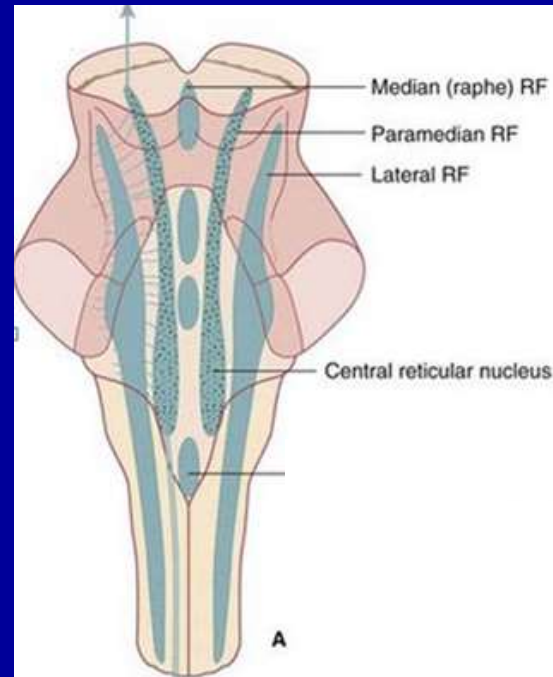


FORMATIO RETICULARIS. MONOAMINERG RENDSZEREK.



Molnár Judith

Anatómiai, Szövet és Fejlődéstani
Intézet, 2019

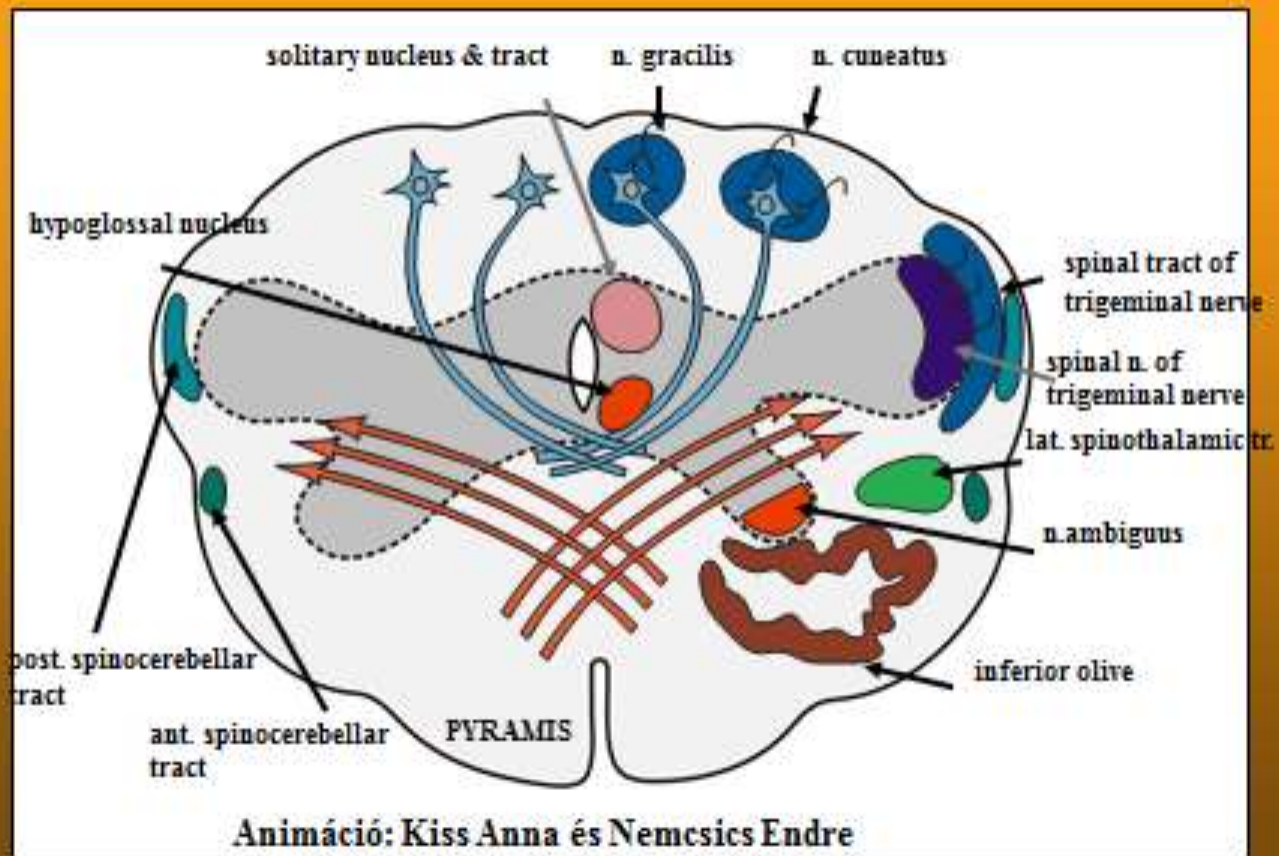
Formatio reticularis

- Forel 1877 – az agytörzs középső része
- Az agy phylogeneticaileg ősi területe.
- Morfológiailag nehezen meghatározható
- Physiológiai vizsgálatok
- Neurokémiai vizsgálatok
- Szerkezet jobb meghatározása

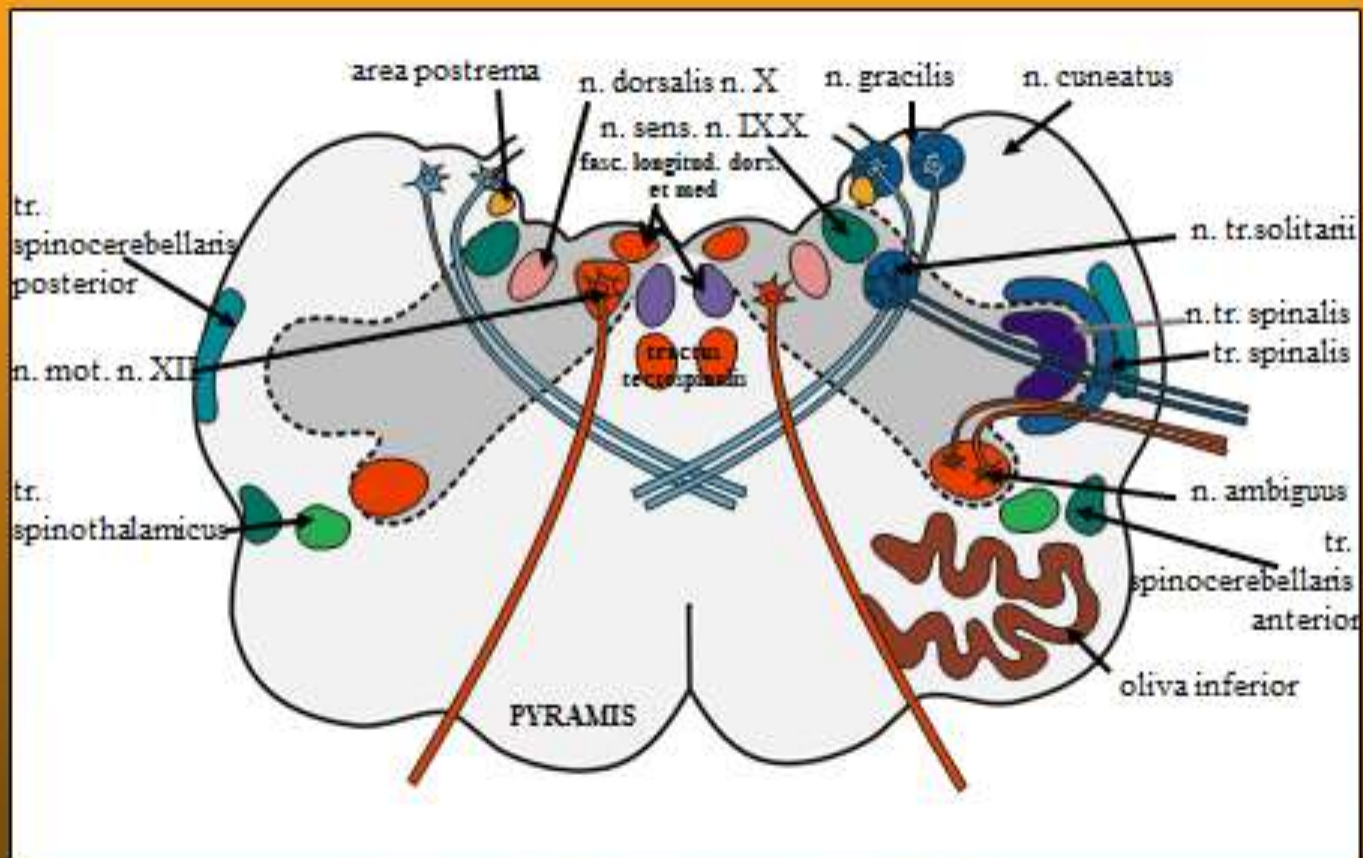
Formatio reticularis

- Az agytörzs területén az agyideg magvak és a hosszú pályák közötti területen található.
- Az idegsejtek magokban csoportosulnak és a köztük lévő idegrostokkal hálózatos képződményt hoznak létre.
- Szélesebb értelemben használják: kiterjesztés
- Caudalisan a cervicalis gerincvelő területe,
- Cranialisan a thalamus nucleus reticulárisában és az intralaminaris magokban folytatódik
- Az idegsejteknek hosszú dendritjei és axon collaterálisai vannak – integratív funkció

Medulla oblongata (zárt rész)

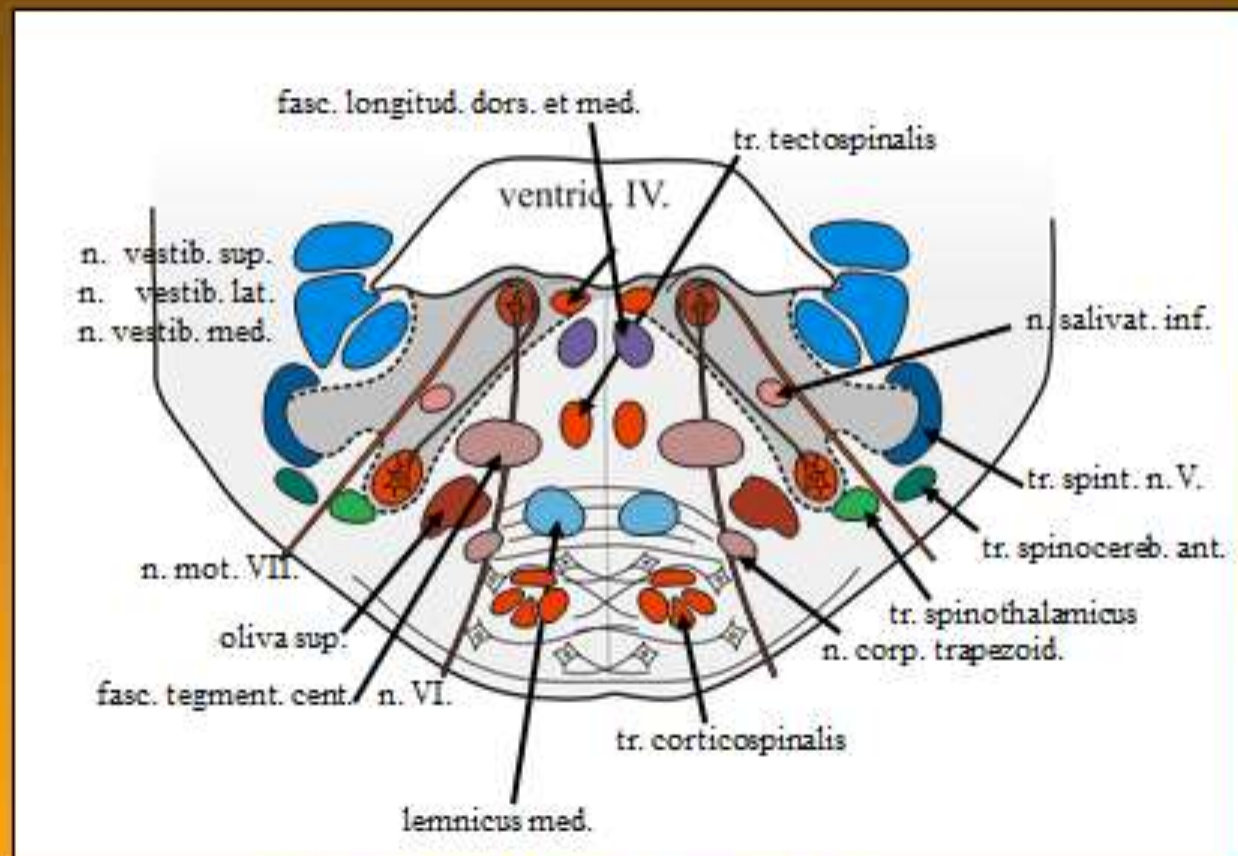


Medulla oblongata (nyílt – rostralis – rész)



