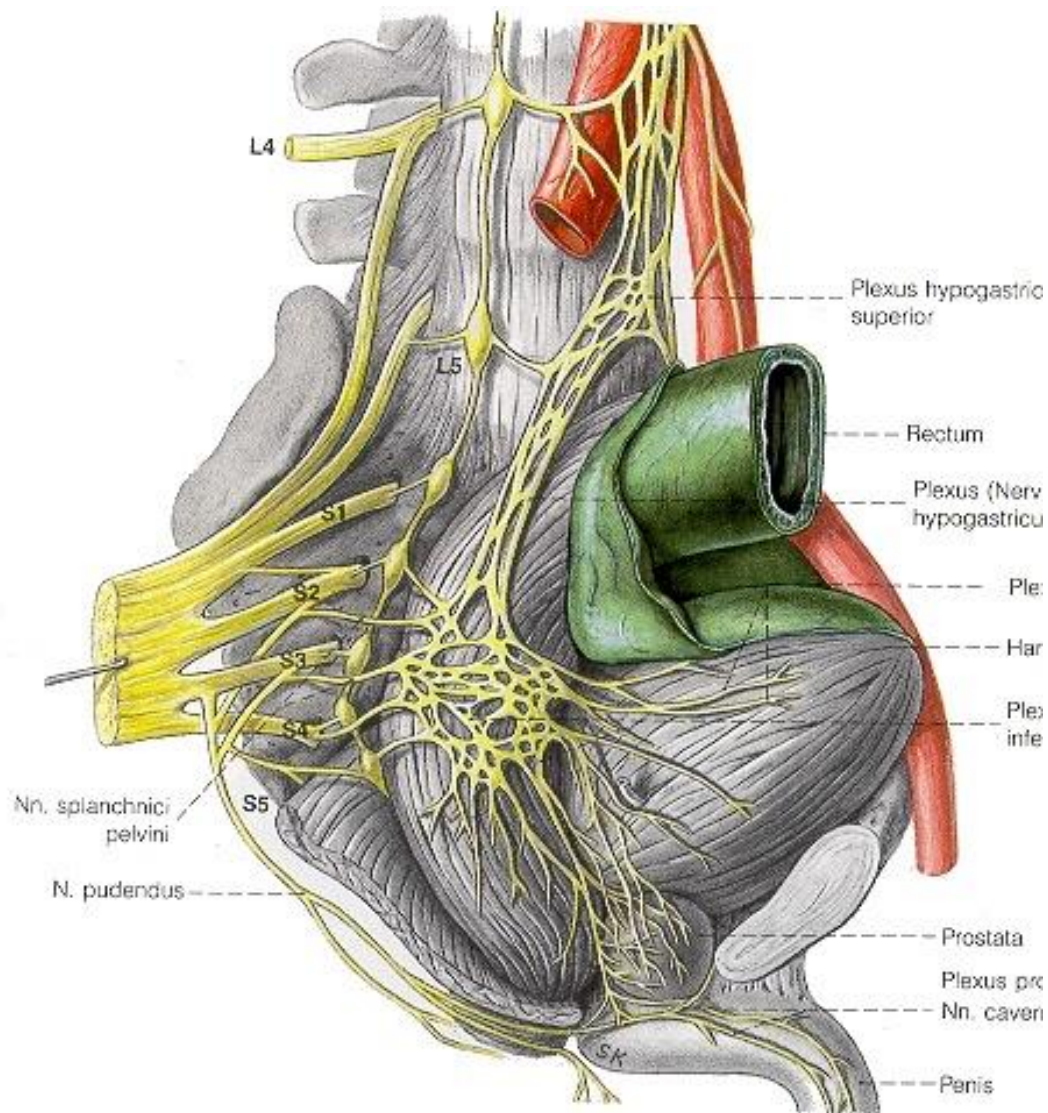
Plexus prostaticus ♂

Plexus deferentialis ♂

Plexus vesicalis

Nn. cavernosi clitoridis ♀

Nn. cavernosi penis ♂



Enterický systém

V současné době se vyčleňuje zvlášť systém nervových pletení a buněk v trávicí trubici, tzv. **enterický systém**, který je zodpovědný za pohyby a sekreci trávicí trubice a je do jisté míry nezávislý na ostatních součástech vegetativního nervového systému

plexus myentericus Auerbachi,
plexus submucosus Meissneri

Enterický systém (ES)

