

Idegrendszer motoros működése

Mozgás élettani hatásai

Szomatomotoros funkciók:

- Elemi reflex
- Testtartás
- Helyváltoztatás
- Létfenntartó működések (légzési, táplálkozási mozgások)
- Szexuális aktus egyes részei
- Emóciók
- Intellektuális funkciók (beszéd, írás)

Mozgatórendszer szerveződése

Minden mozgás a gerincvelő

vagy agytörzs α -moto-

neuronjainak közvetítésével.

Magasabb központokból

kontroll.

Szenzoros információk

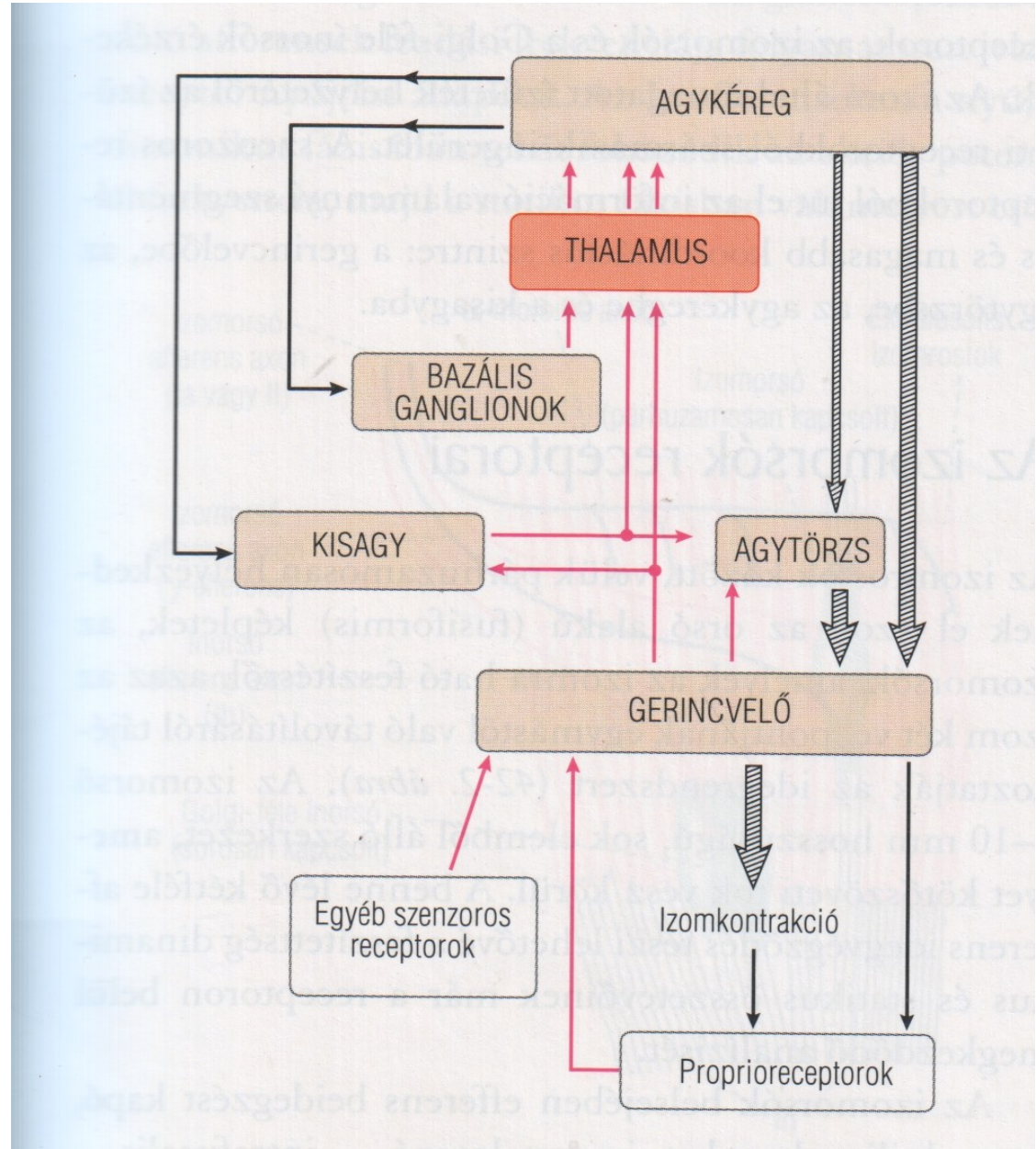
feldolgozása minden szinten

folyamatosan.