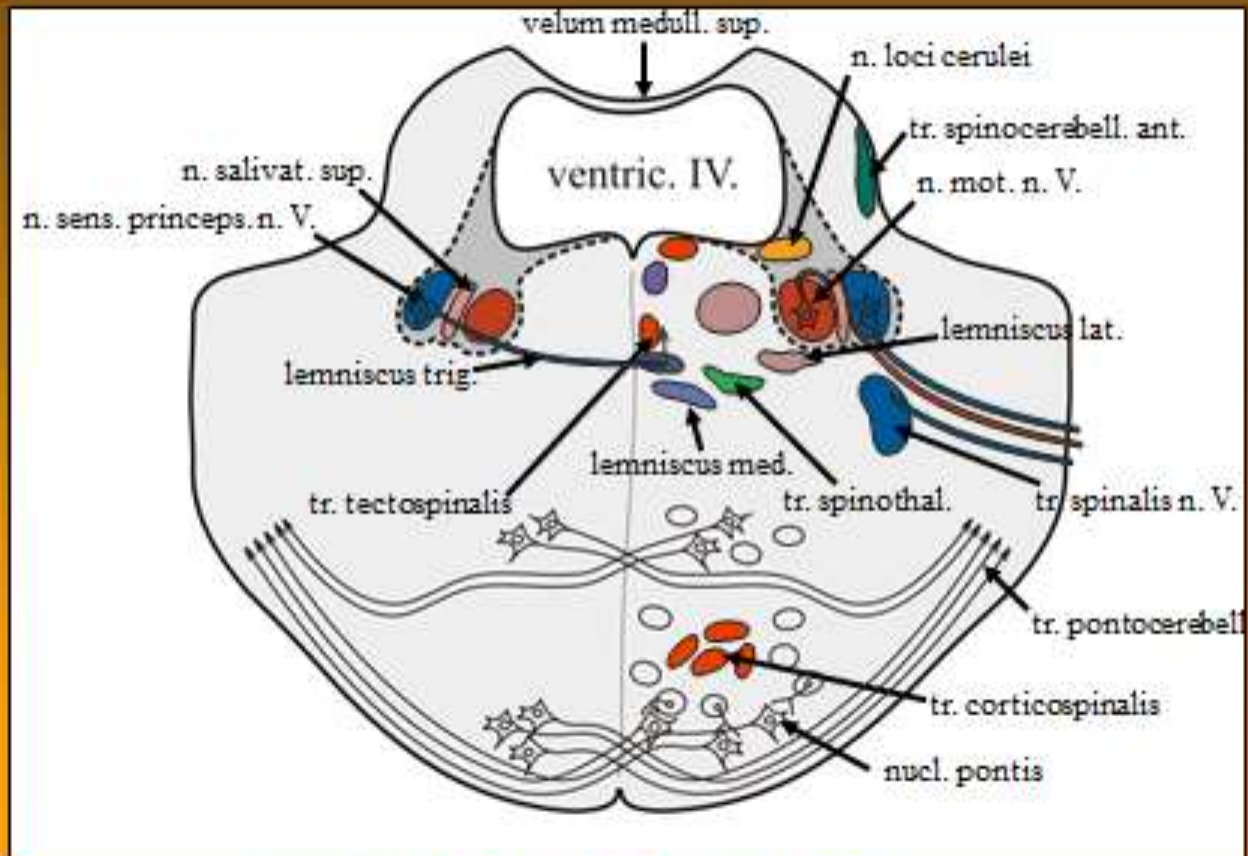
Animáció: Kiss Anna és Nemcsics Endre

Medulla/pons



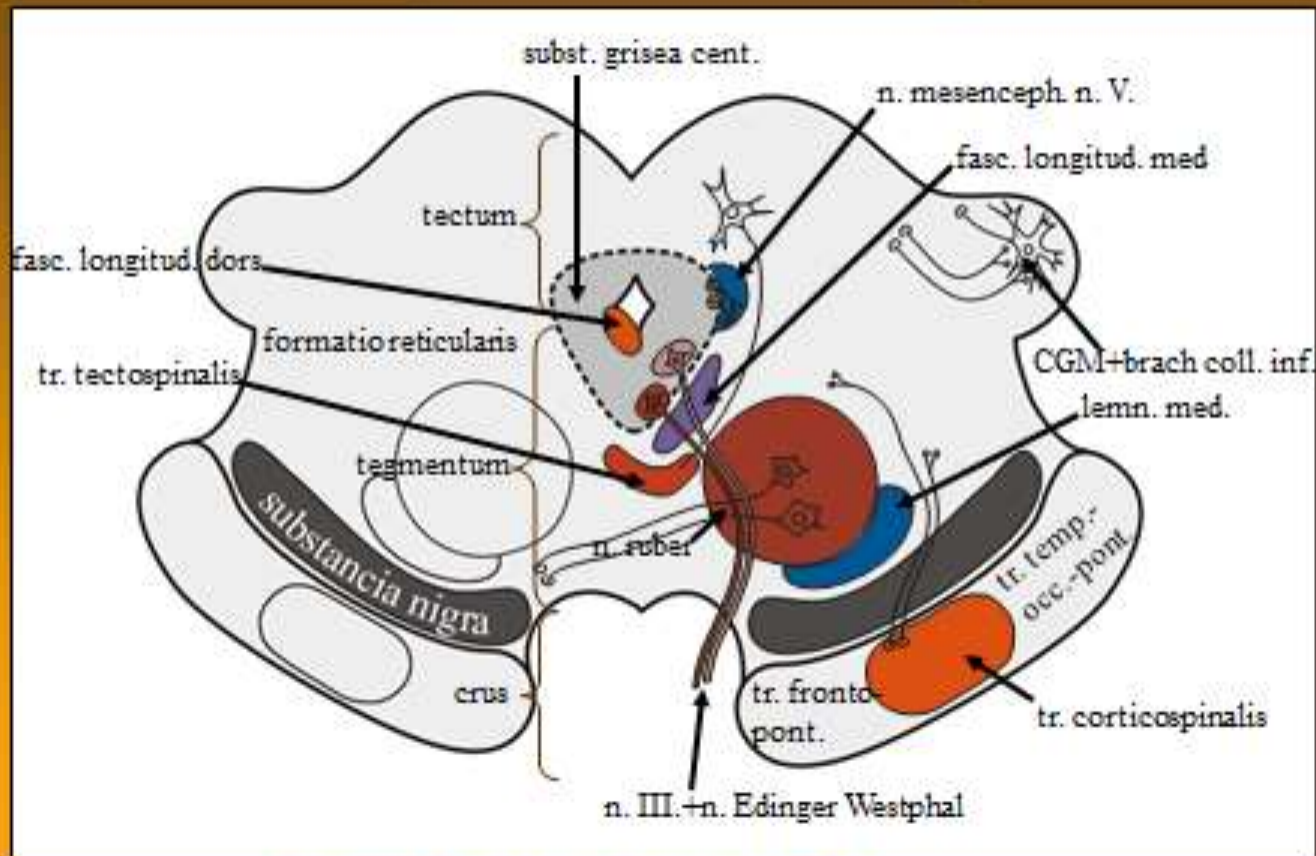
Animáció: Kiss Anna és Nemcsics Endre

Pons

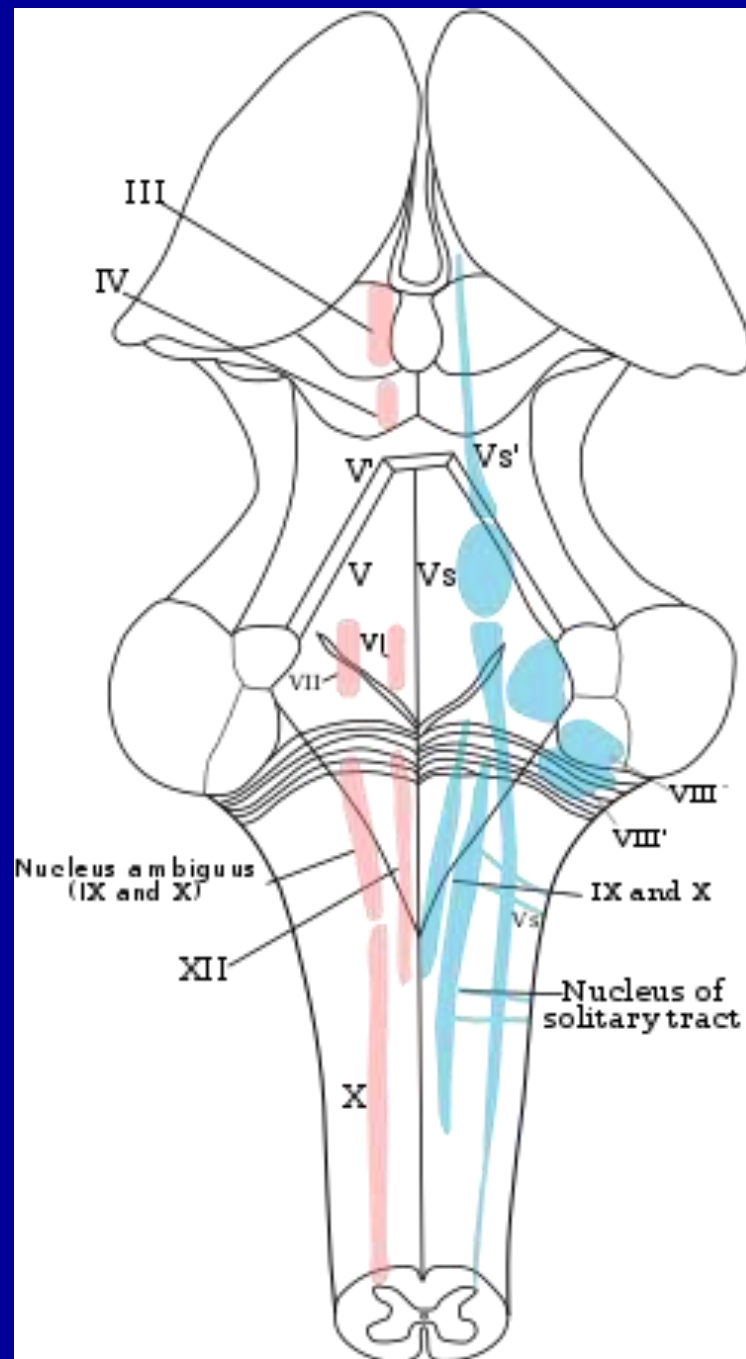


Animáció: Kiss Anna és Nemcsics Endre

Mesencephalon



Animáció: Kiss Anna és Nemcsics Endre

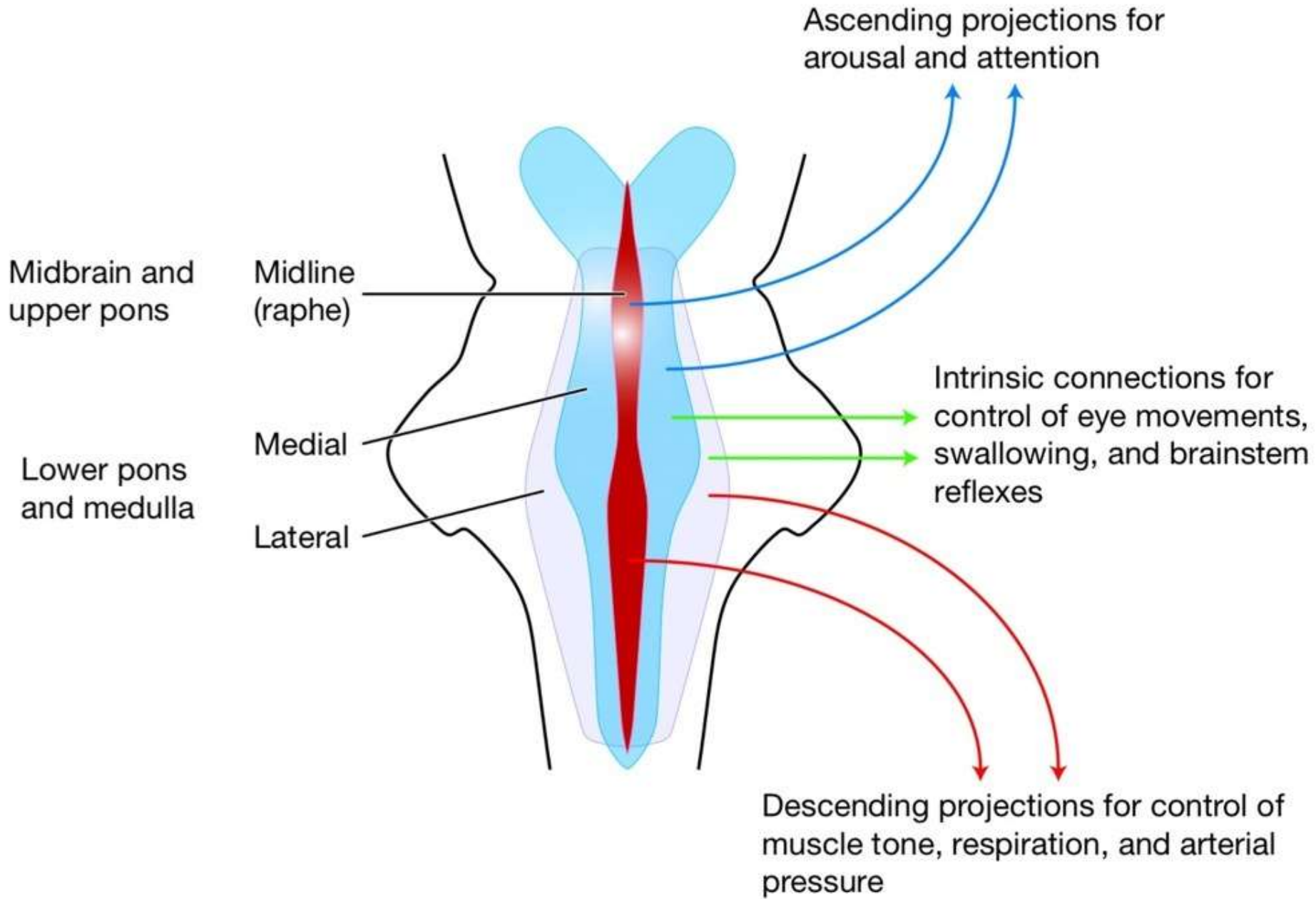


The cranial nerve nuclei schematically represented; dorsal view. Motor nuclei in red; sensory in blue.

Formatio reticularis magjai

- Median magcsoport (raphe magok)
- Medialis magcsoport (magnocellularis)
- Lateralis magcsoport (parvocellularis)

- Catecholamin magok
- Nuclei reticularis precerebellaris



General organization of the brainstem reticular formation

INPUT

OUTPUT

Forebrain centers
(motor & visceral)

Cerebellum

Cranial nerves
(Visual, auditory & vestibular impulses)

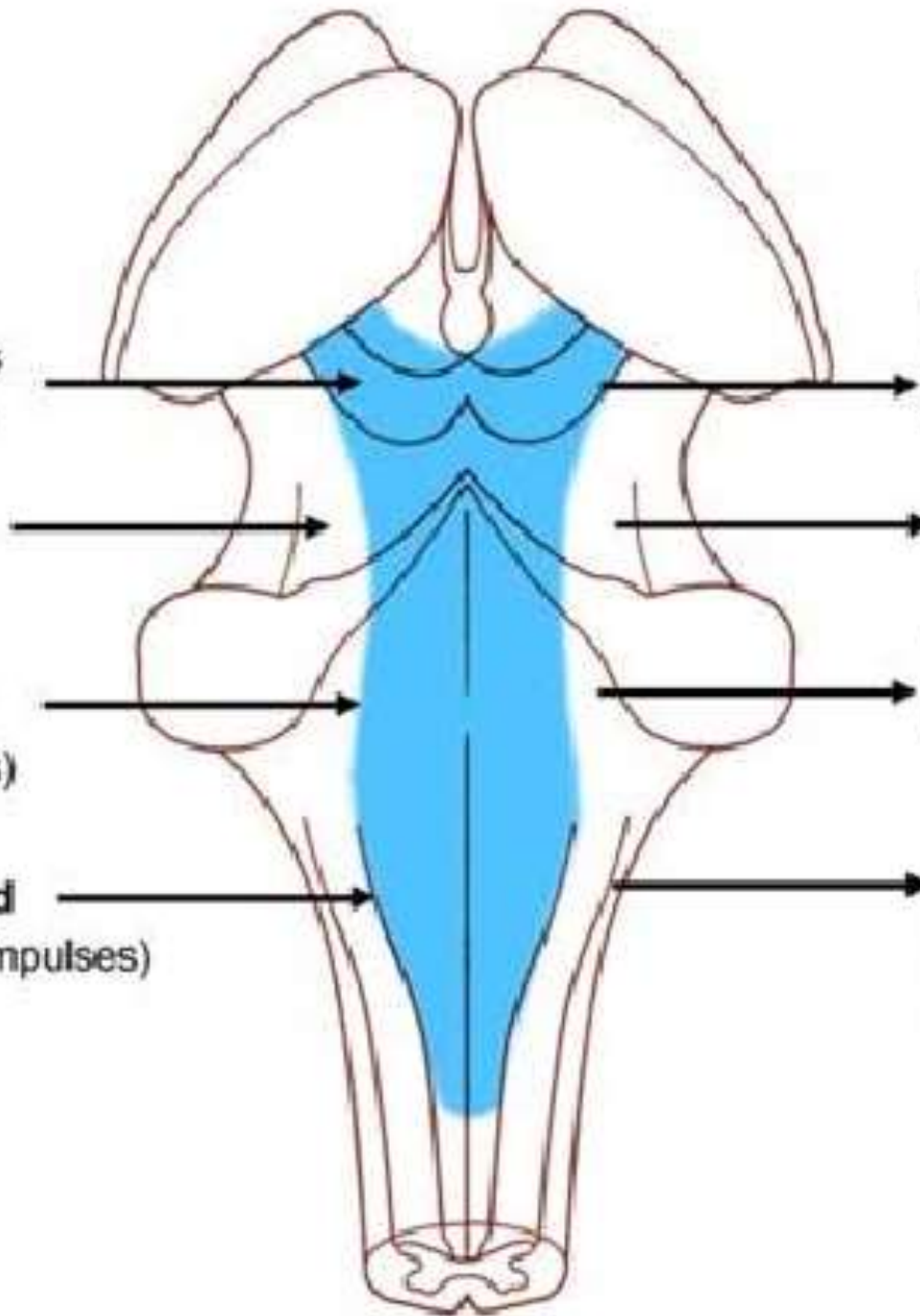
Spinal cord
(somatic sensory impulses)

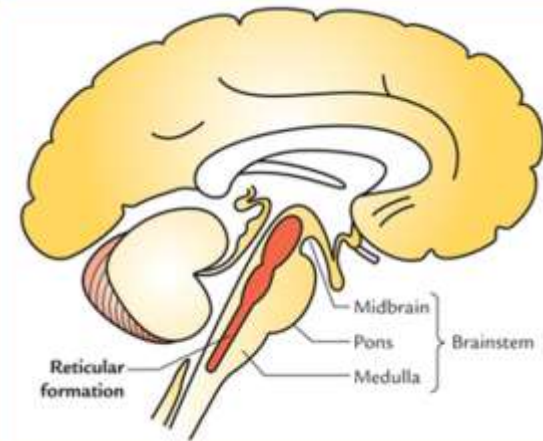
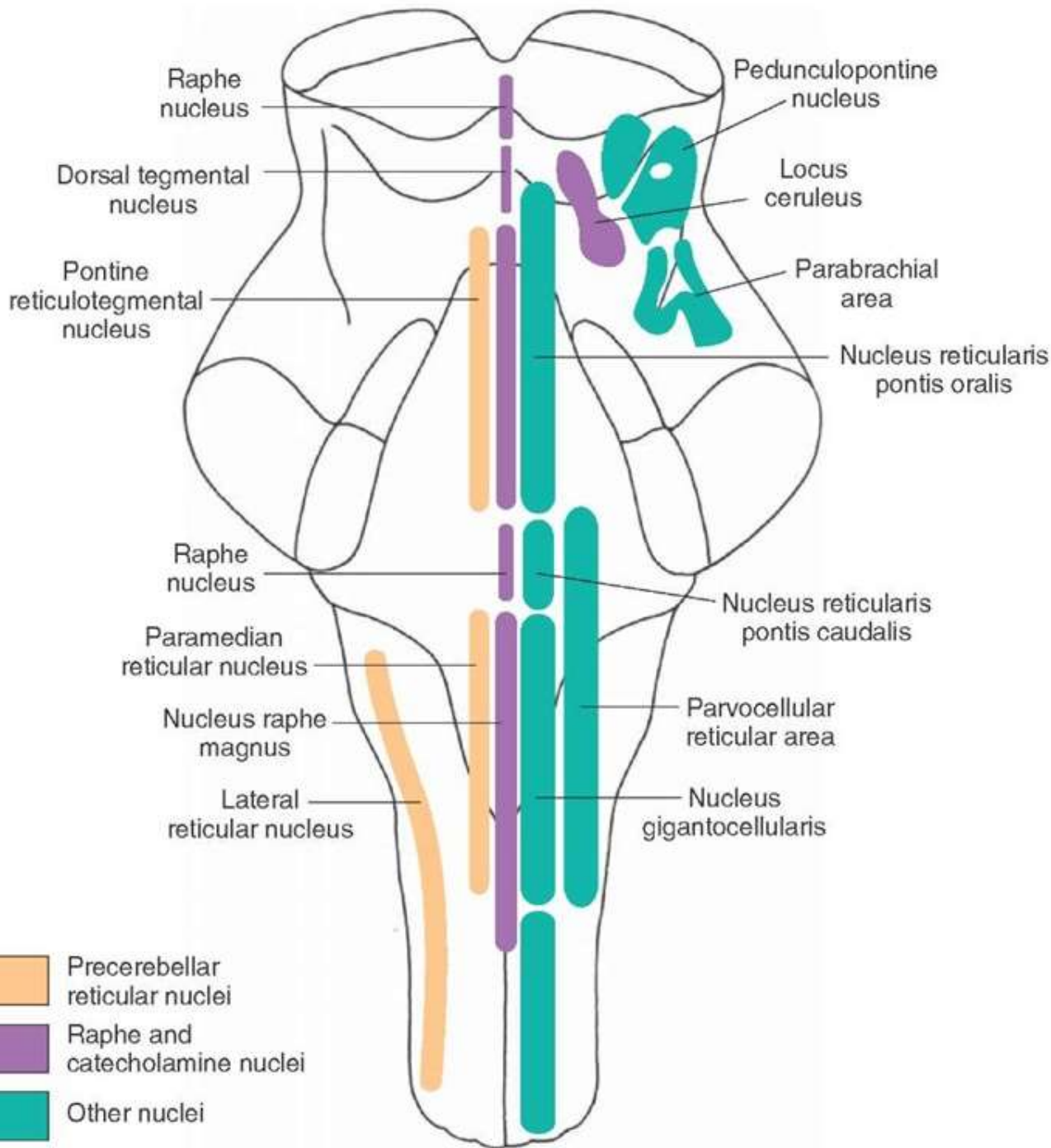
Cerebral cortex
(Ascending reticular activating system)