ES neurony, ES glie

neurony – motoneurony (ex, inh)

interneurony (ex, inh)

primární senzitivní neurony

Vlákna vystupující z ES

vagová viscerosenzitivní vl.

viscerosenzitivní vl. s buňkou ve spin. ggl.

vlákna jejíž b. leží uvnitř ES

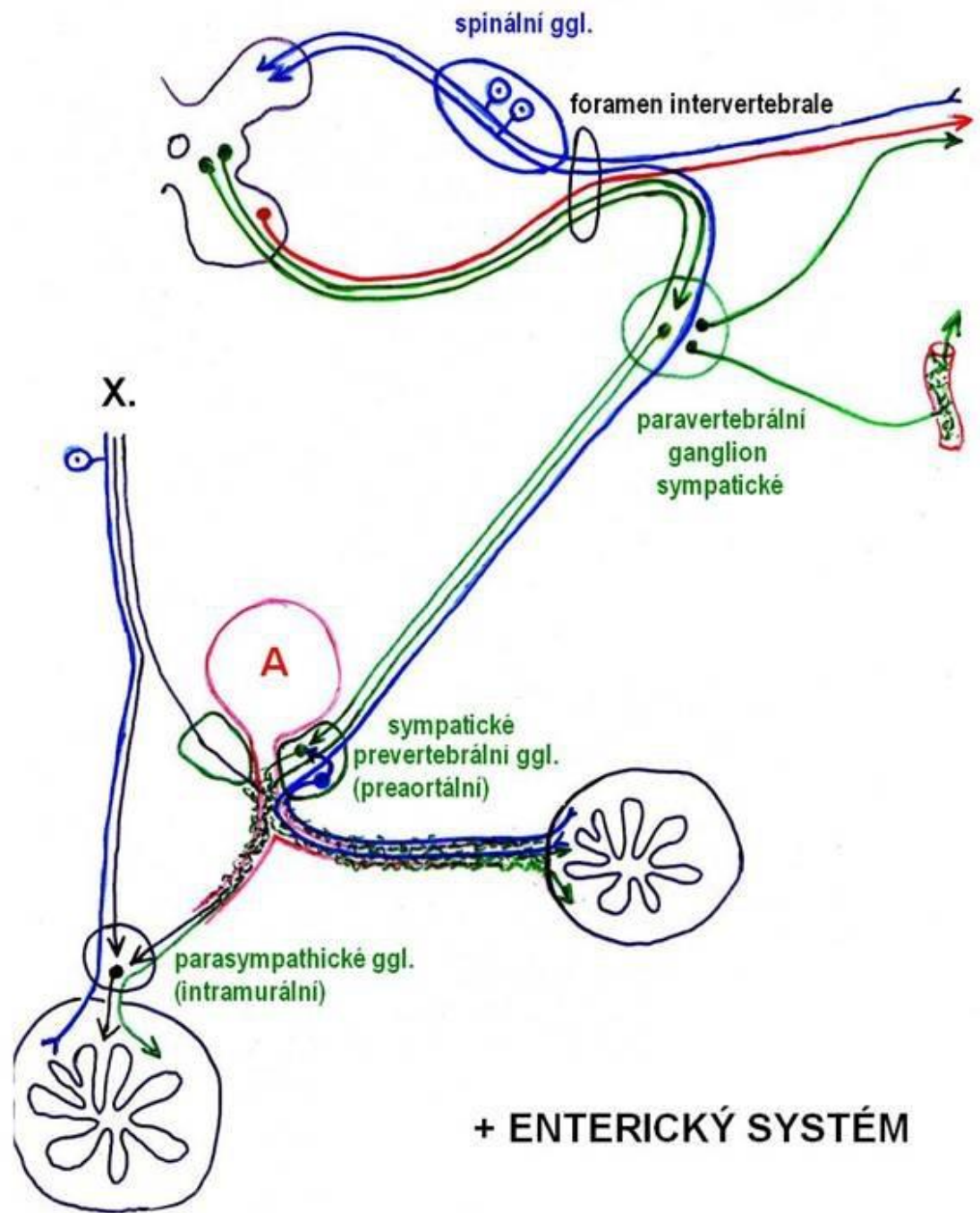
Enterický systém (ES)

Vlákna vstupující do ES

vagová visceromotorická vl. – končí v ggl. ve stěně střeva (parasymptikus)

vlákna z prevertebrálních ggl. (postgangliová sympatická vl.)

vlákna z ggl. pelvina (sokrální parasymptikus)



+ ENTERICKÝ SYSTÉM