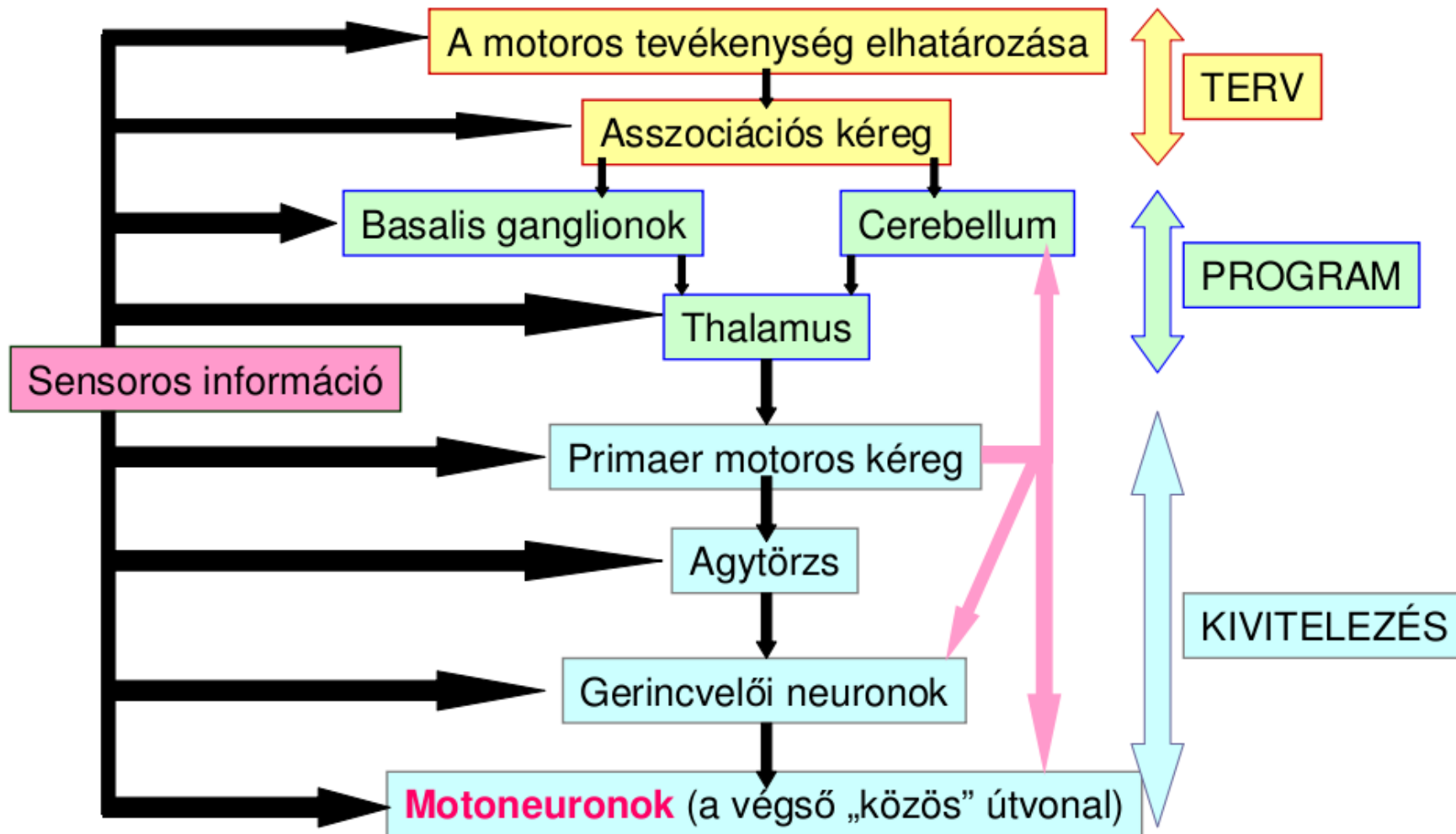
Szomatotópia: szomszédos

izmokat szomszédos neuronok

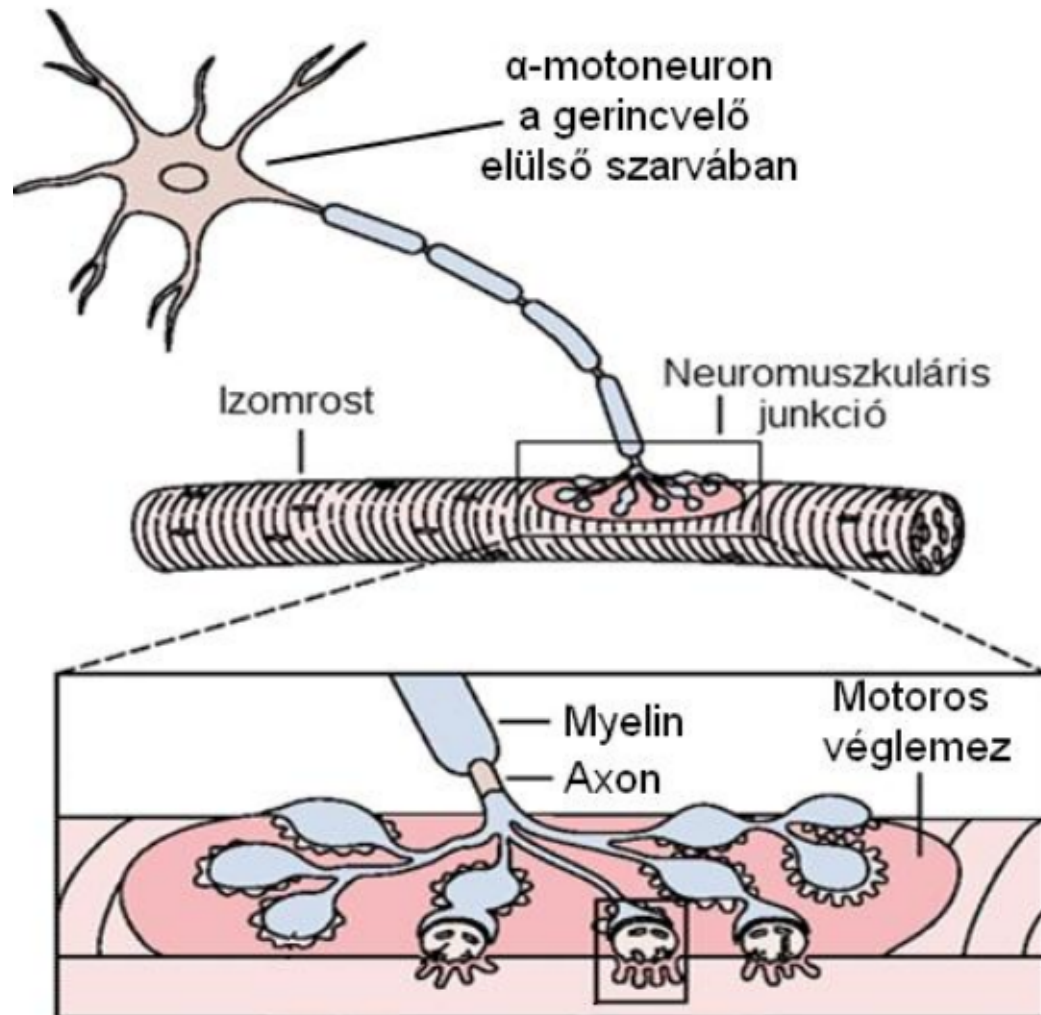
idegzik be.



A motoros rendszer szerveződése



Gerincvelő:



α -motoneuron: izmokhoz

γ -motoneuron: izomorsókhoz

Neuromuszkuláris kapcsolat:

transzmitter: ACh

Motoros egység: α -motoneuron + beidegzett izomrostok

eltérő mennyiségű izomrost tartozhat egy-egy motoros egységhez

azonos fajtájú rostok gyors-fáradékony, FF

gyors-közepesen fáradó FR

lassan összehúzódó és kitartó S

Az izom-összehúzódás erősítésének egyik módja a részt vevő motoros egységek számának növelése:

meghatározott sorrendben történik:

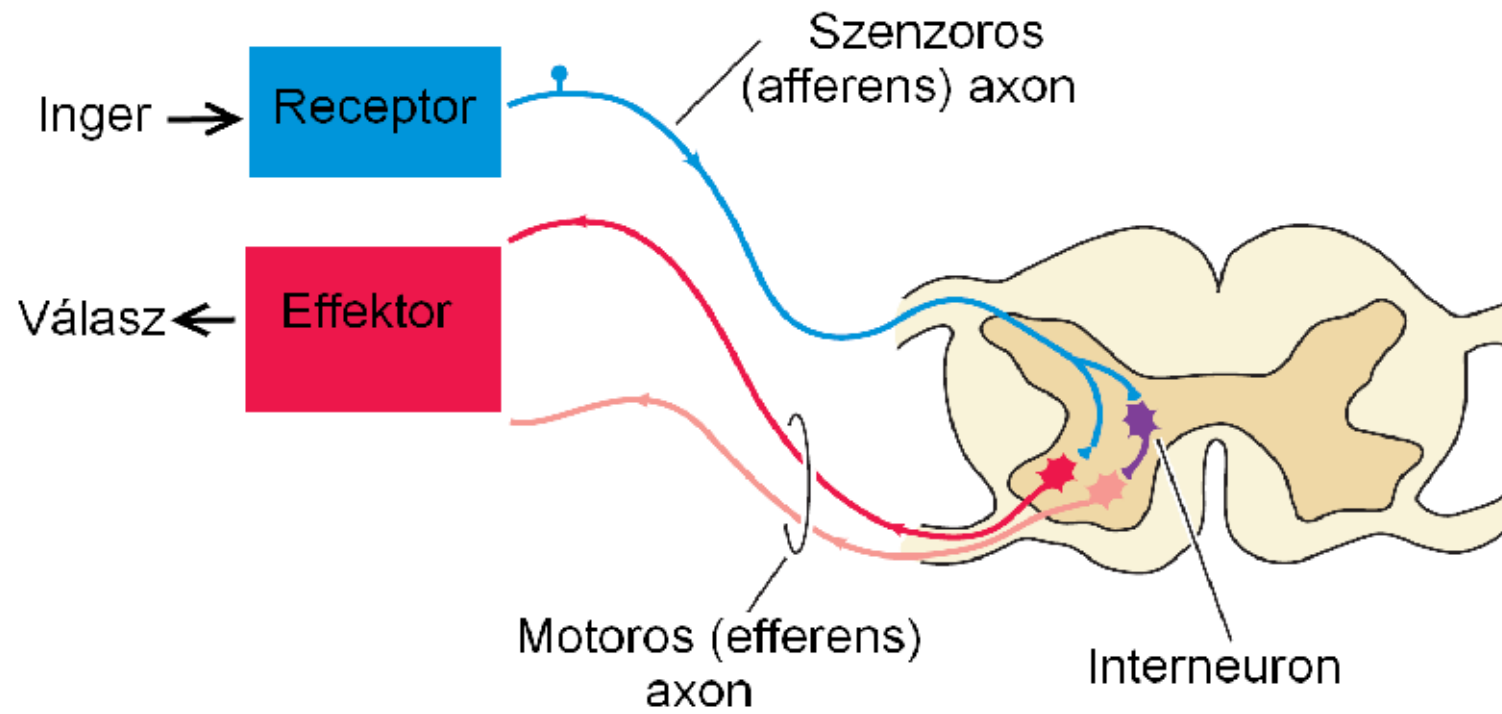
S -> FR -> FF

Szomatomotoros működés proprioceptív ellenőrzése:
mozgást végrehajtó izmok állapotáról folyamatos tájékozódás
feszítettség, fázis, statikus állapot aktív kontrakció.

Izomorsók: információ az izmok nyújtottságáról

Ínorsók: információ az izmok összehúzódásának mértékéről

Gerincvelői reflexív:



Gerincvelői reflexek:

Nyújtási reflex:

monoszinaptikus reflexív

pl patella reflex

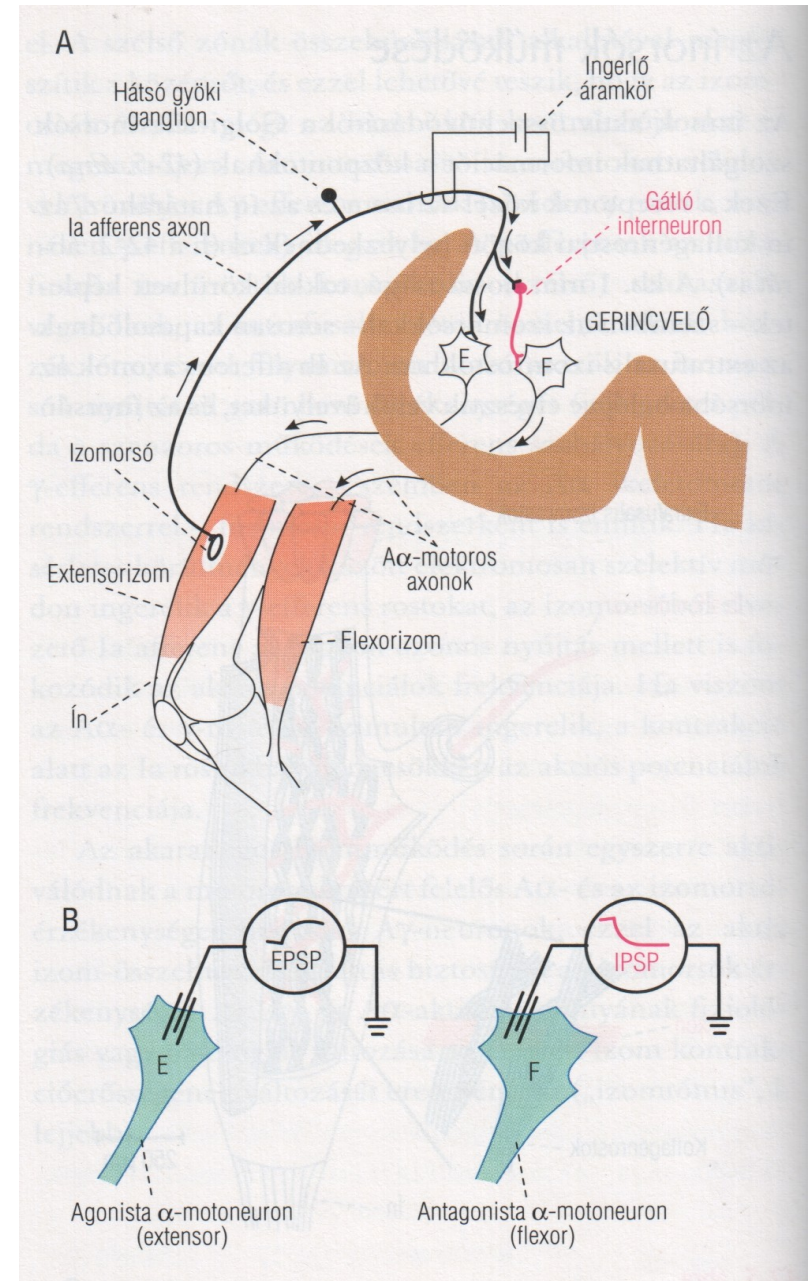
izom megnyújtását eredményező passzív

feszítés ugyanezen izom reflexes

összehúzódásához vezet.