Cerebellum

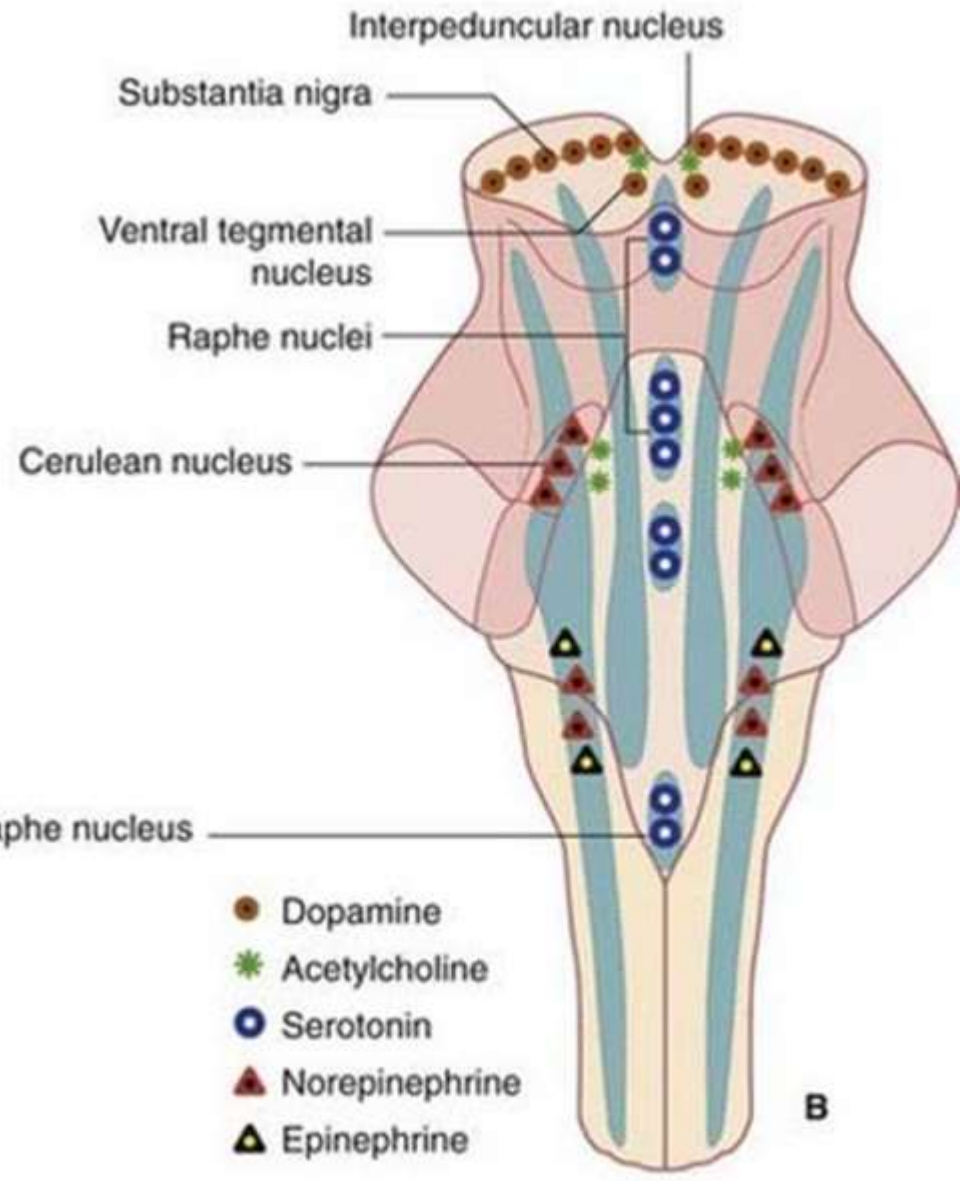
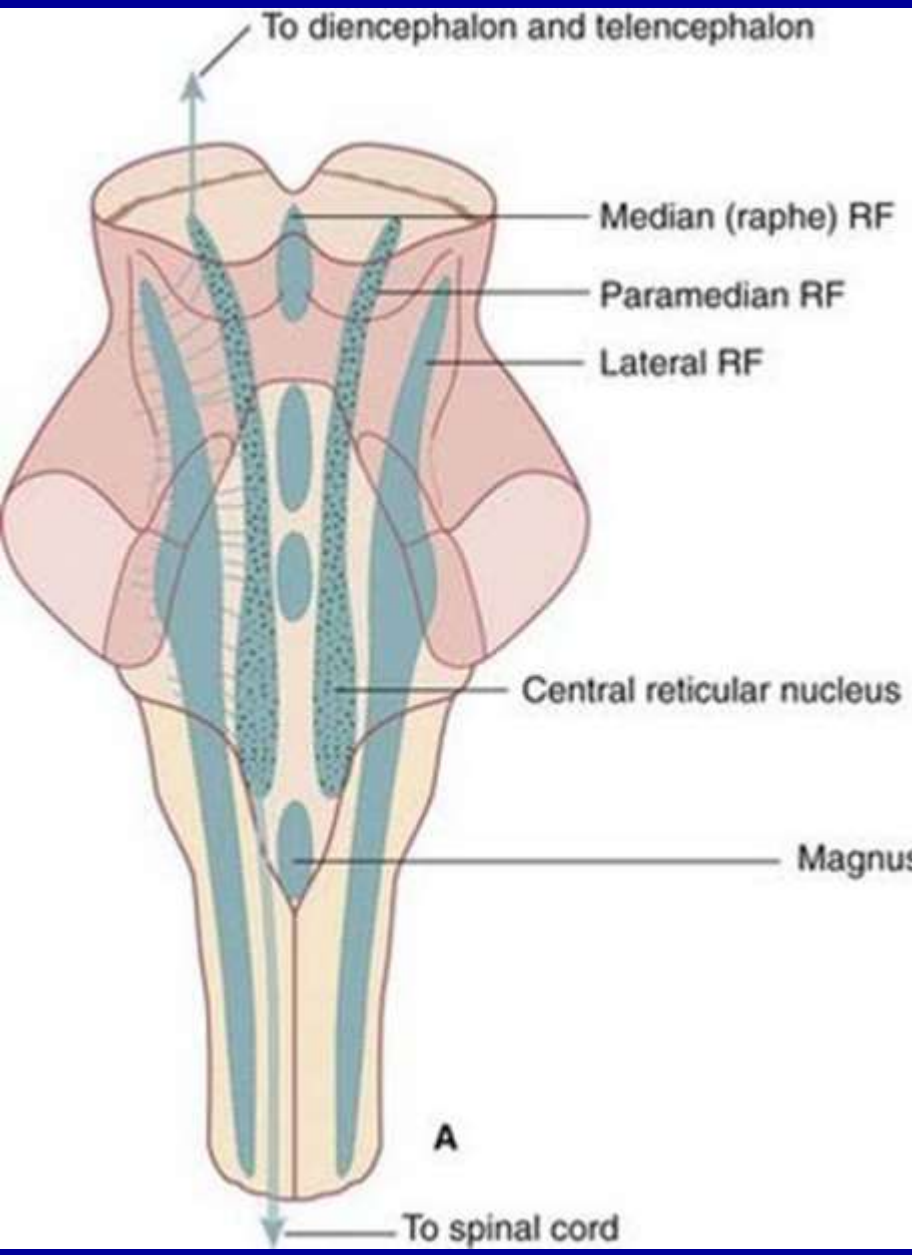
Integrate cranial nerves functions

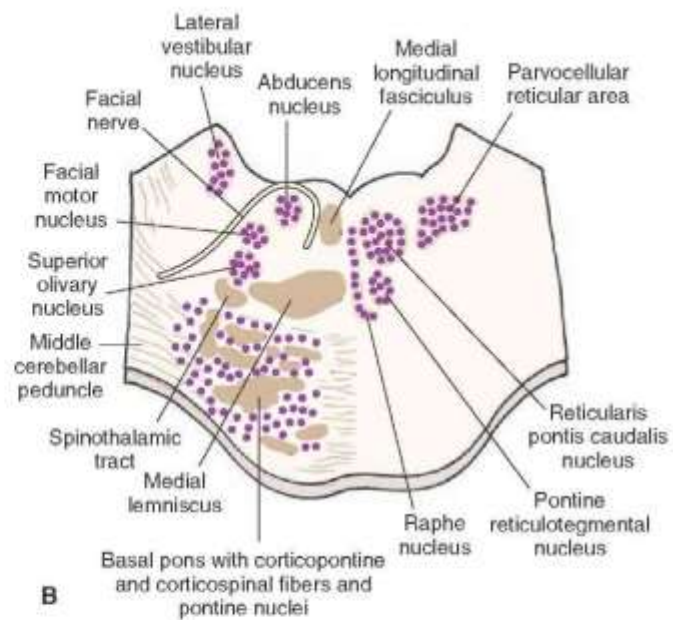
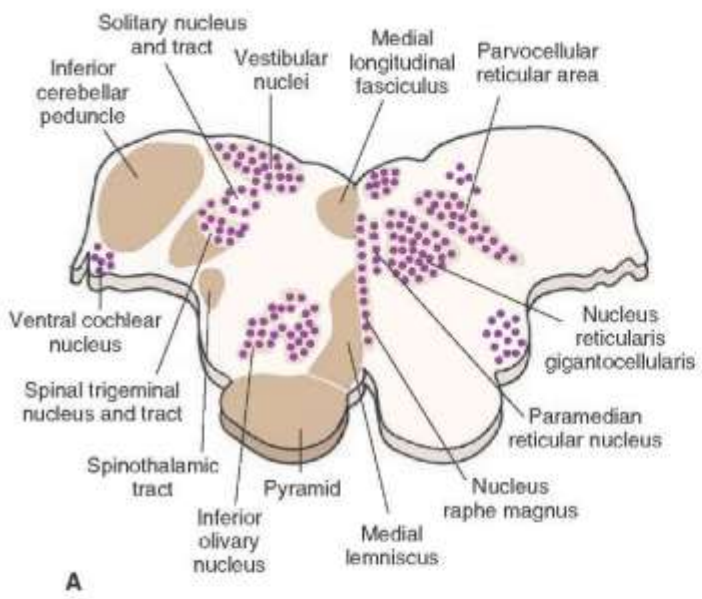
Spinal cord
(Descending motor projections)



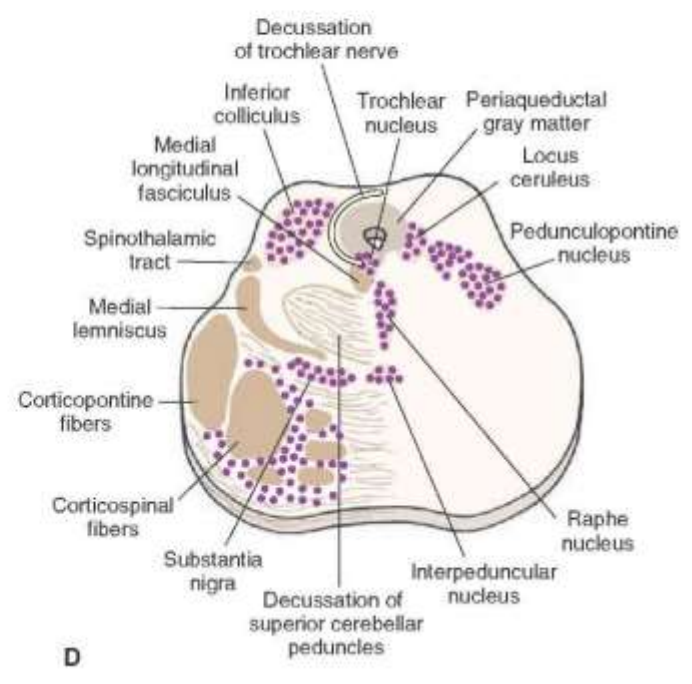
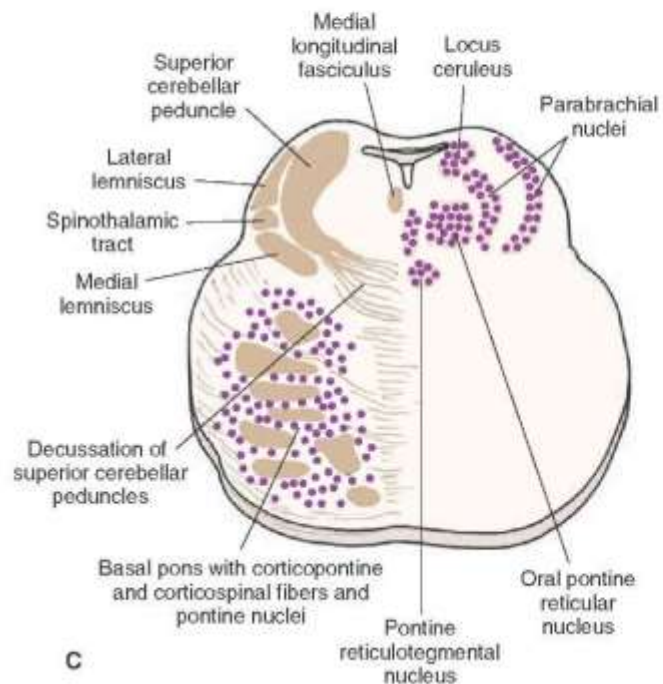


The positions of the magnocellular and parvocellular regions of the reticular formation.





Left side: cranial nerve nuclei, right side reticulat formation nuclei



Cross sections of the brainstem. Note the principal nuclei of the reticular formation as well as other (nonreticular) nuclei situated adjacent to them. Many of these (other) nuclei make synaptic connections with nuclei of the reticular formation. (A) Medulla at level of rostral aspect of inferior olivary nucleus. (B) Level of caudal pons at the level of the abducens and facial nerves. (C) Rostral pons at level of the nucleus locus ceruleus and superior cerebellar peduncle. (D) Oblique section in which the dorsal aspect is at the level of the inferior colliculus of the caudal midbrain and the ventral aspect is at the level of the rostral aspect of the basilar pons

Formatio reticularis

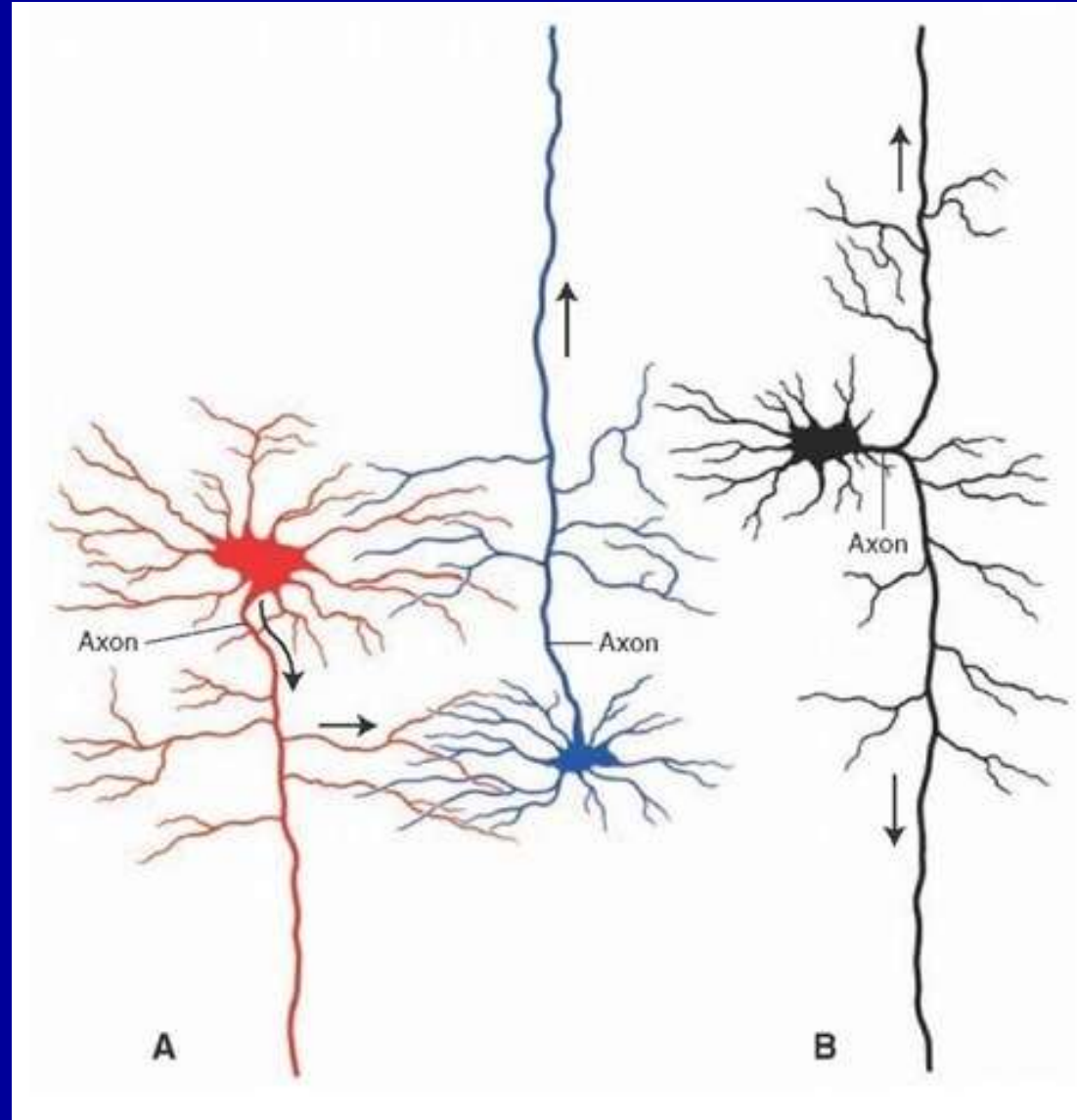
- Afferens kapcsolatok:
 - Érző rendszerekkel
 - Mozgató rendszerekkel
 - Vegetatív rendszerekkel
- Efferens kapcsolatok:
 - A központi idegrendszer minden elemével összekötik, működésükre hatással van

A formatio reticularis funkciói

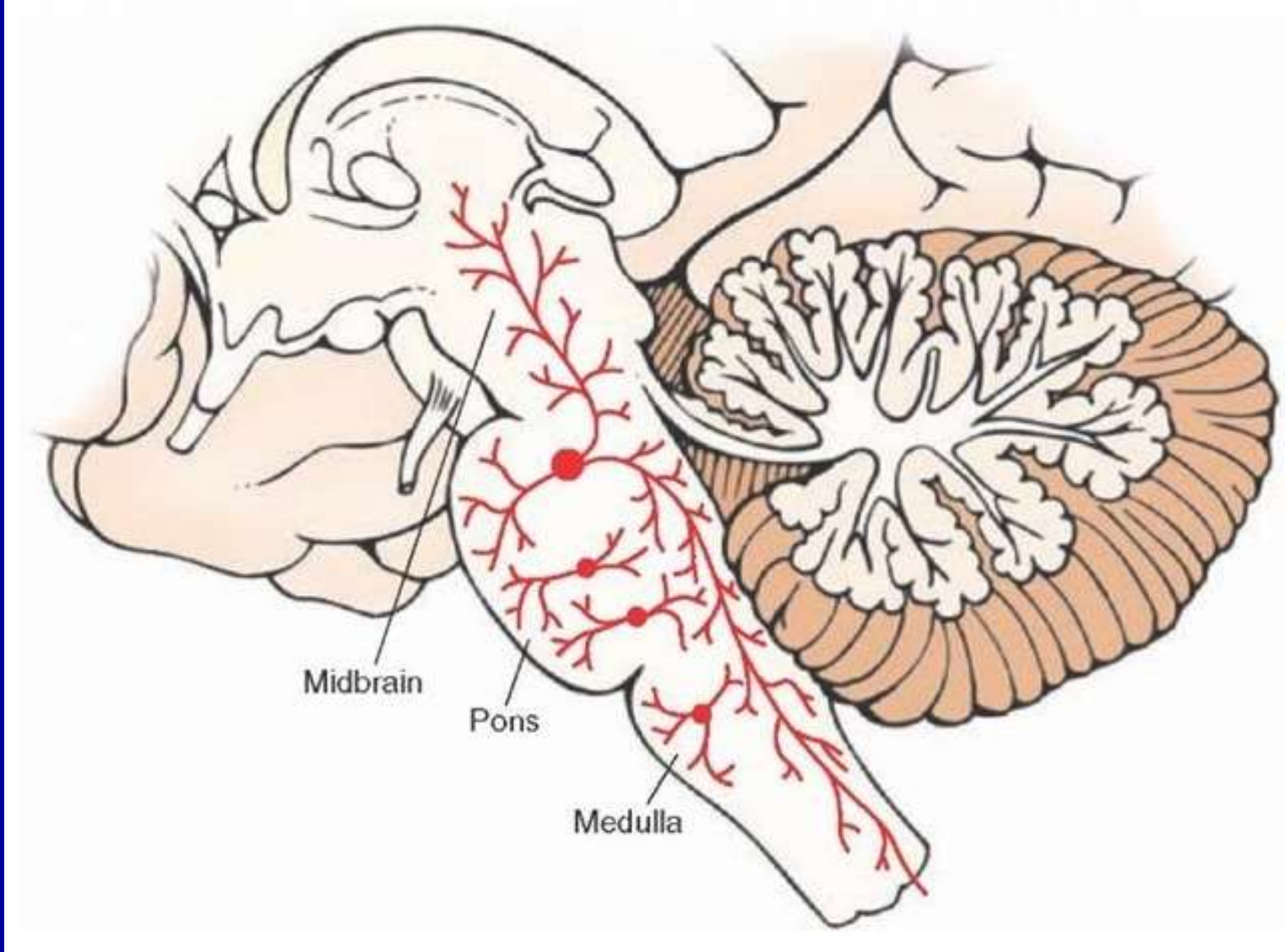
- Pályák:
 - Telencephalon irányába
 - Cerebellum irányába
 - Gerincvelő irányába
- Ascending reticularis aktiváló rendszer (ARAS)
 - Ébredés, tudat
- Reticulospinalis, reticulobulbaris rendszer
 - Motoros és zsigeri funkciók
- Raphe magok (serotonin)
 - Tudati állapot