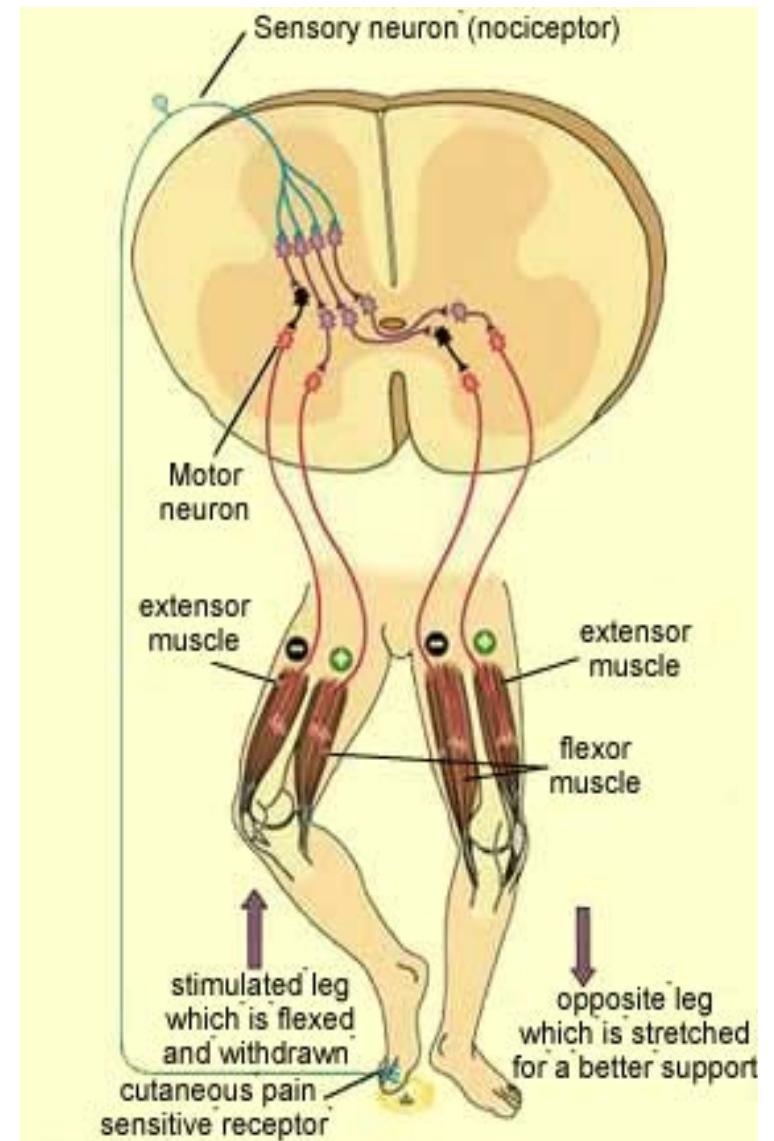
izom hosszának állandóan tartásában játszik

szerepet.



Flexorreflex

Végtagok bőrének erőteljes mechanikai ingerlése (fájdalom) az ingerelt végtag behajlítását eredményezi: flexorizmok összehúzódnak, extenzor izmok ellazulnak. Másik végtag megtámasztja a törzset, ott flexorizmok ellazulnak, extenzor izmok megfeszülnek.



Testtartási reflexek:

Minden akaratlagos vagy reflexes mozgás a testtartásnak megfelelő izomtónus hátterében zajlik.

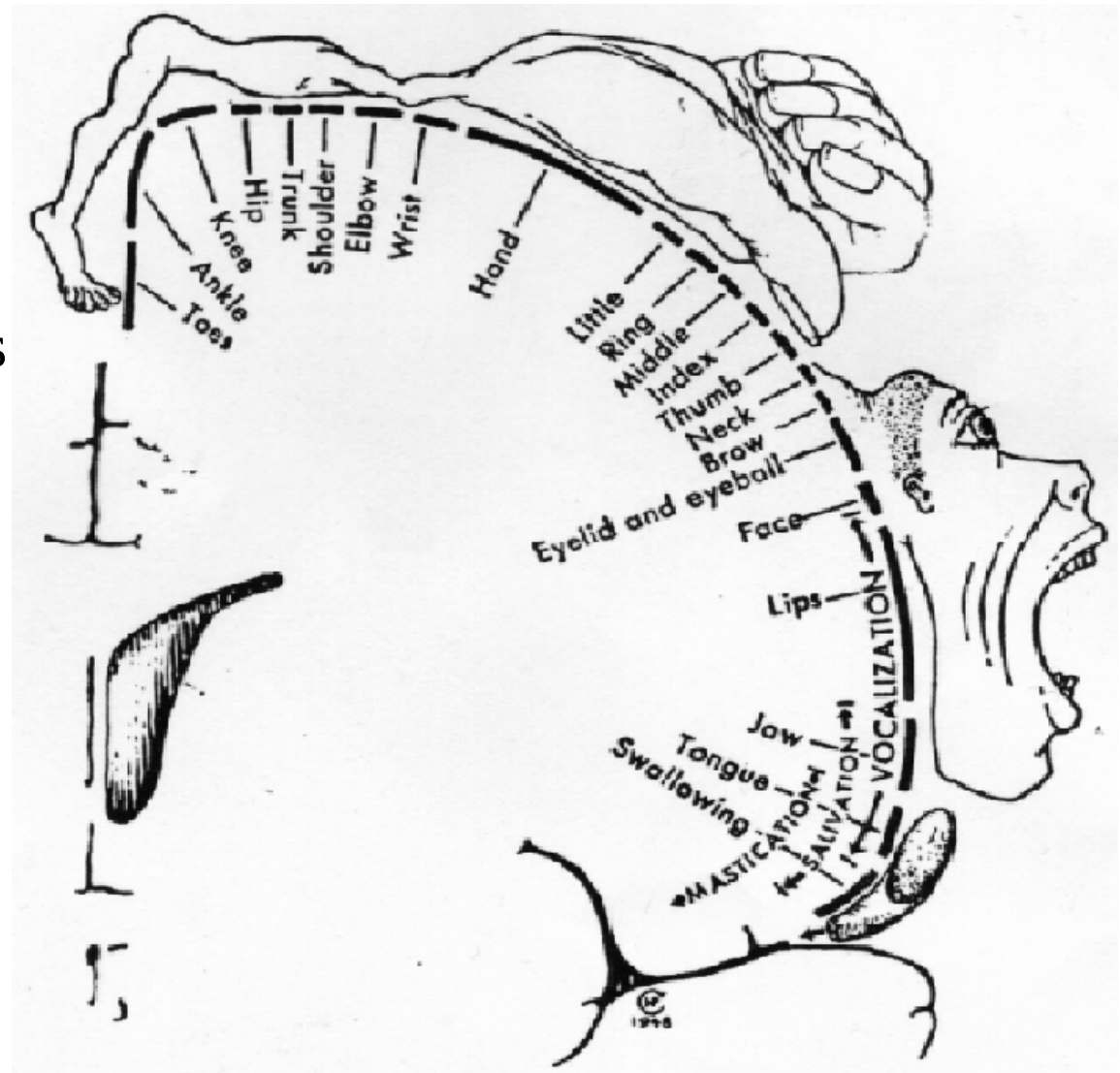
Az izomtónus megfelelő átrendezésének hiányában a mozdulat kezdetén felborulhat az egyensúly, ezért a motoros kéreg az izomtónust a tervezett mozgáshoz megfelelően alakítja.

Izomtónus alapja a nyújtási reflex.

Agytörzs, kisagy és nagyagykéreg is ellenőrzi.

Akaratlagos mozgások szervezése

A gerincvelői és agytörzsi szervezésű motoros működések jelentős része hátteret biztosít az akaratlagos mozgások számára.



Szomatomotoros kéreg működése:

Primer motoros area: gyrus precentralis

Motoros homunculus

Primer motoros area neuronjai adják a legfontosabb pályát a tractus corticospinalis (piramis pálya) axonjainak kb 50%-át.

A neuronok aktivitása megelőzi az izmok összehúzódását: akaratlagos mozgás.

Ellenkező oldali gerincvelő ventralis szarvában az α -motoneuronokon végződnek, kevesebb a γ -motoneuronokon (izomorsó) illetve interneuronokon.

A de facto kivitelezett mozgás végső fázisáért felelős

Nem egyes izmokat, hanem izomcsoportokat idegeznek be,
mozgáselemeket kódolnak.

Elsődleges kéreg - egyfajta mozgási lexikon:

tárgy megfogása kézzel: teljes kéz izmainak koordinálása
csipesz fogás. hüvelyk és mutatóujj koordinálása

- Mozcás erejét
- Mozcás irányát kódolják

Premotoros kéreg:

Mozgások corticális szervezése több fázisban megy végbe.

Mozgások előkészítése: feladat felismerése, mozgássor megtervezése.

Neuronok aktivitása megelőzik a mozgás tényleges kivitelezését.

Axonok vagy a corticospinalis pálya részét képezik, vagy a primer motoros areaban végződnek.

Mozgási elemek kiválasztása a viselkedési céloknak megfelelően

Tükörneuronok: tüzelnek, ha az állat végrehajt egy bizonyos cselekvést és akkor is, ha megfigyeli ugyanezt

Szomatomotoros kéreg afferenciája:

szomatoszenzoros kéreg: izmok proprioreceptorai és izomösszehúzóds
régiójába eső bőrfelületről

thalamus VL: kisagy és bazális ganglionok felől jövő információ
reciprok összeköttetések

Kisagy működése:

- Egyensúly megtartása
- Mozgási koordináció – különösen a gyors mozgásoké (korrekció)
- Motoros tanulás
- Cognitív funkció

Elektromos stimulációja nem indukál érzetet, és azt nem követi jelentősebb mozgás

Számos helyről kap szenzoros információt, de az nem tudatosul

Komoly szerepe van a mozgások bonyolításában, DE KÖZVETLENÜL nem vesz részt azok kivitelezésében

Ipsilateralis kapcsolat a gerincvelővel, DE contralateralis a nagyagy-féltekékkel

Cerebellum funkcionális részei

Vestibulocerebellum (a flocculo-nodularis lebeny) - Archicerebellum

– A törzs izmainak koordinációja

- Az egyensúly megtartása

– Az extraocularis izmok koordinációja (vesztibuláris reflex: fej mozgása

közben is tudunk egy tárgyra fókuszálni, annak helye állandó marad a retinán)