A formatio reticularis szervezési sémája

- Szabályozó, szervezési és összehangoló funkciók
- Középvonali magok
 - Fel és leszálló szerotoninergerg pályák
- Mediális magok (magnocellularis)
 - Afferensek: motoros pályák,
 - Efferensek: thalamus, felszálló – reticulospinalis, leszálló
- Laterális magok (parvocelluláris)
 - Afferensek: szenzoros pályák, efferensek: hypothalamus, gerincvelő



Different types of neurons in reticular formation can influence other regions along the neuraxis of the central nervous system. (A) The long descending neuron on the left (shown in red) gives off a collateral that makes synaptic contact with another neuron (shown in blue) that contains a long ascending axon. (B) Alternatively, a single axon may bifurcate, giving rise to both long ascending and descending branches



Midbrain

Pons

Medulla

Ascending and descending axons in the reticular formation. A sagittal section from the brainstem displays large cells in the magnocellular region of the reticular formation. Shown in this illustration is a neuron that bifurcates into an ascending and a descending branch. The branches give off collaterals to the structures adjacent to the reticular formation as well as to other nuclei of the reticular formation

Középvonali (raphe)magok

- Serotoninergerg magcsoport
 - Felszálló pályák: cortex, thalamus
 - Tudati állapot: (alvás – ébrenlét)
 - Leszálló pályák: raphespinalis pálya
 - Hátsó szarv: fájdalom érzés
 - Oldalsó szarv: visceromotor aktivitás
 - Első szarv: somatomotor aktivitás

Mediális (magnocelluláris) magok

- Afferensek:
- Főleg bifurkáló axonú sejtek
- Reticulothalamicus pálya, thalamus intralamináris magok (ARAS)
- Tractus reticulospinalis – cornu ant.
 - Hídból eredő pályák: horizontális és vertikális tekintési pályák
 - Nyúltvelőből eredő pályák: első szarv

Ascending reticular activating system

- Tudati állapot meghatározása
- A formatio reticularis afferenseket kap a felszálló érző pályákból
- Efferensek: thalamus intralamináris magokon keresztül diffúzan végződik a cortexben – az agykéreg jelentős területeit aktiválja

Újabb vizsgálatok

- A formatio reticularis mind 3 magcsoportja részt vesz az ARAS működésében
- Mély alvás: izomtónus csökkenés, fenntartott vegetatív működés: (szívműködés, légzés) – noradrenerg, cholinerg és szerotoninerg mechanizmusok

Ascending reticular activating system (ARAS)

- Serotonerg magok: nucleus dorsalis és medianus raphe
- Dopaminerg magok: ventral tegmental area és a substantia nigra pars compacta
- Noradrenerg magok: locus coeruleus és a kapcsolódó agytörzsi magok
- Histaminergic magok: nucleus tuberomamillaris
- Cholinerg magok: előagyi cholinerg magok és a híd tegmentum cholinerg magjai: laterodorsal tegmental nucleus és a pedunculo pontine nucleus)
- Thalamus magjai: nucleus reticularis thalami és az intralamináris magok, főleg a nucleus centromedianus

Ascending reticular activating system funkciója

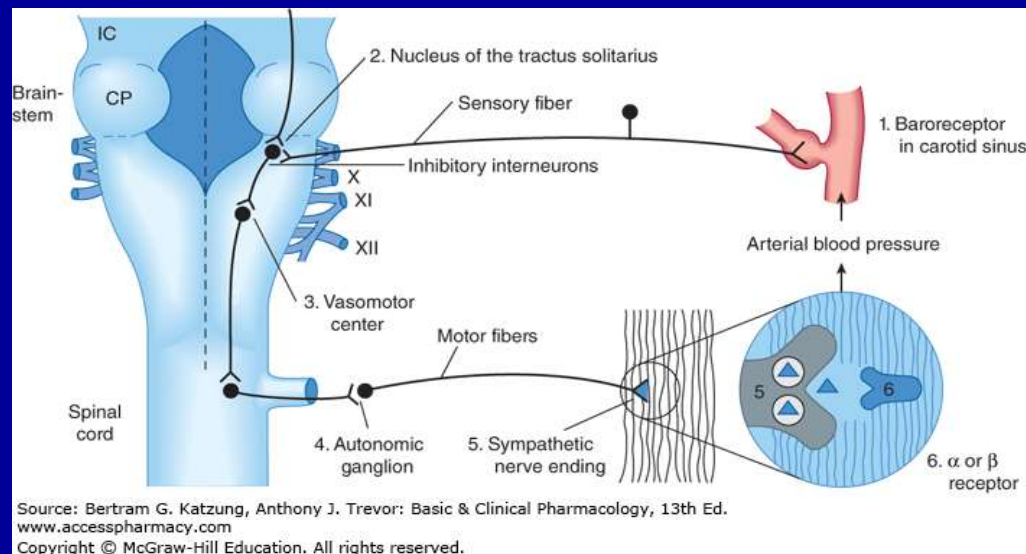
- Tudati állapot
- Alvás ébrenlét átmenet
- Figyelem

Lateralis (parvocellularis) magok

- Noradrenerg és cholinerg sejtcsoportokat is tartalmaz
- Afferensek: felszálló érző pályák (GSA), látó, halló és egyensúlyozó pályák, zsigeri érző pályák (V, VII, IX, X, XI – SVA, GVA)
- Felszálló rostok: hypothalamus
- Leszálló rostok: nyúltvelő, gerincvelő
- Életfontosságú légző és keringési kp.

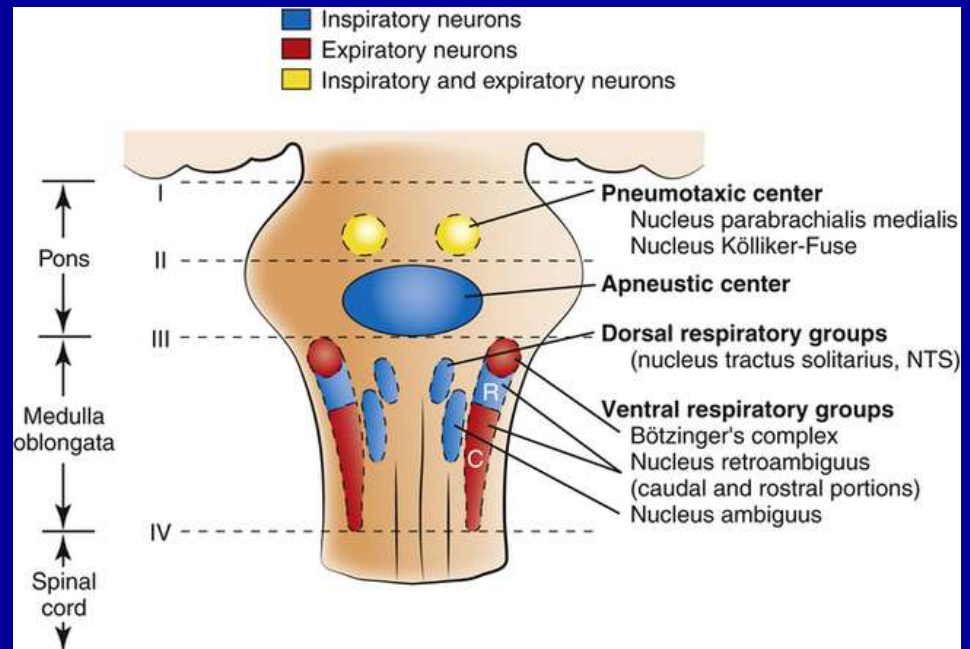
Laterális sejtcsoportok

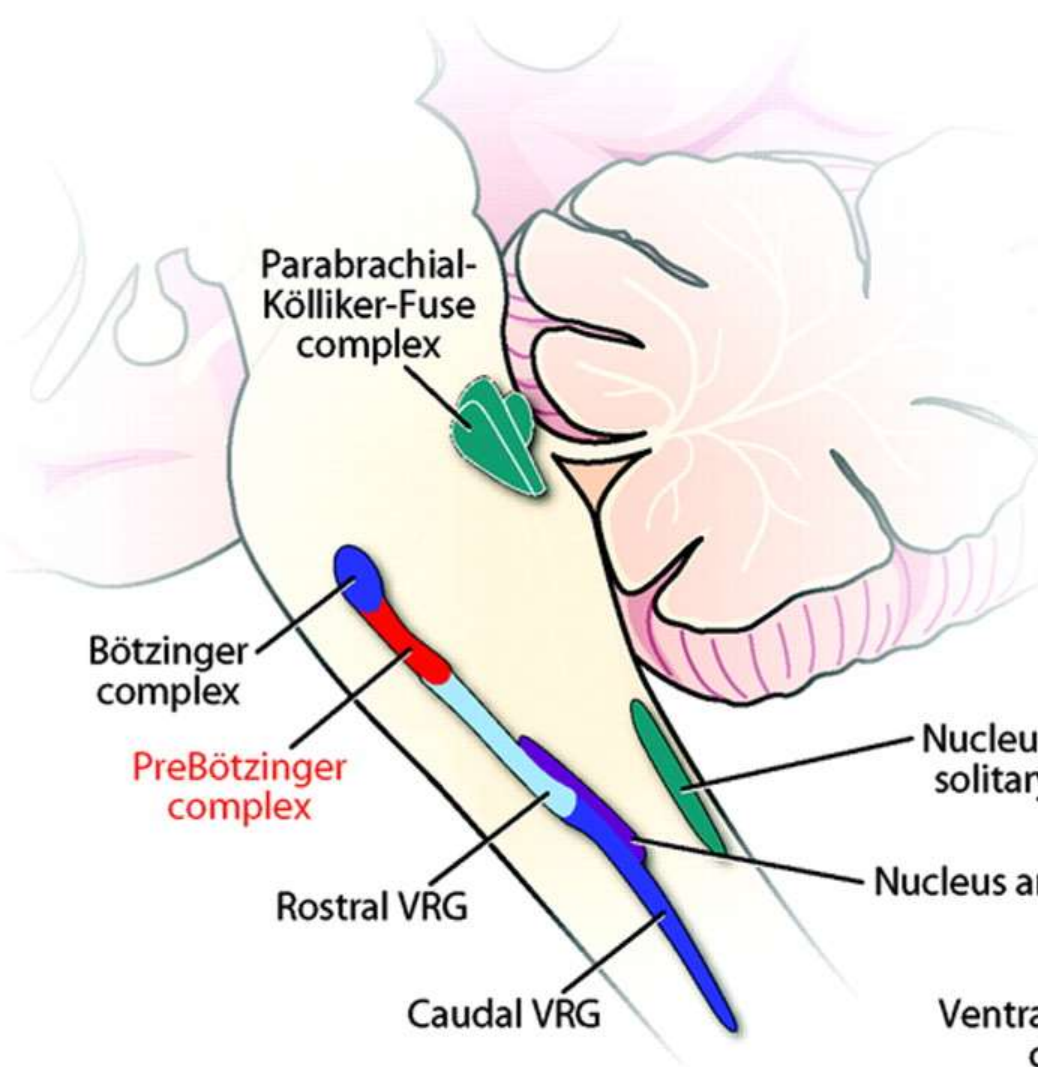
- Vérnyomás szabályozás (vasomotor kp.)
 - Noradrenalin sejtcsoport
 - Afferensek: tractus solitarius (IX) – sinus caroticus
 - Efferensek: leszálló, nyúltvelő légző központ – laterális sejtcsoport – (X)
 - Efferensek: felszálló – hypothalamus



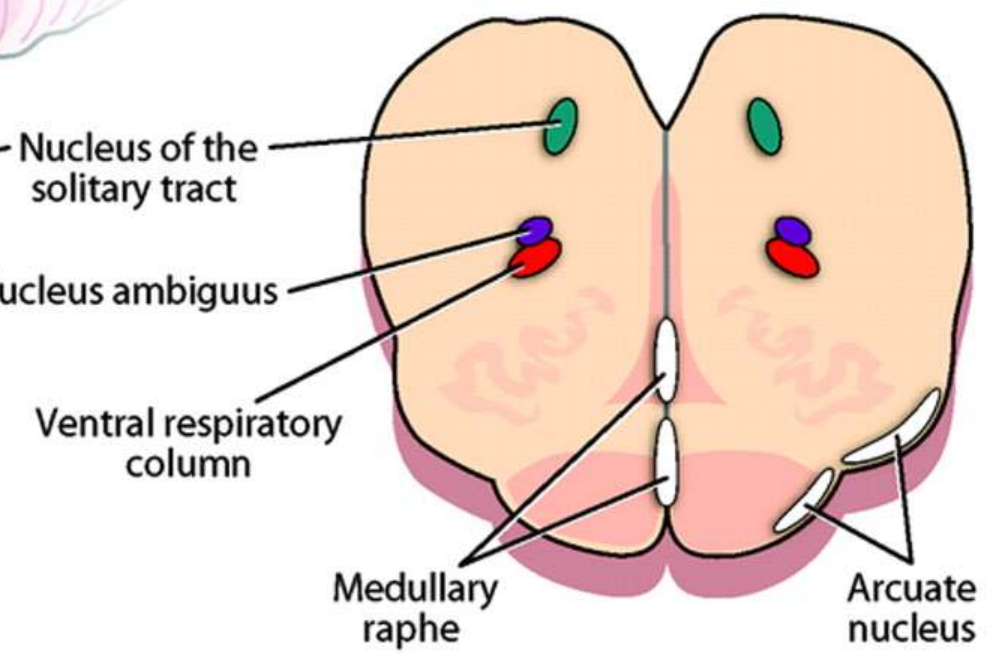
Laterális sejtcsoportok

- Légzés szabályozás
 - Dorsalis légző központ – IX , glomus caroticus
 - Ventrális légző központ – noradrenerg sejtcsoport, légző izmok
- Egyéb funkciók
 - Nyelés
 - Hányás
 - Stb.



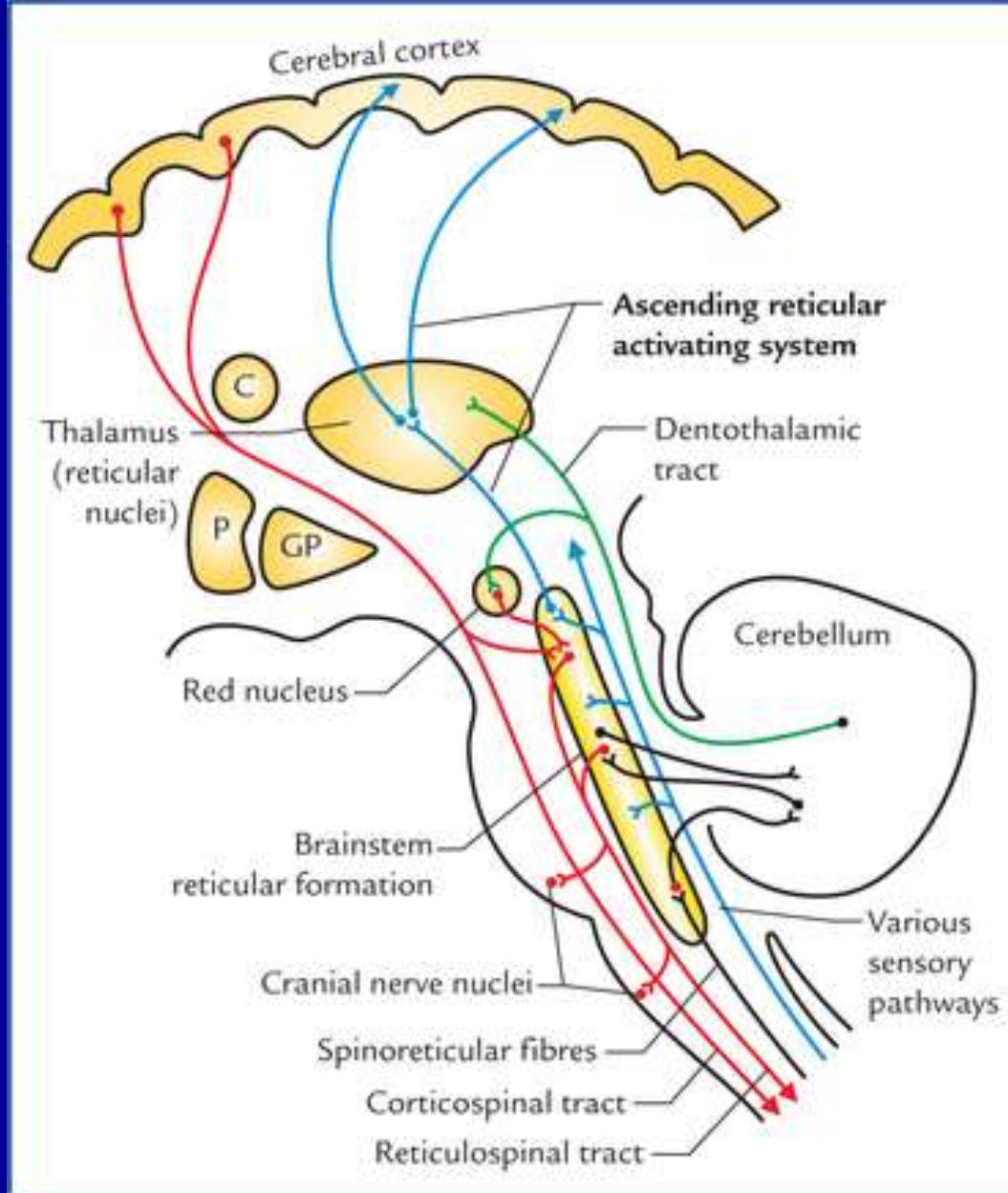


- Respiratory rhythm-generating neurons
- Expiratory or inspiratory neurons
- Expiratory neurons
- Inspiratory neurons
- Chemosensitive neurons
- Laryngeal motoneurons