Spinocerebellum (vermis és a kapcsolt kérgi terület) - Paleocerebellum

– A mozgások proprioceptív bemeneteken alapuló nyomkövetése és korrekciója

- Törzs és végtagmozgások - járás

Cerebrocerebellum (a kisagyi féltekék) - Neocerebellum

– Nagy ügyességet kívánó mozgások tervezése, nyomonkövetése és kognitív funkció

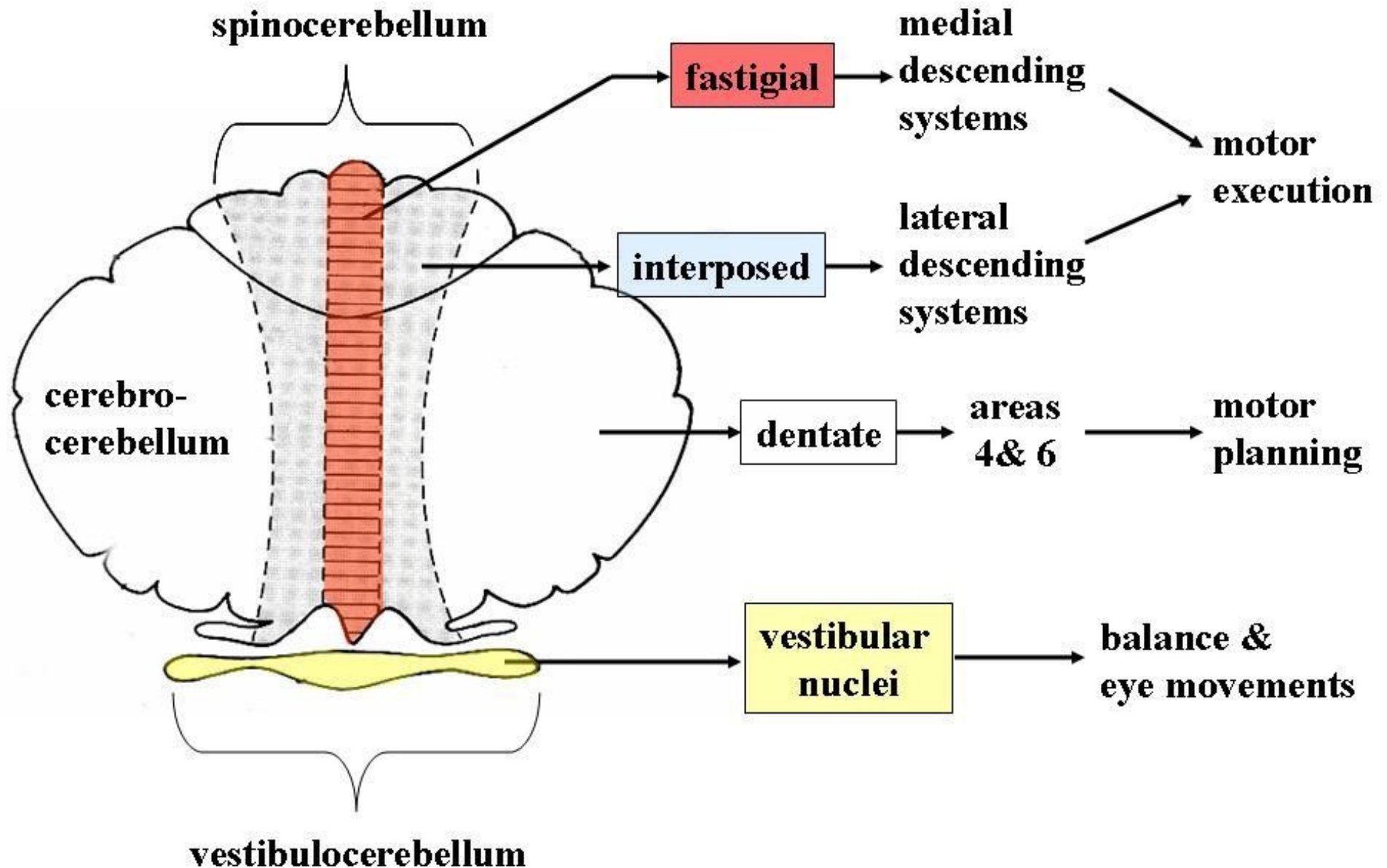
- Nagy ügyességet kívánó, tanult, akaratlagos mozgások

Kognitív funkcióval kapcsolatos ismereteink a leghiányosabbak, holott a kisagyi kapcsolatok nagy részét a kéreggel való kapcsolat alkotja.

Szenzomotoros információk mellett Purkinje sejtek jutalmazó körből származó információt is gyűjtenek. Az „elvárt” és a meglepetés szerű jutalom más-más választ vált ki a kisagyban is.

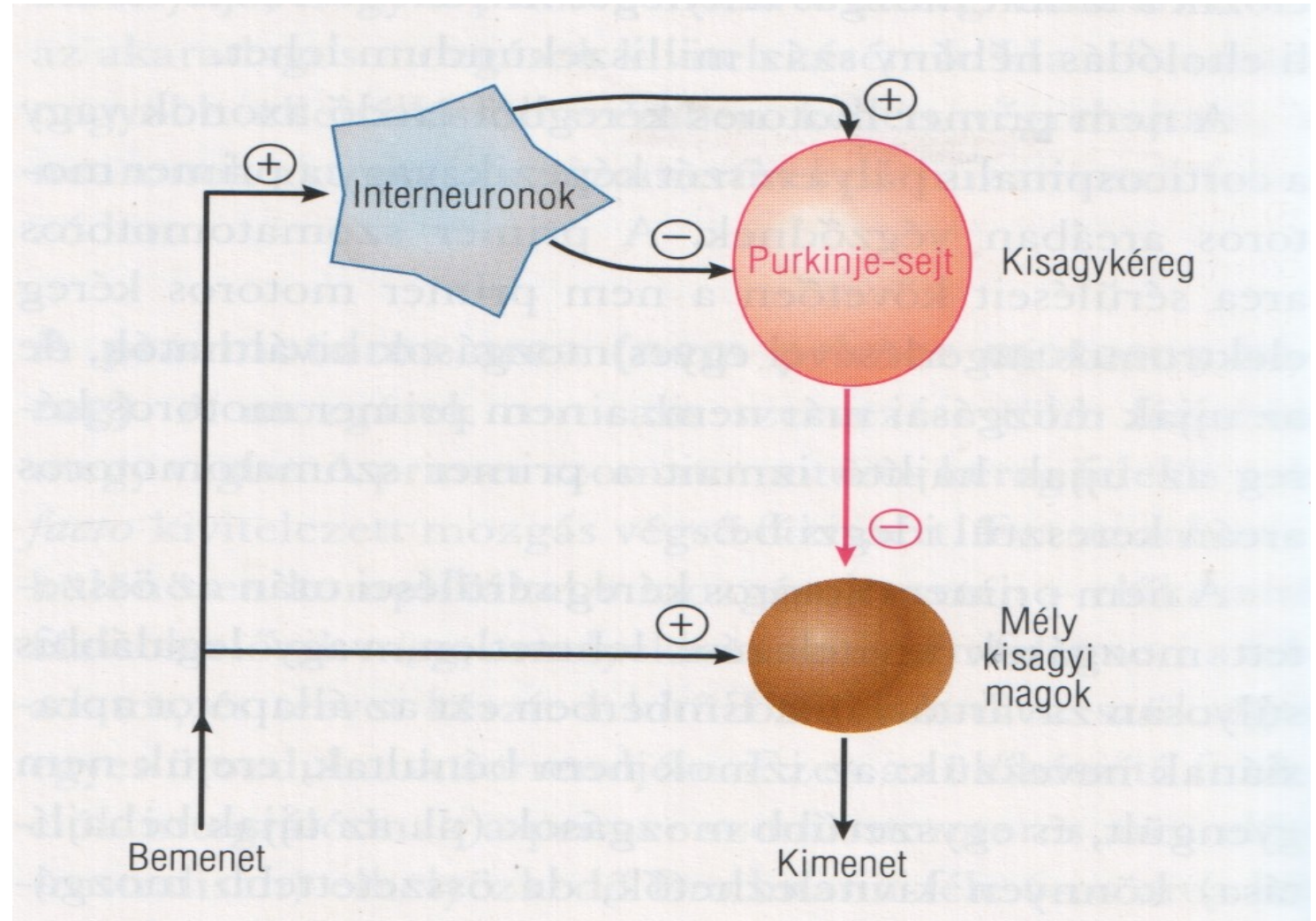
Kisagyi károsodást kimutattak sok kognitív funkciókat érintő betegségnél is (autizmus, skizofrénia)