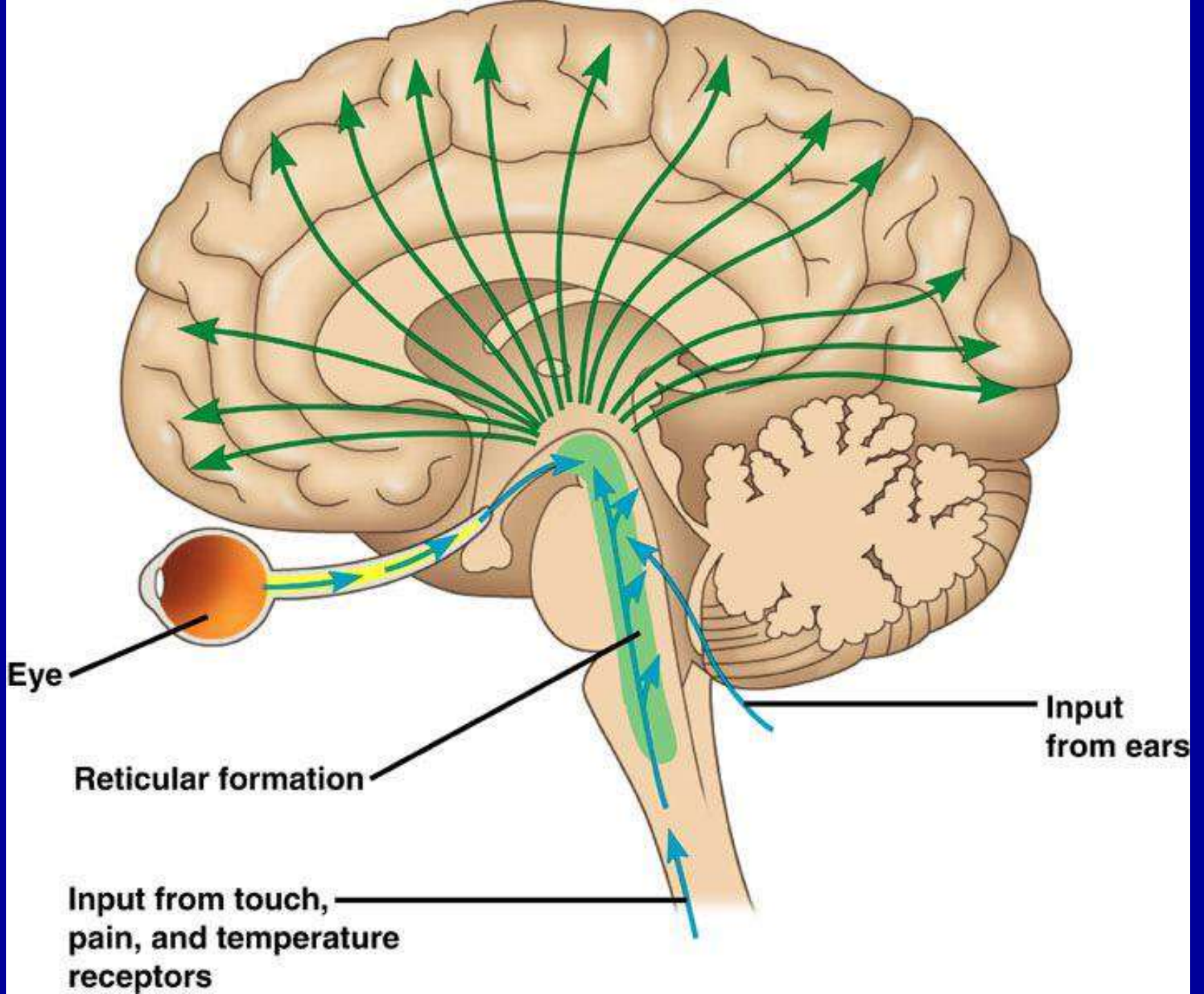


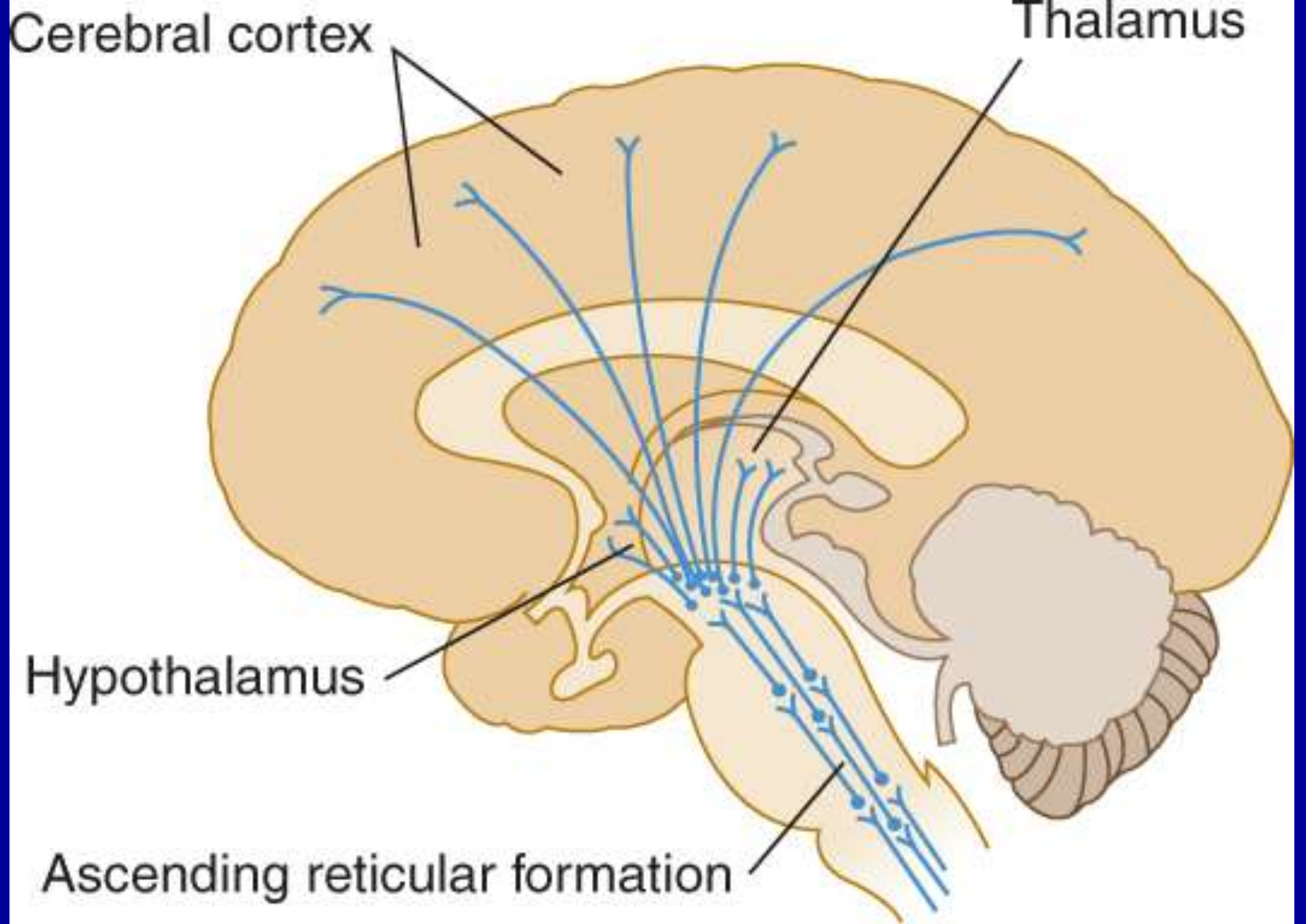
Laterális sejtcsoportok

- Tudati állapot befolyásolása
- Aktivitás fokozás: norepinephrin
 - felszálló pályák: a CNS területe
 - Leszálló pályák: gerincvelő
 - Ébredés, ébrenlét szabályozás
 - Stress, szorongás
- Aktivitás gátlás: acetilcholin



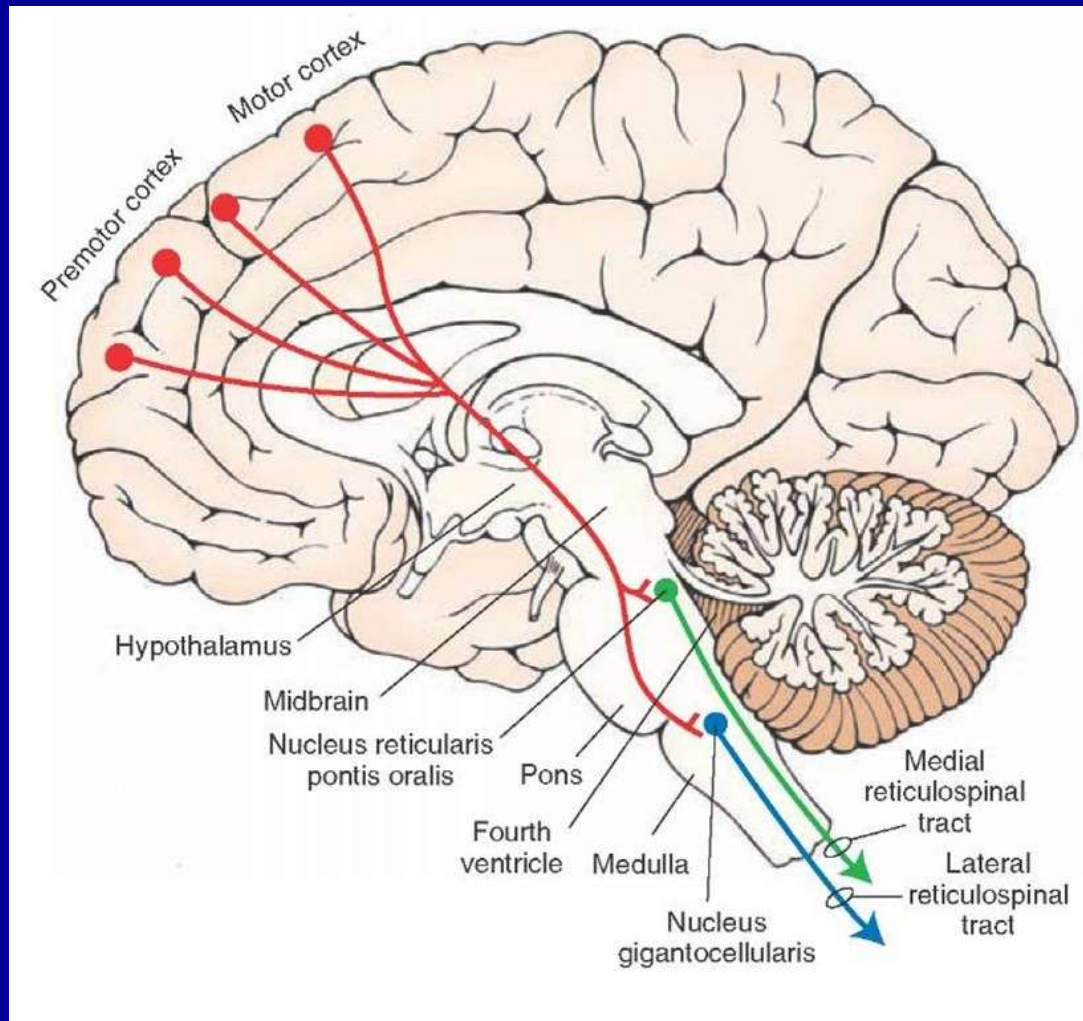
Connections of reticular formation. (P = putamen, and GP = globus pallidus.)
 The reticular pathways are polysynaptic, both ascending, descending, and crossed and uncrossed.





Source: Waxman SG: *Clinical Neuroanatomy: Twenty-Seventh Edition*:
www.accessmedicine.com

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.



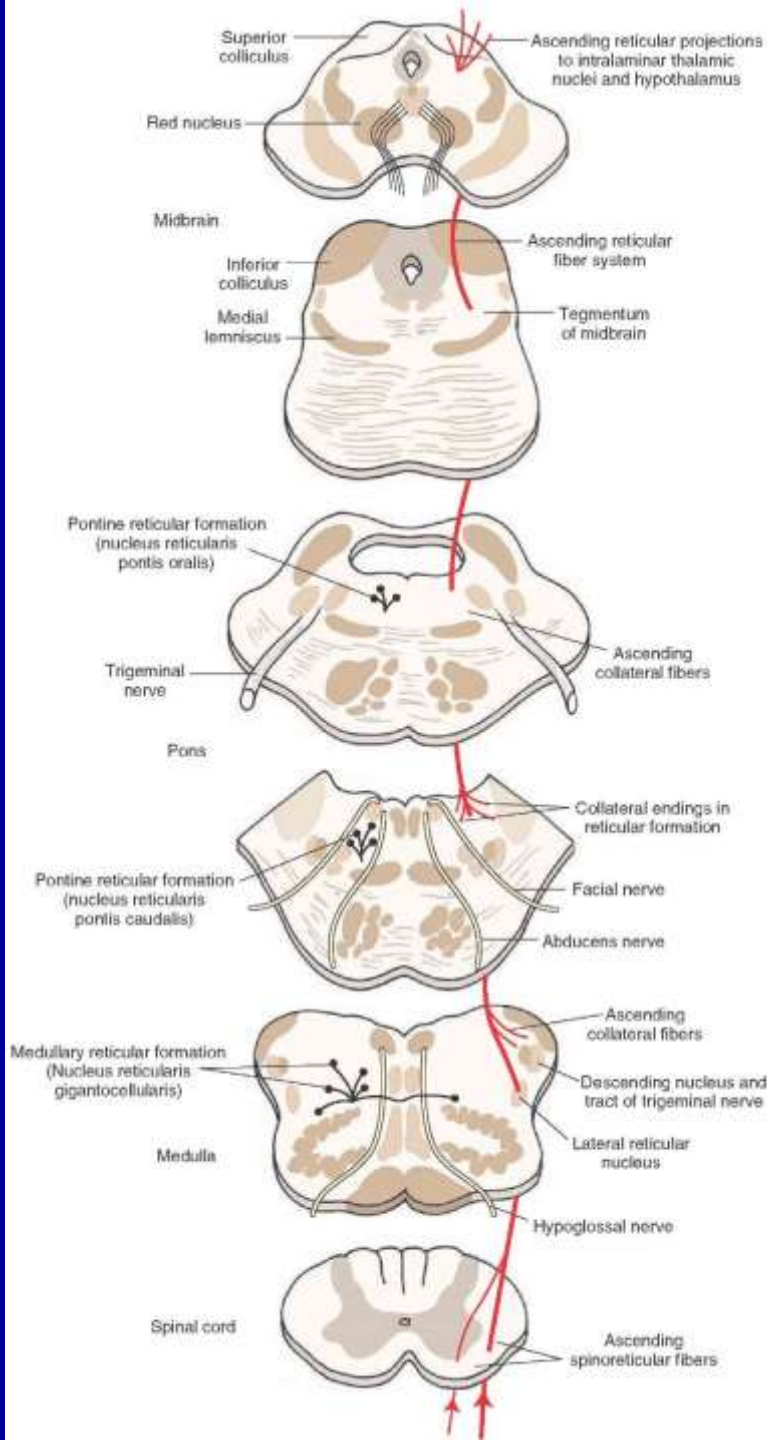
Corticoreticular projections. Sagittal view of the brain depicting the principal projections of fibers from the cerebral cortex to the reticular formation (shown in red). The largest majority of fibers arise from the motor and premotor cortices. The primary targets of these projections include the nucleus reticularis pontis oralis and nucleus reticularis gigantocellularis of the medulla, which give rise to the medial (green) and lateral (blue) reticulospinal tracts, respectively, and **play important roles in regulating muscle tone.**

Tractus reticulospinalis

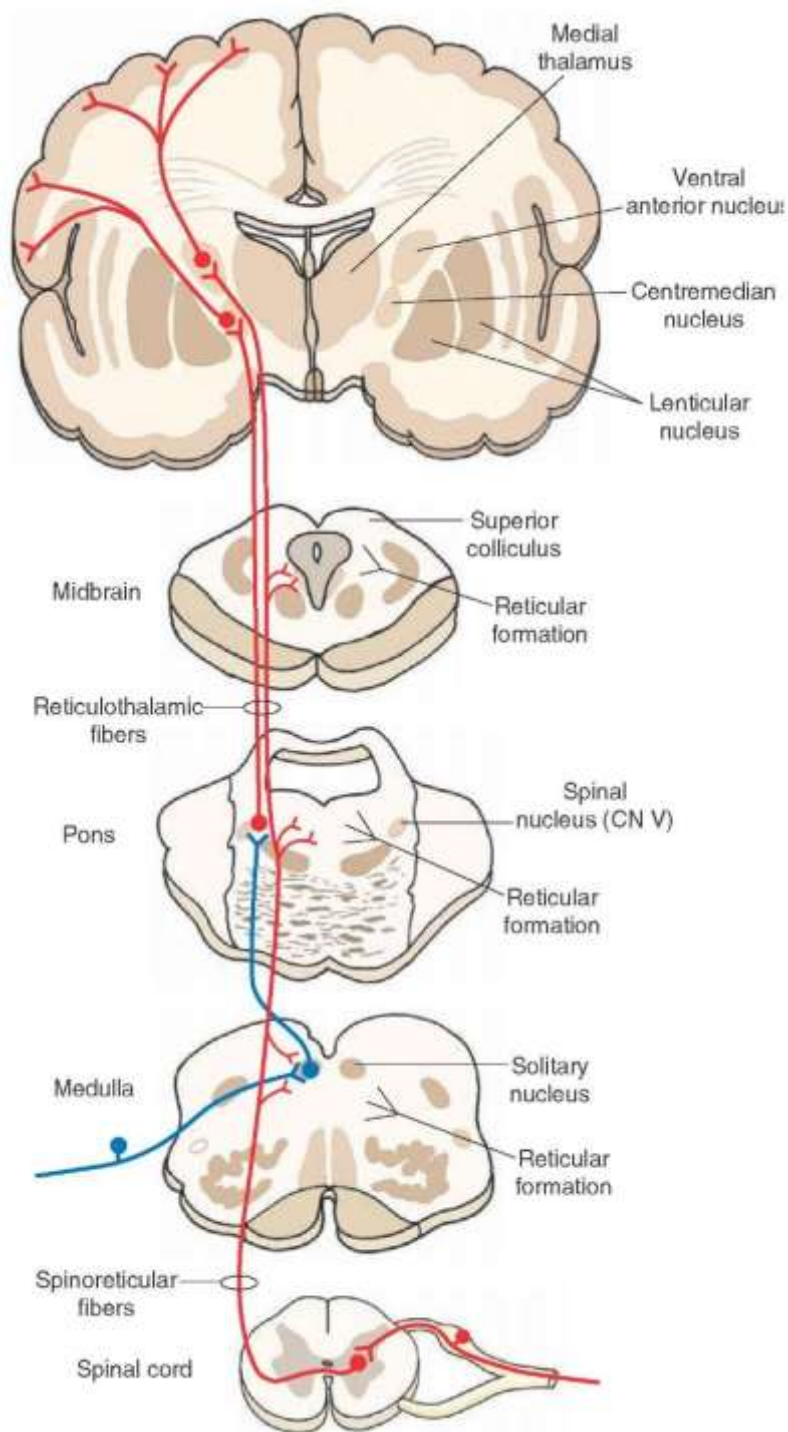
- Legősibb leszálló pályarendszer
- Több mint 100 kis neuronhálózat
- Medialis (pontin) tractus reticulospinalis
 - Extensor (antigravitációs) izmok serkentése (VII, VIII lamina)
- Lateralis (medullary) tractus reticulospinalis
 - Extensor (antigravitációs) izmok gátlása (VII, IX lamina)
- Integrálja a mozgás és testtartás automatikus változásait
- Izomtónust befolyásolja
- Vegetatív funkciókat befolyásolja
- Fájdalom érzetet befolyásolja

A tractus reticulospinalis funkciója

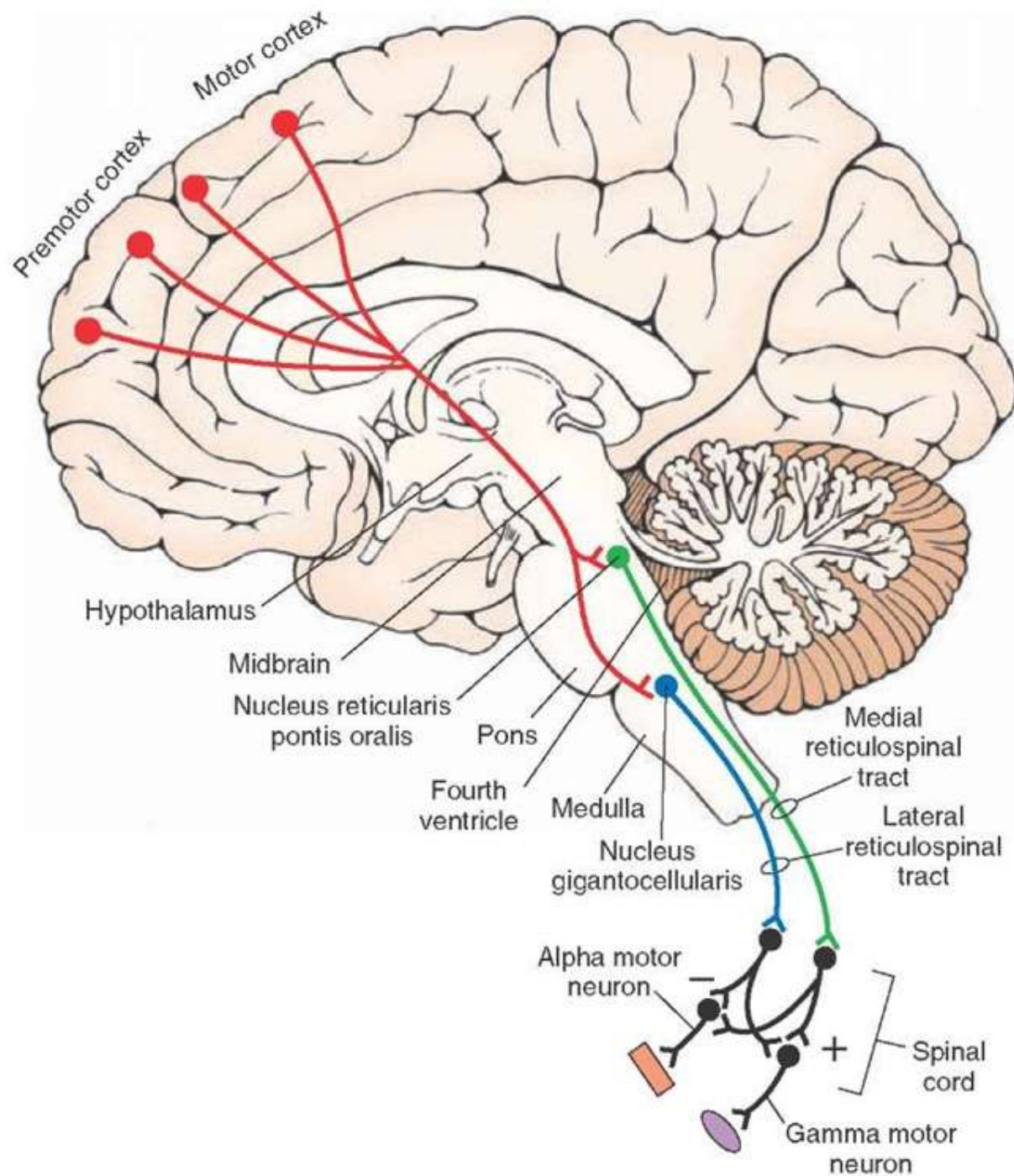
- Szomatikus motoros szabályozás: tractus reticulospinalis
 - Izomtónus
 - Egyensúly
 - Testhelyzet mozgás közben
 - Integrálja a látási, hallási és egyensúlyozási információkat
 - Ritmikus mozgásokat irányít: légzés, nyelés
- Visceromotoros szabályozás
 - Cardiovascularis hatások
- Fájdalom
- Alvás, tudatállapot
- Habitáció – hozzászokás a környezeti hatásokhoz



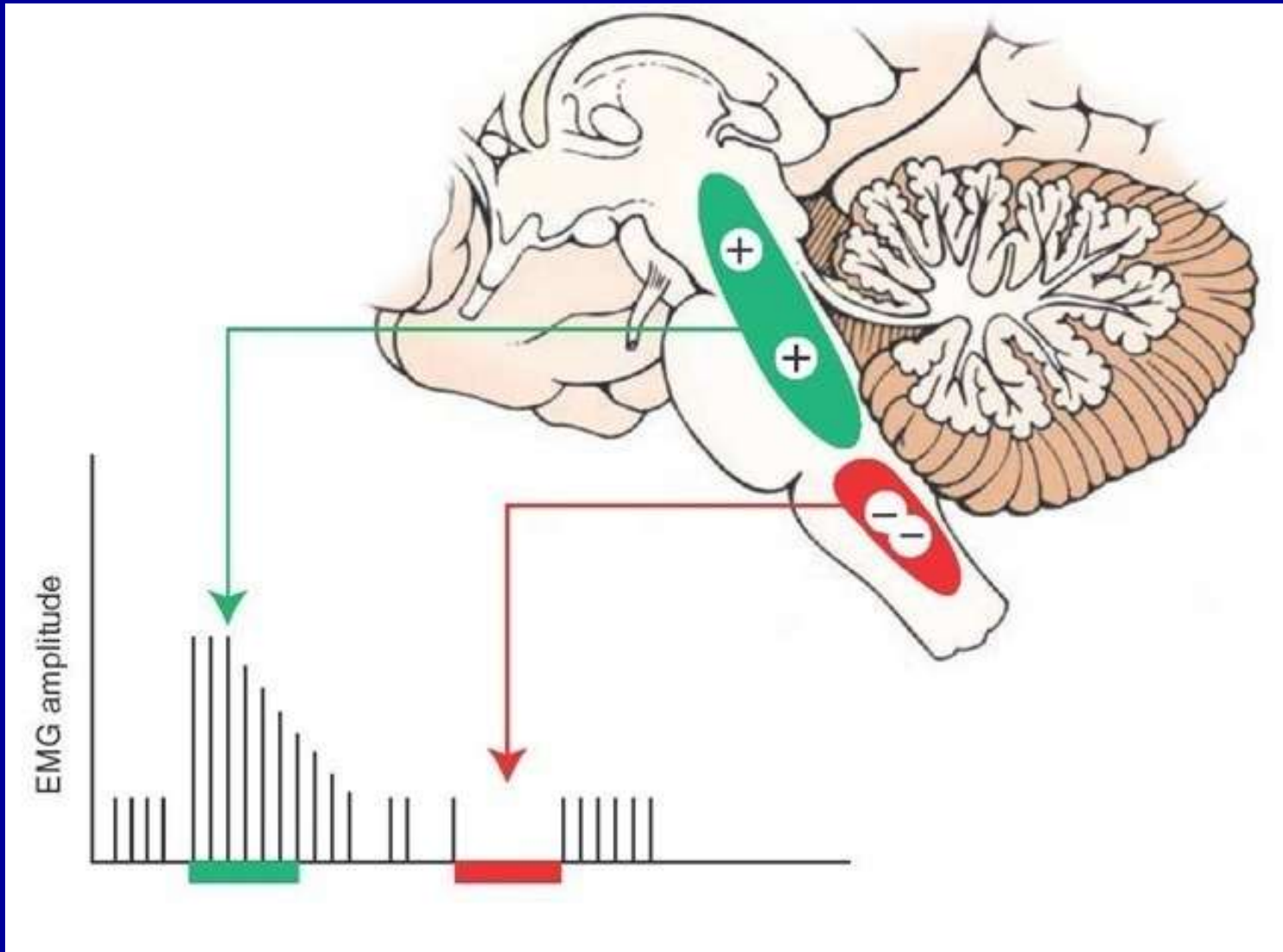
The connections of the lateral spinothalamic tract, including those made with the reticular formation



The ascending connections of the reticular formation and inputs into the reticular formation from lower levels of the central nervous system. The reticular formation receives spinoreticular fibers (shown in red). The ascending reticular fibers project either directly to the intralaminar nuclei (shown in red) or indirectly through an interneuron from the solitary nucleus to the dorsolateral pons first (shown in blue); neurons from intralaminar nuclei then project directly to the cortex (shown in red) or to specific thalamic nuclei, which then project to the cerebral cortex (not shown in this diagram). **By either direct or indirect routes, inputs from the reticular formation can influence cortical activity and the transmission of sensory signals to the cortex.** CN = cranial nerve.



Descending motor pathways to the spinal cord from the pons and medulla. Note also that corticoreticular fibers from motor and premotor cortices modulate the activity neurons of the reticular formation that give rise to the reticulospinal tracts. In turn, reticulospinal tracts modulate the activity of alpha and gamma motor neurons. **Activation of the lateral reticulospinal tract inhibits spinal reflexes (-), and activation of the medial reticulospinal tract facilitates (+) spinal reflexes.**

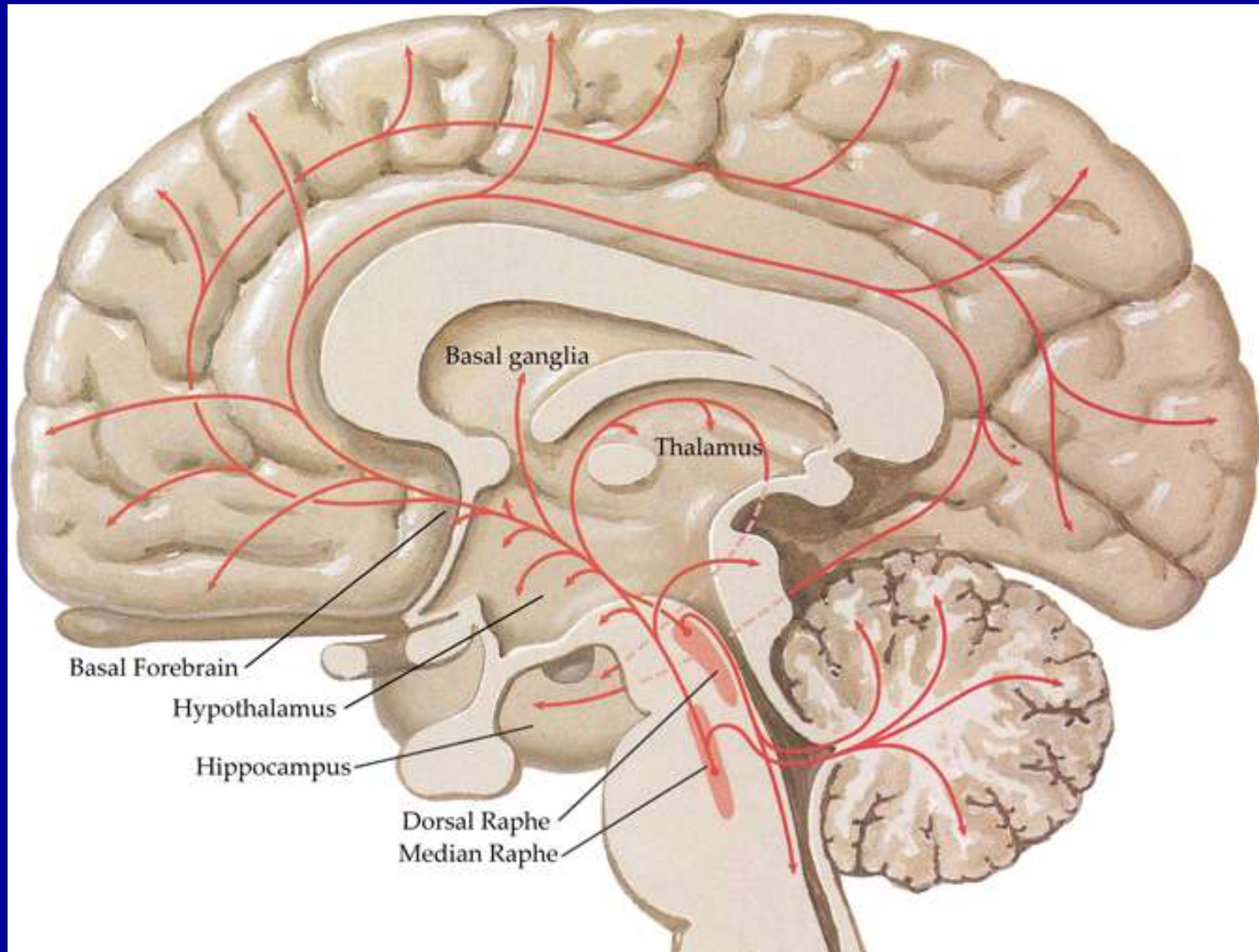


Effects of stimulation of reticular formation on spinal reflexes. Stimulation of the facilitatory zone ([+] shown in green) of the reticular formation causes a dramatic increase in the patellar reflex as determined by electromyographic (EMG) measurements, whereas marked suppression of this reflex follows stimulation of the inhibitory zone ([-] shown in red) of the reticular formation

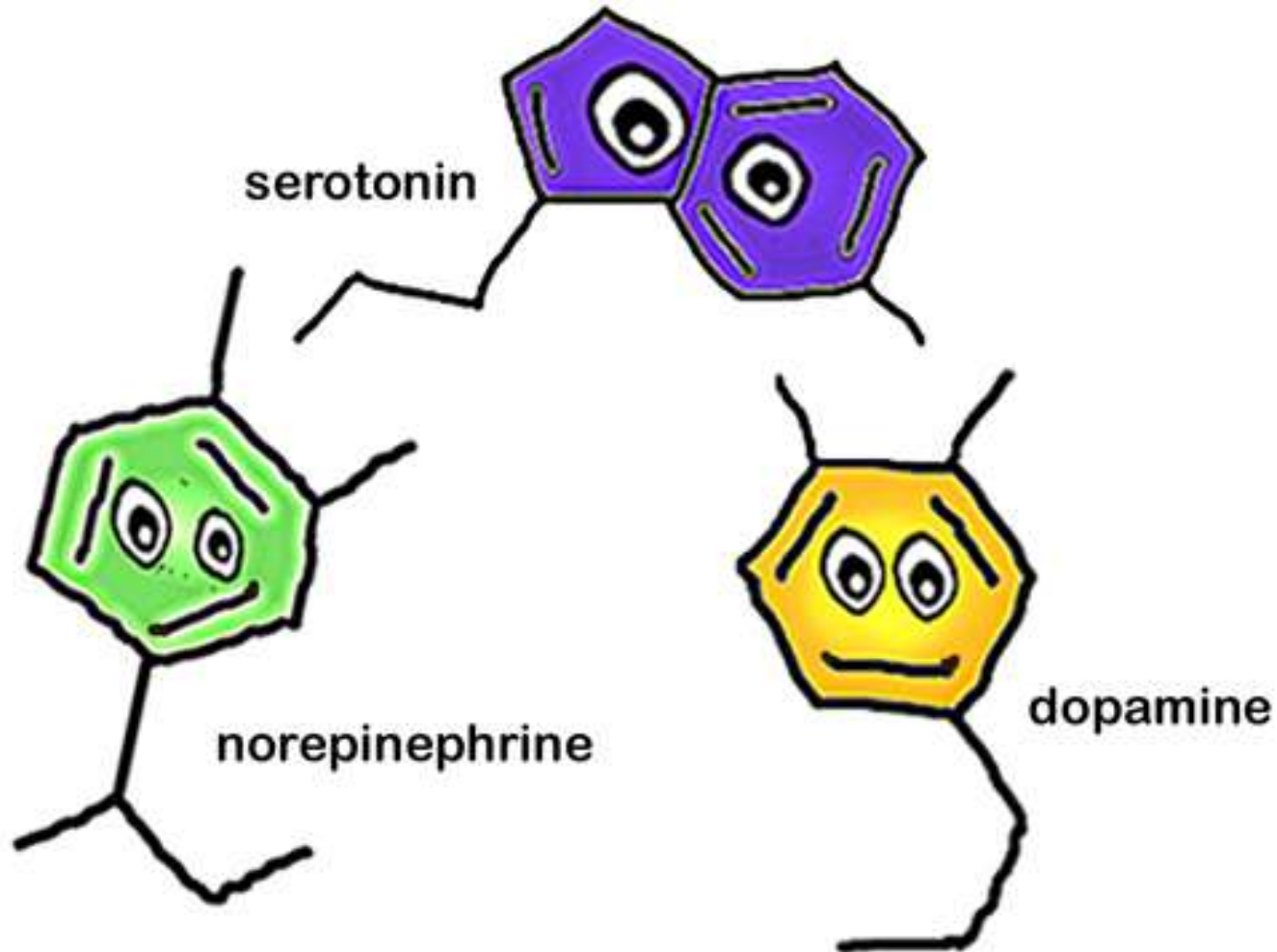
A serotoninerger rendszer

- Termelés: formatio reticuláris raphe magok
- Funkciói:
 - Neuronális fejlődés
 - Hőszabályozás
 - Fájdalomérzés
 - Motoros szabályozás
 - Alvás
 - Étvágy
 - Sexuális viselkedés
 - Agresszió
 - Szorongás
 - Kedély
 - Endokrin szabályozás, kogníció
 - Érzelmek

Serotoninergerg pályák



If I'm moody...



...blame my neurotransmitters

A noradrenerg rendszer

- Locus ceruleus – noradrenalin, norepinephrin termelés
- Formatio reticularis laterális magok, híd nyúltvelő

A locus ceruleus afferens kapcsolatai

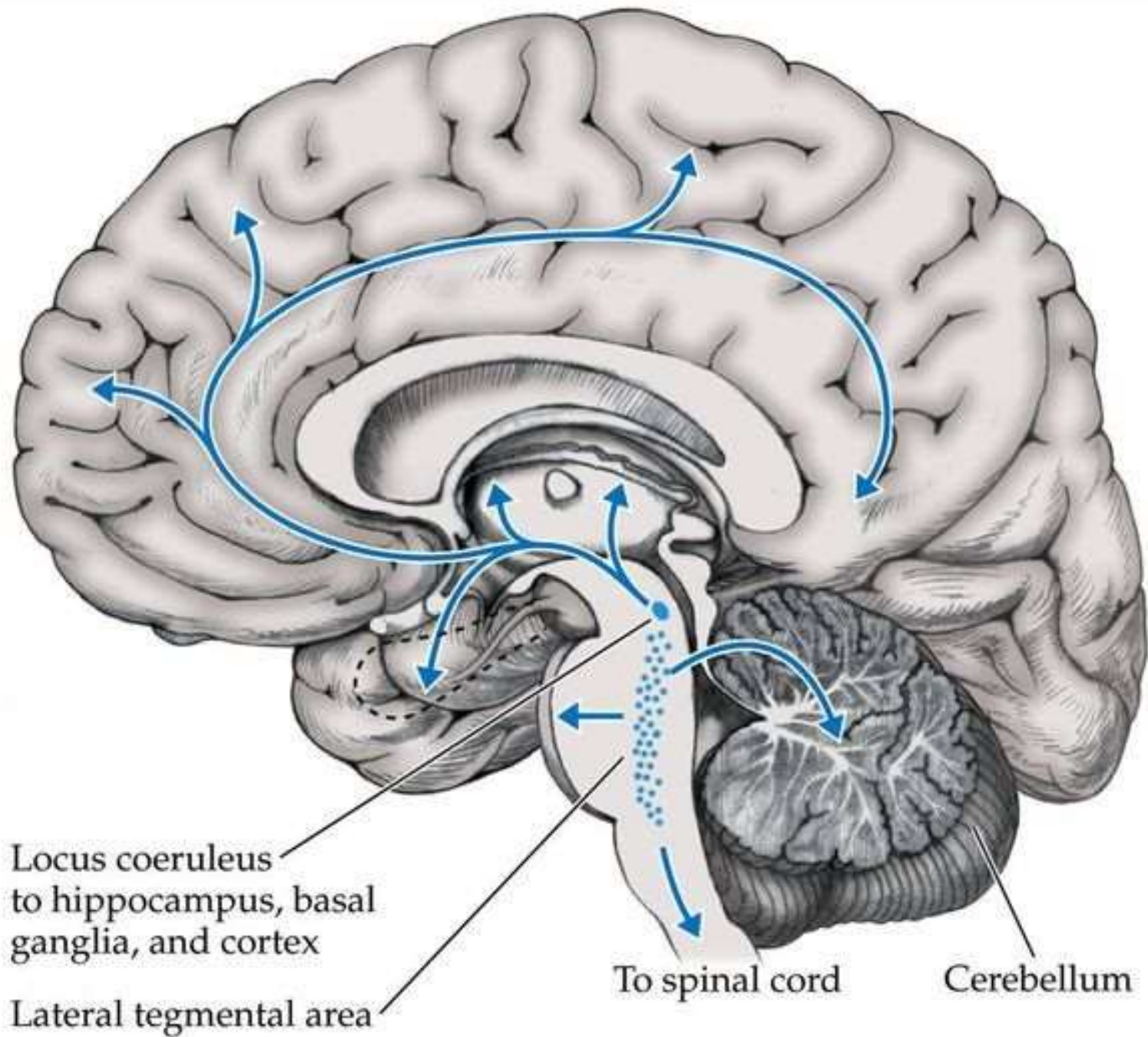
- Medialis prefrontalis cortex – excitatorus, fokozódik az aktivitás fokozódásával
- Nucleus paragigantocellularis – integrálja a vegetatív és környezeti ingereket
- Nucleus prepositus – tekintés központ
- Lateralis hypothalamus – orexin termelés fokozása serkentő hatású a locus ceruleus működésére

A locus caeruleus efferens kapcsolatai

- Amygdala és hippocampus
- Agytörzs és gerincvelő
- Cerebellum
- Cerebral cortex
- Hypothalamus
- Tectum
- Thalamus
- Ventralis tegmentalis area

Locus ceruleus funkciói

- Felébredés, alvás – ébrenlét ciklus
- Figyelem és memória
- Stressz – szimpatikus hatások
- Magatartás, (pszichológiai)
- Cognitive kontrol
- Érzelmek
- Neuroplaszticiás
- Testtartás, egyensúly



If I'm nervous...



norepinephrine



dopamine



GABA

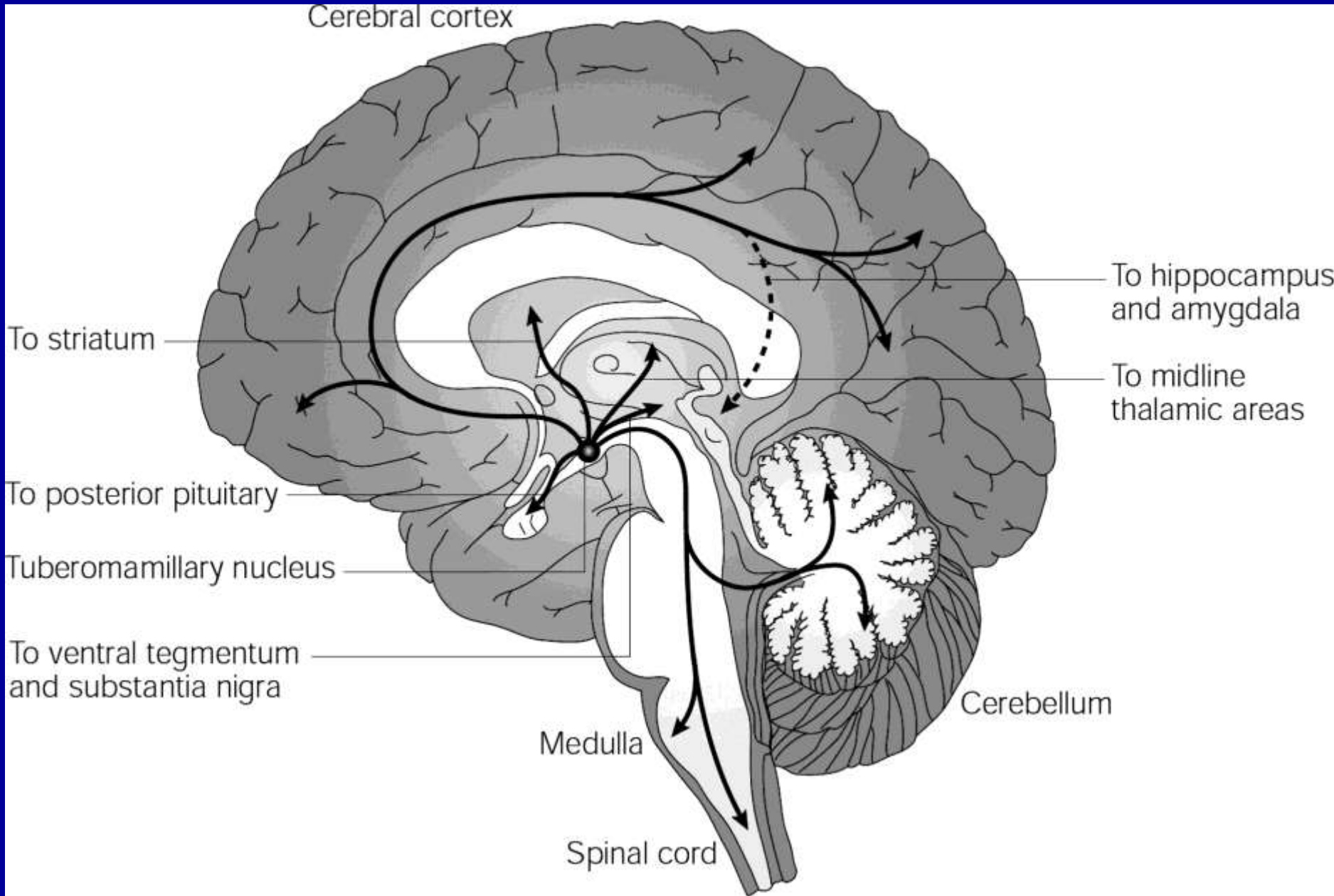


serotonin

...blame my neurotransmitters

A hisztaminerg rendszer

- A nucleus tuberomamillárisban termelődik
- Főként myelin hüvely nélküli rostokat küld az agy minden területére
- Nincs specifikus célterület
- Axon varicositásokból is felszabadul – nincs synapsishoz kötve
- Neuromodulátor
- Fokozza az ingerlékenységet

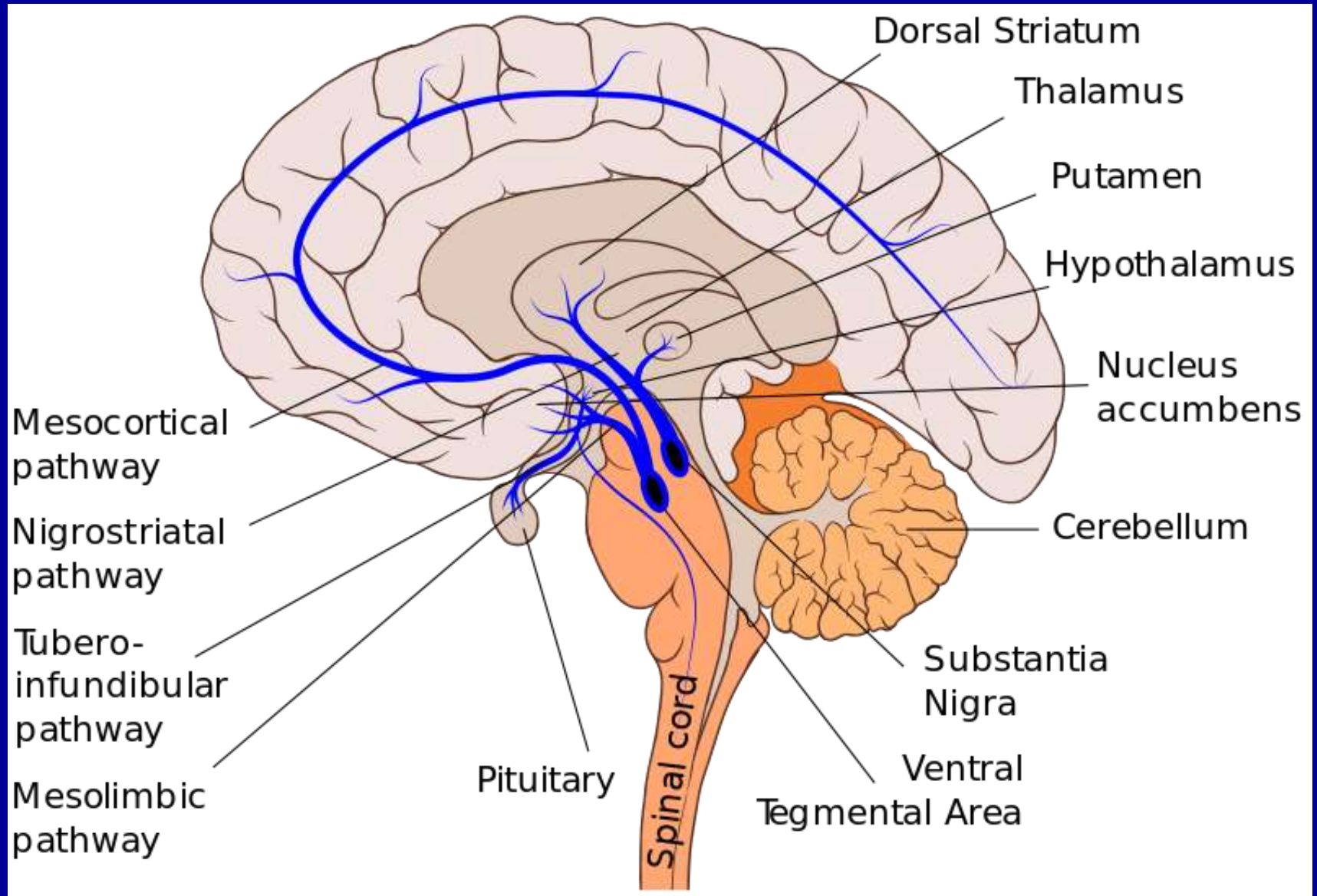


The histaminergic system in the human brain. The histaminergic fibers emanating from the tuberomammillary nucleus project to and arborize in the whole central nervous system.

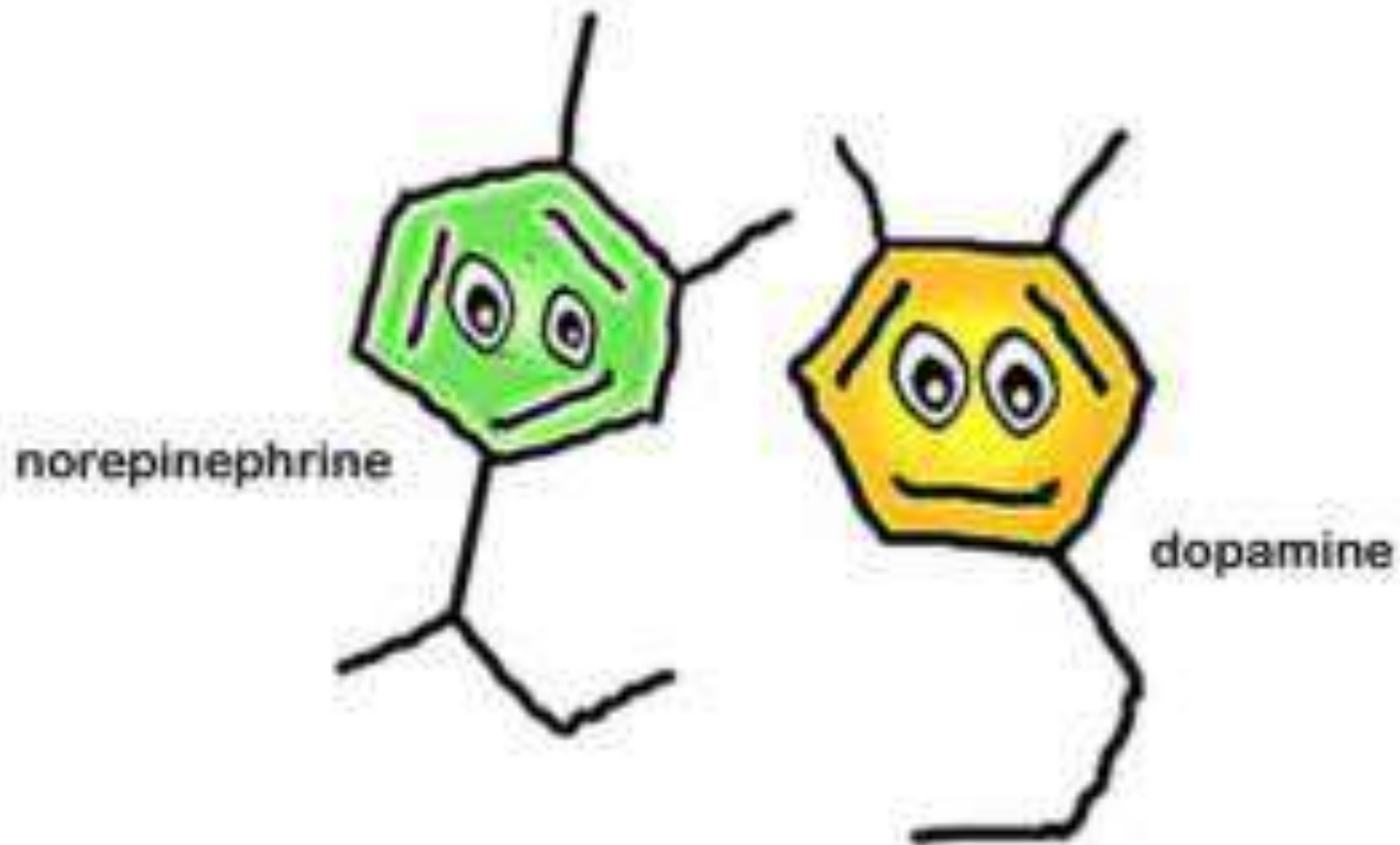
A dopaminerg rendszer

- Nigrostriatális rendszer (extrapiramidális rendszer – motoros pályák), substantia nigra
- Tuberoinfundibuláris rendszer (hormonális rendszer)
- Mesocorticolimbikus rendszer
 - Mesocorticalis pálya – prefrontális cortex, executive funkciók
 - Mesolimbikus pálya – reward-related cognition
 - Incentive salience – ösztönző várakozás
 - Öröm válasz bizonyos ingerekre
 - Pozitív megerősítés
 - Elkerülő magatartás

Dopaminerg pályák



If I'm not paying attention...

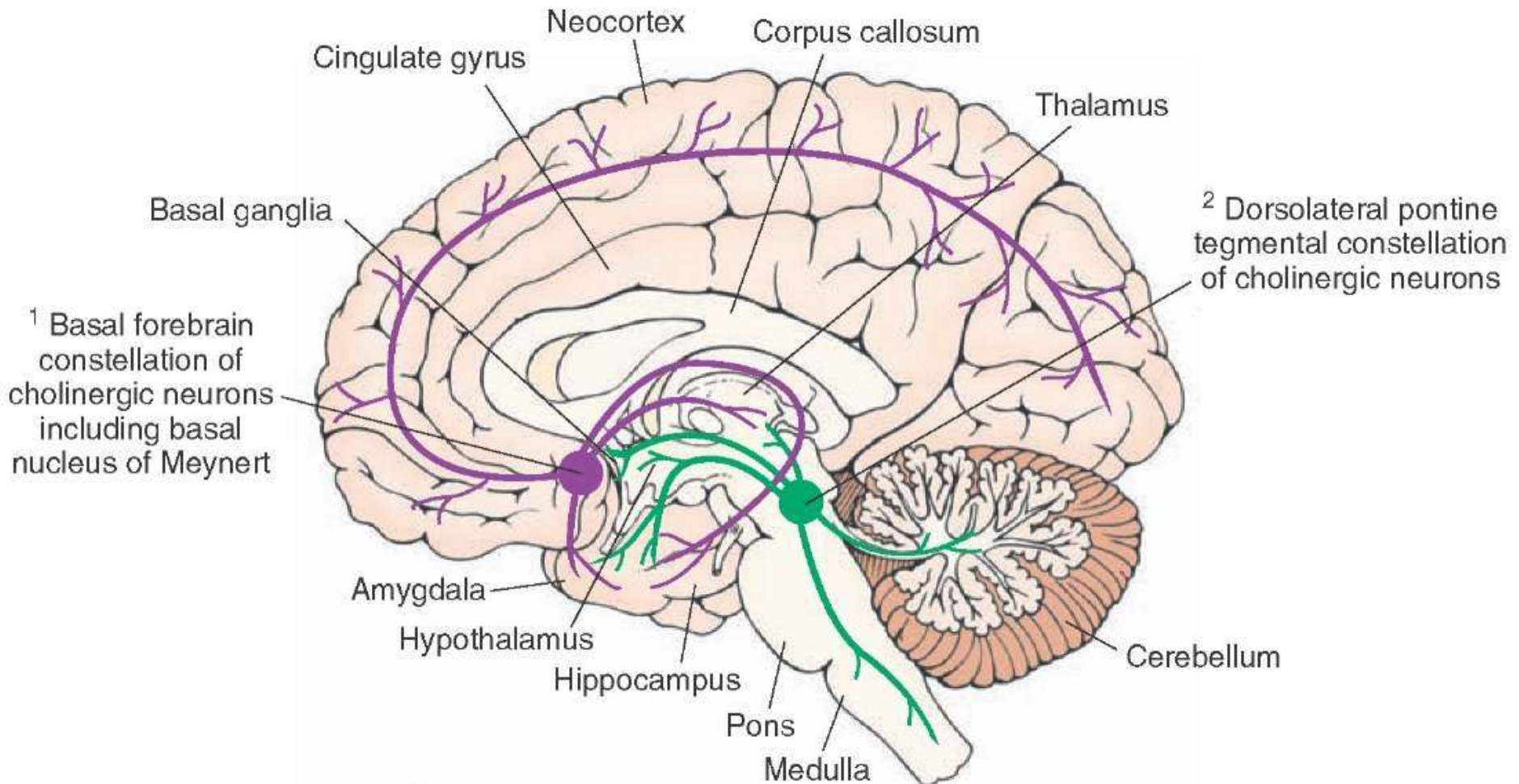


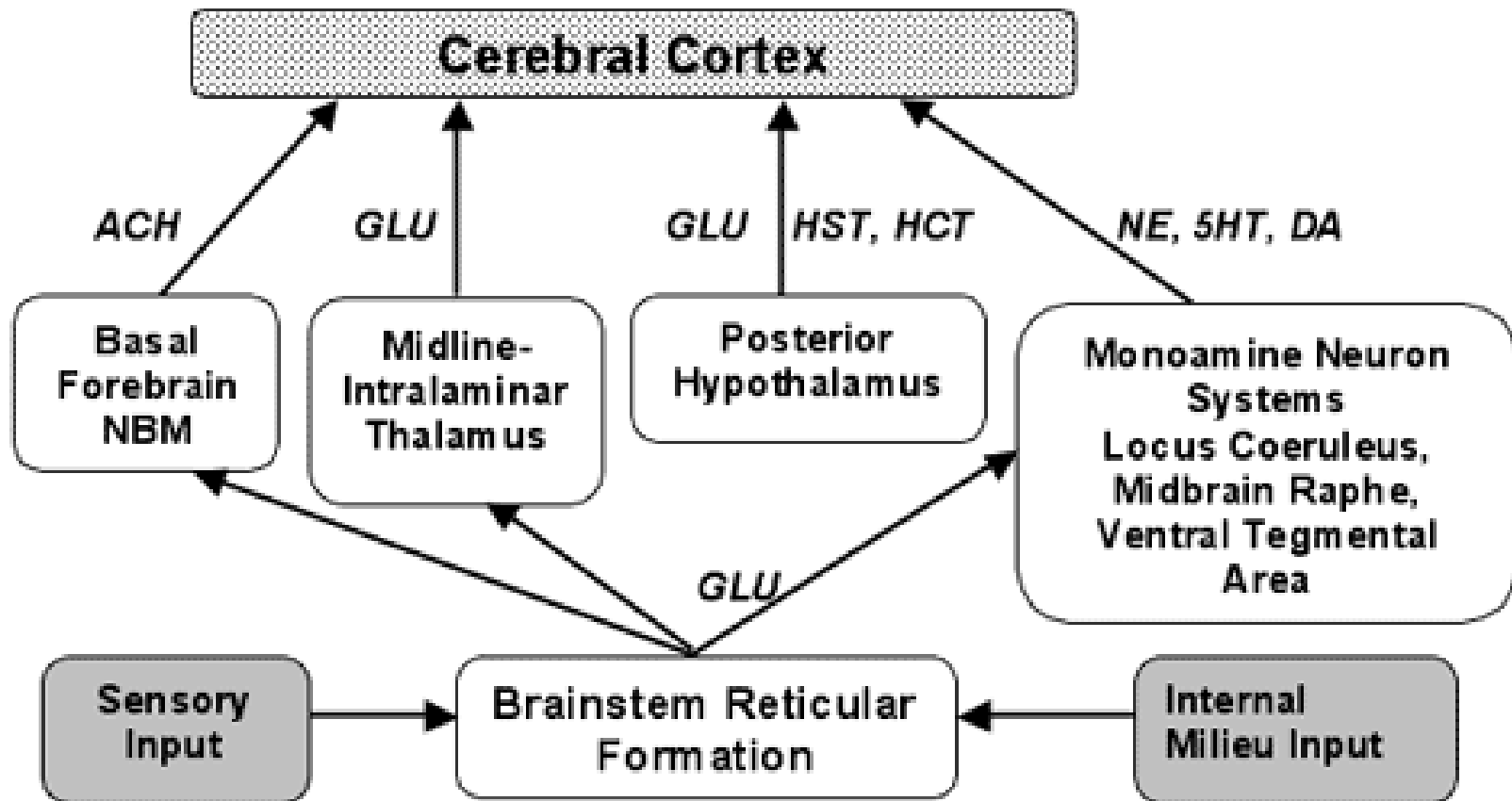
...blame my neurotransmitters

A cholinerg rendszerek

- 1. A basalis előagyi formáció – telencephalon medialis basalis része – nucleus basalis Meynert (70%)
 - Cholinerg innerváció cortex,
 - Amygdala
 - Hippocampus
 - Thalamus
- 2. Híd dorsolaterális tegmentális magok (30%)
 - Basalis ganglionok
 - Thalamus
 - Hypothalamus
 - Nyúltvelő formatio reticularis
 - Kisagyi magok.
- Funkció:
- a neuronok excitabilitásának fenntartása a magasabb agyi központokban
- A signal – jel arány fenntartása a thalamocorticalis pályában

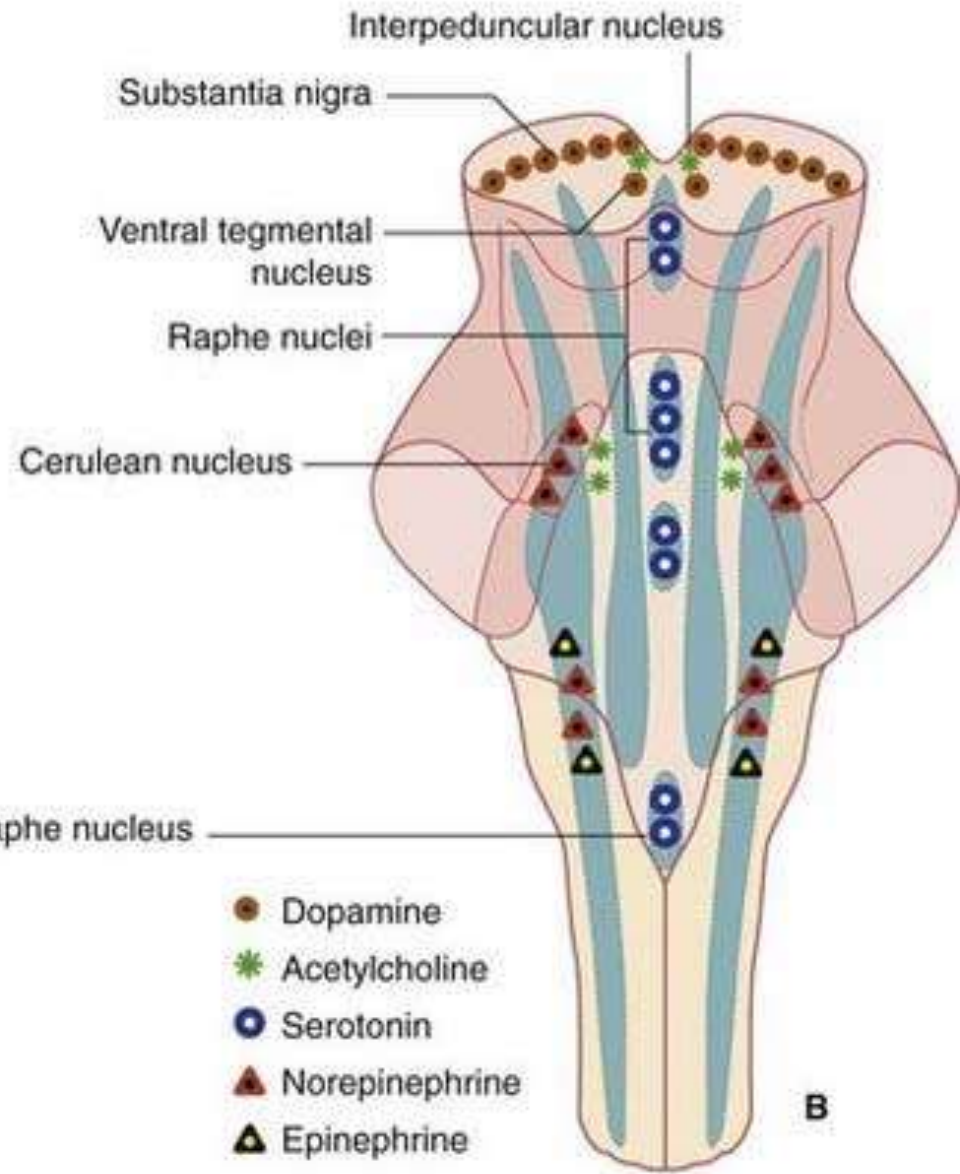
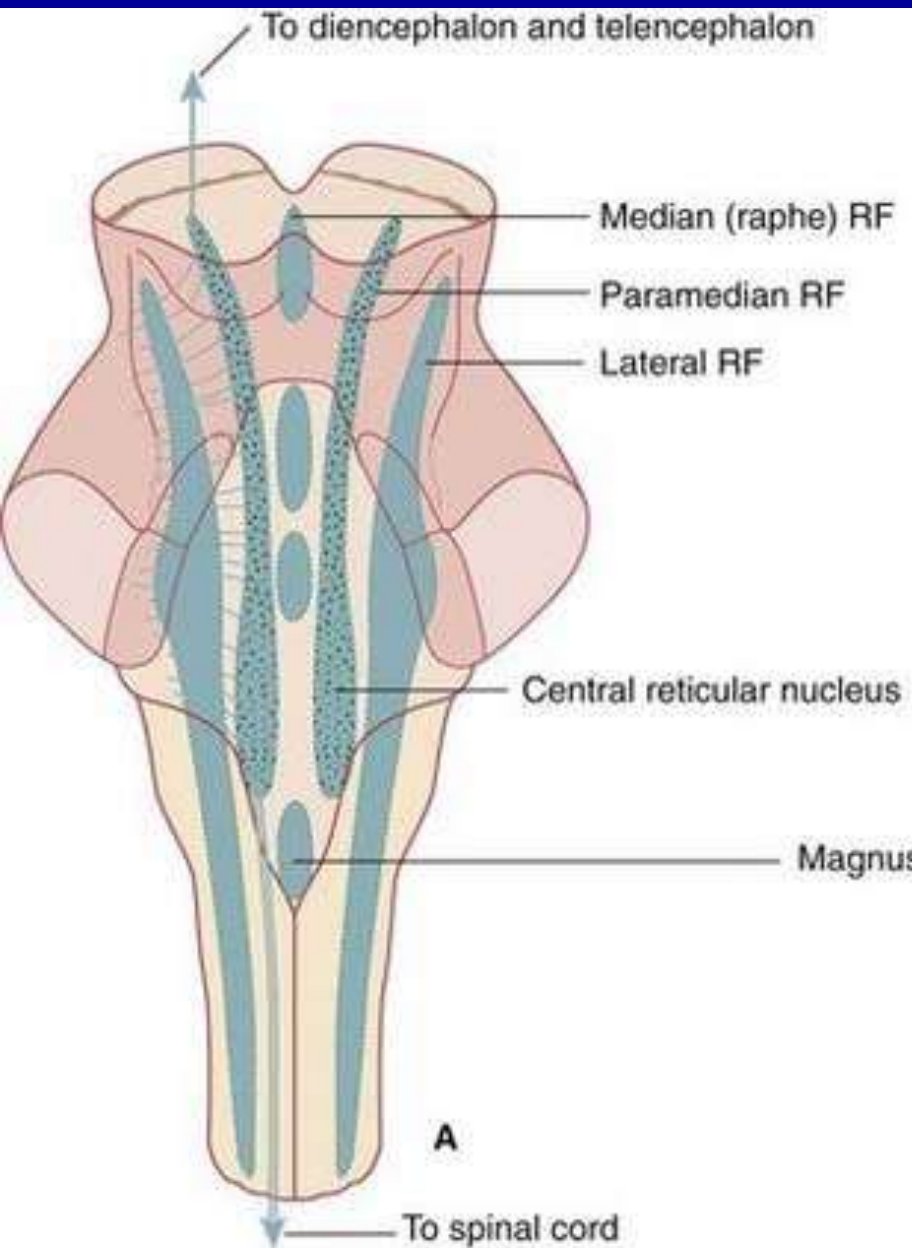
A cholinerg rendszerek

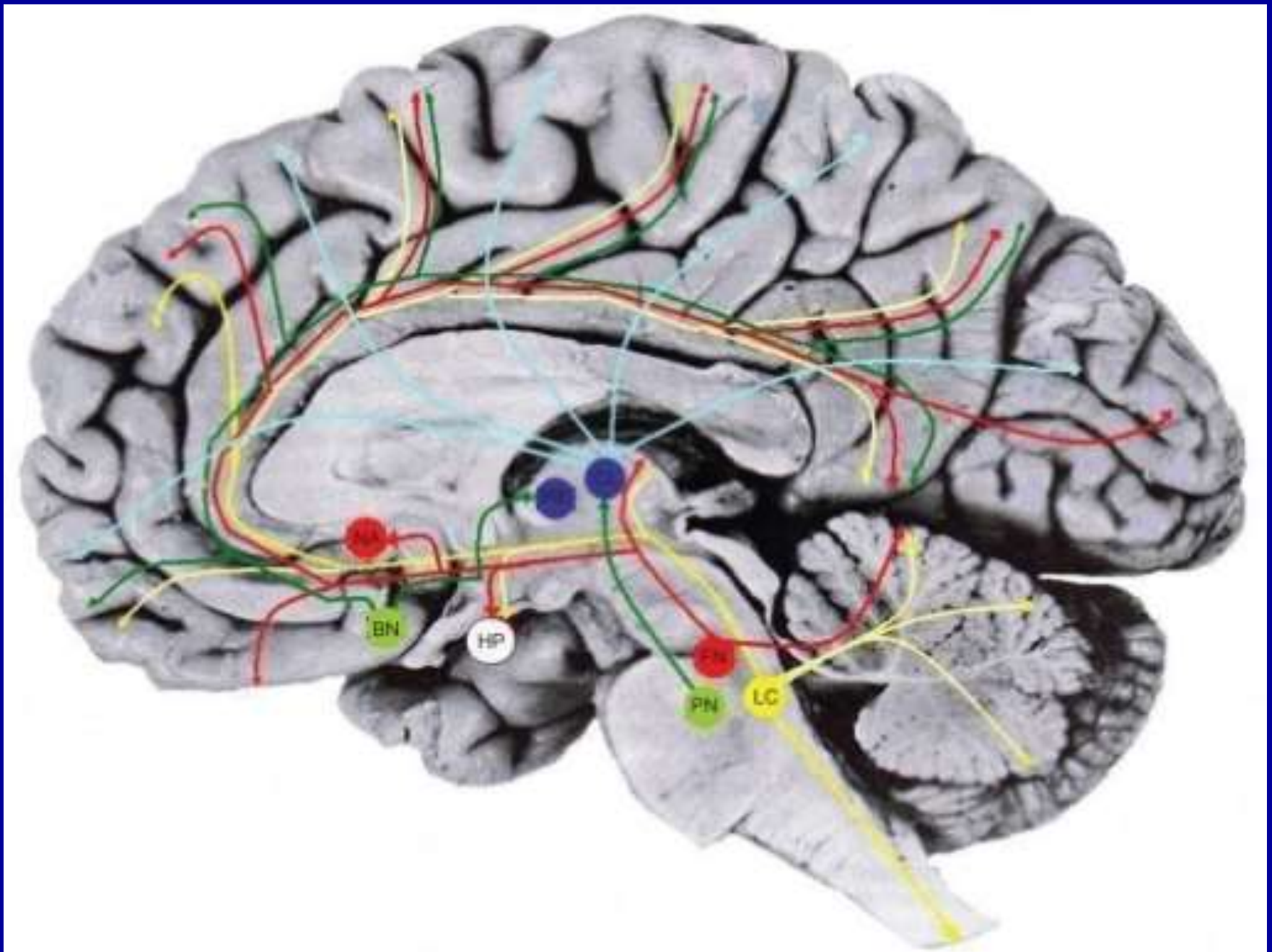




Arousal pathways maintaining cortical activation in the waking state.

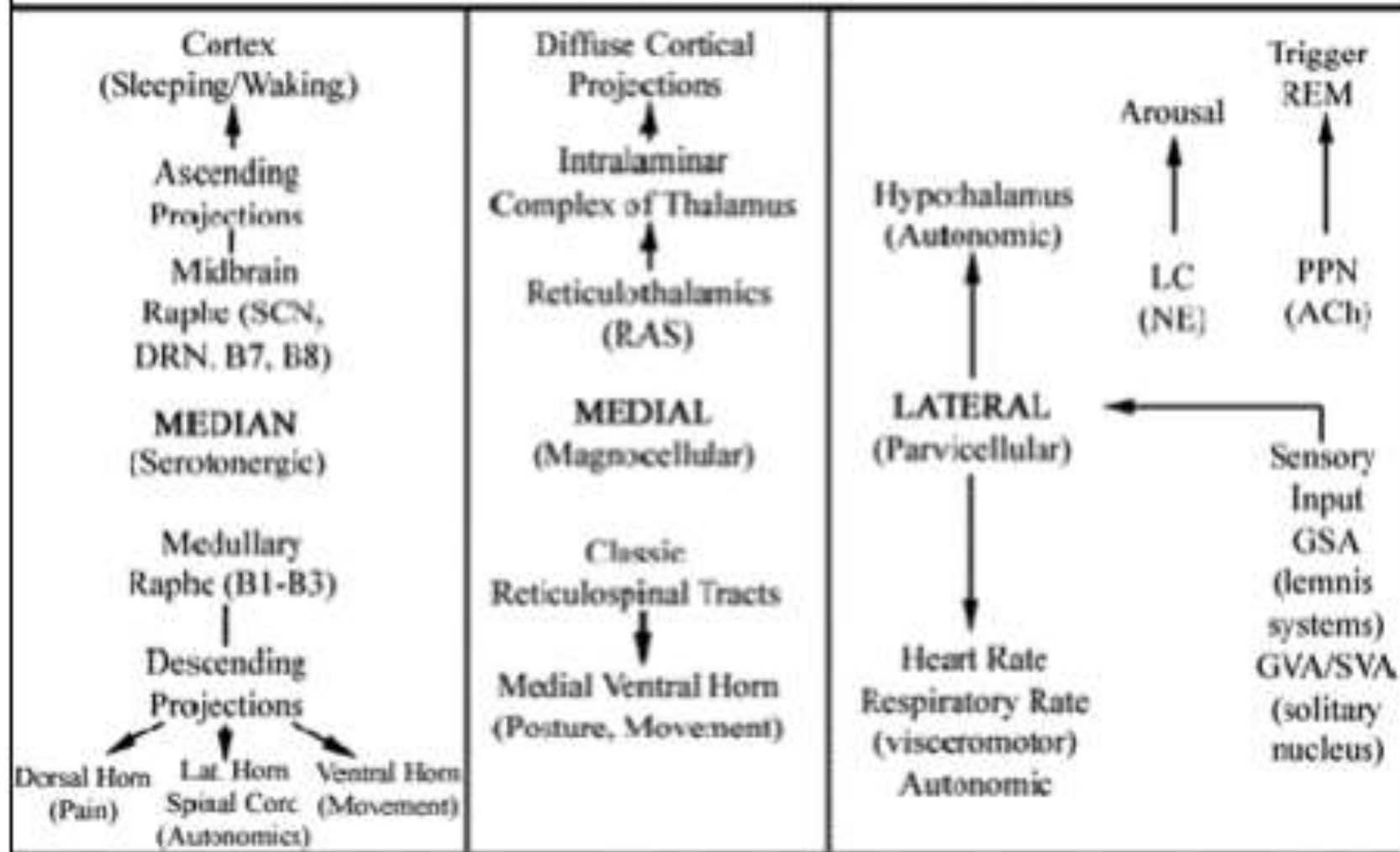
Transmitters: ACH = acetylcholine; DA = dopamine; GLU = glutamate; HCT = hypocretin; HST = histamine; NE = norepinephrine; 5HT = serotonin.





○:Noradrenergic, ○: serotonergic, ○: dopaminergic and ○: glutaminergic pathways

Brainstem Reticular Formation



SUMMARY: PRINCIPLES OF ORGANIZATION