Cerebellar Output



Kisagyi modulok:

1. bemenet:
modulon belül
ágazik el
2. kéregsejt
3. mély kisagyi
magok
4. kimenet



Kisagykéreg neuronális összeköttetései:

Purkinje sejt

bemenetei:

moharost:

agytörzsből és

gerincvelőből

kúszórostok:

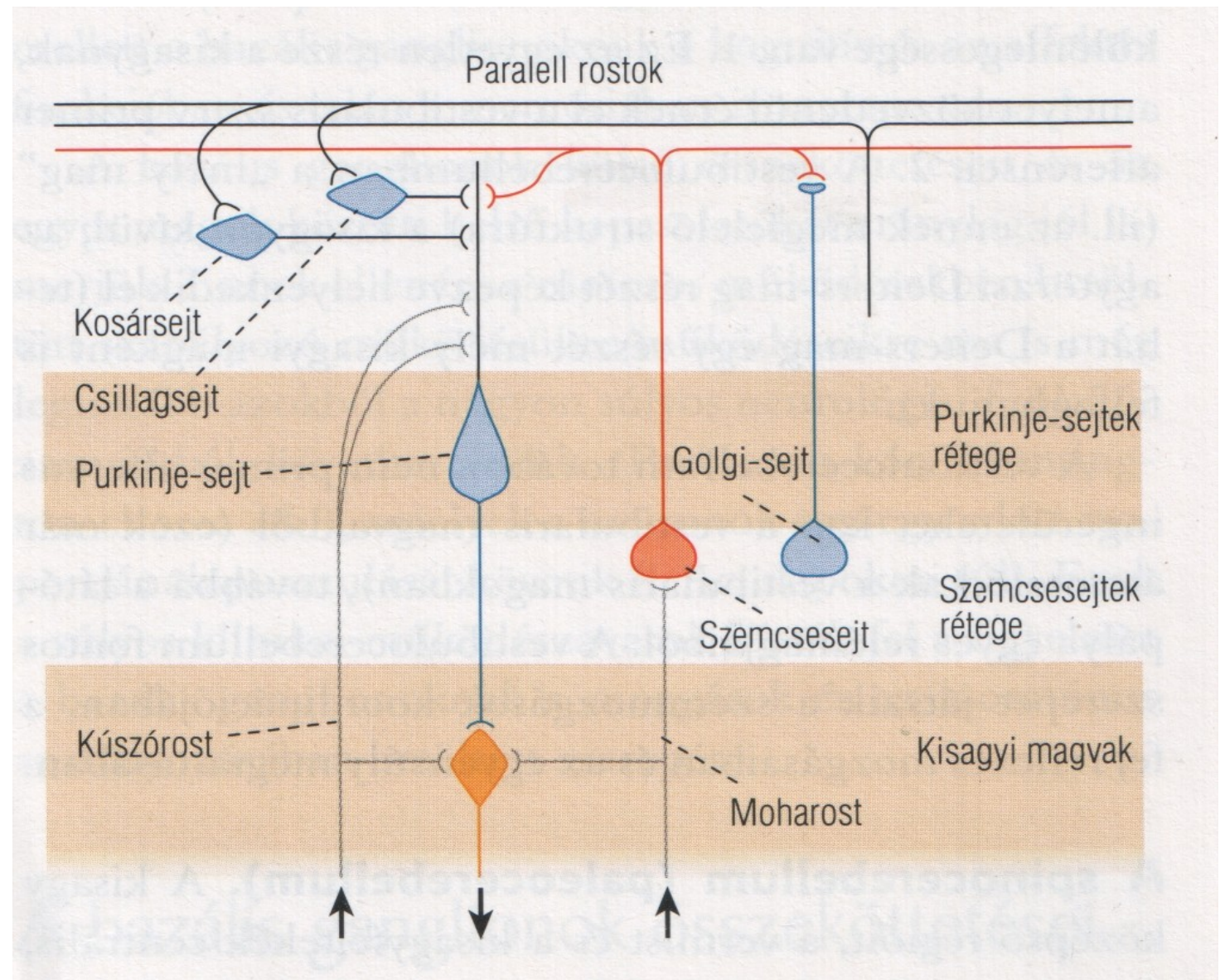
nyúltvelői oliva

inferiorból

paralell rostok:

szemcsesejtek

axonjai



Kisagyi kapcsolatok:

serkentő:

moharostok

szemcsesejtek parallel

rostok

kúszóróst

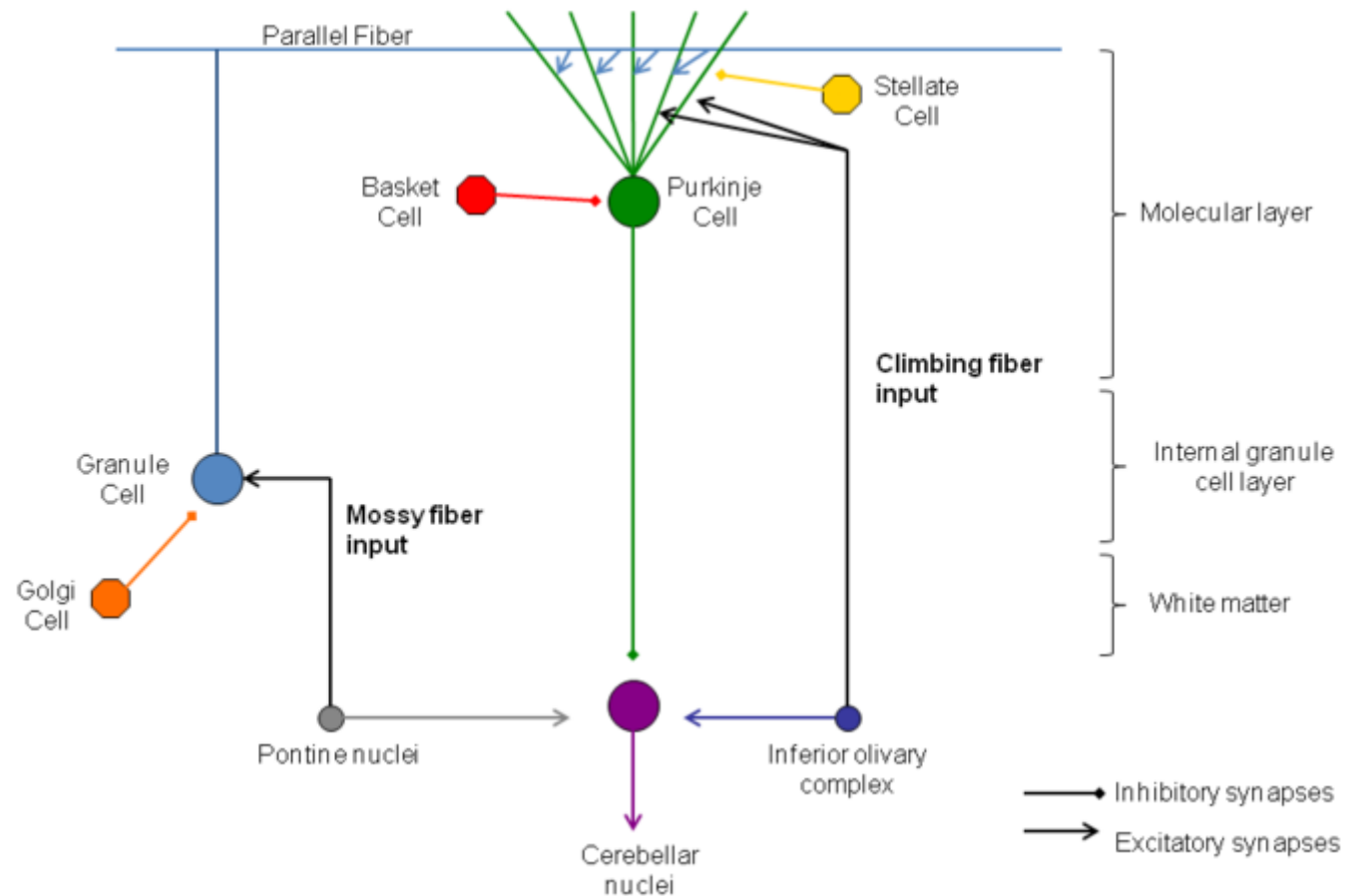
gátló:

Golgi sejtek

Purkinje sejtek

kosársejtek

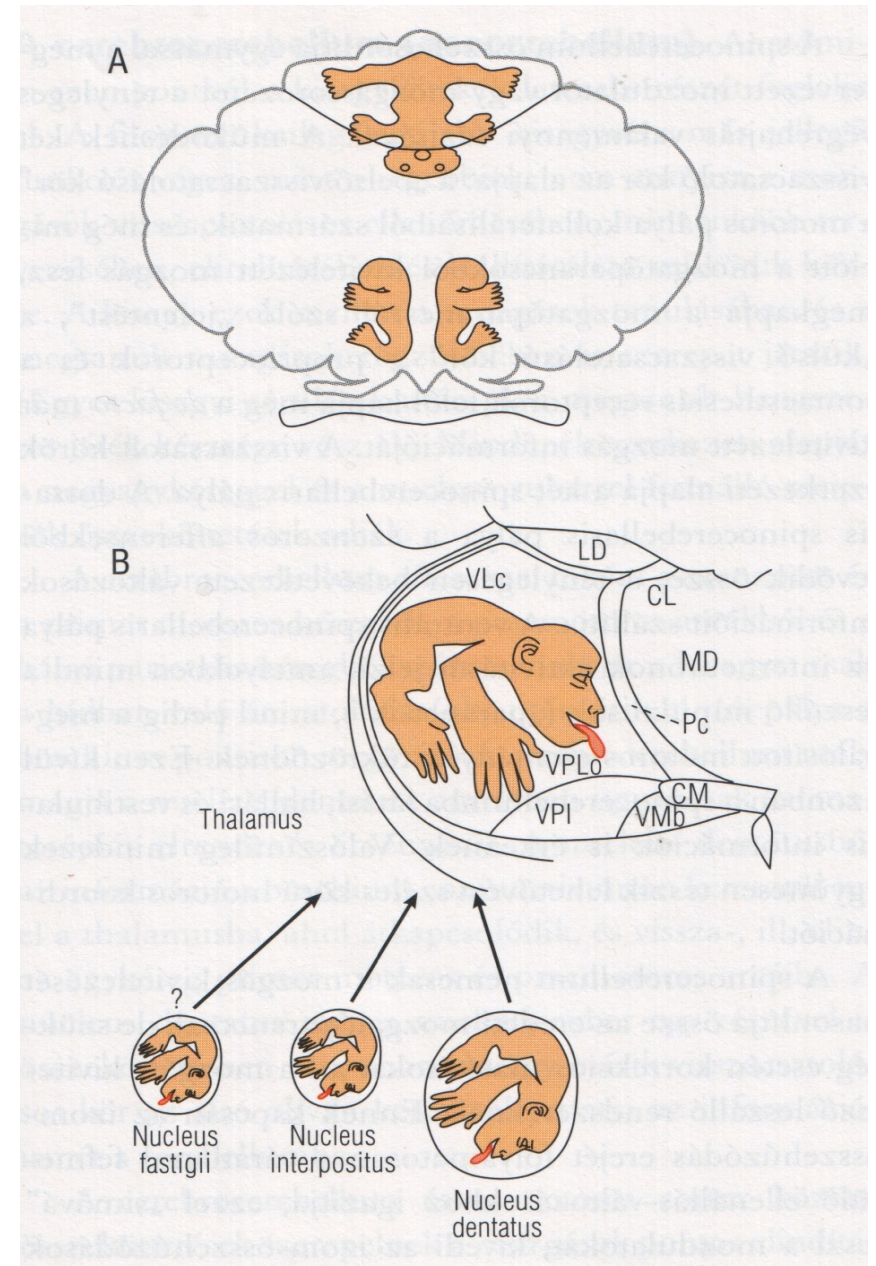
csillagsejtek



Szomatotópiás elrendeződés:

A: kisagykéreg többszörös szomatotópiás elrendezése. Bemenet spinocerebelláris pálya

B: szomatotópiás elrendezés majomban a három mély kisagyi magban. A kisagyi bemenet leképeződik a thalamus ventropodterolateralis oralis részében is.



Kisagy károsodásának következményei:

A kisagyi sérüléseket **izomhipotonia követi:**

A végtagok csak kevéssé állnak ellen a passzív mozgásoknak, ill. a mozgással szembeni ellenállás csak jelentős késéssel kezdődik meg.

A mozgások kivitelezése nehézkes, ügyetlen.

A mozgások késéssel indulnak, a kivitelezés során a beteg rosszul méri fel a tárgy megragadásához szükséges távolságot és a kifejtendő erőt.

Ritmikus feladatok nem kivitelezhetők, a beteg nem képes ütemesen tapsolni.

A beteg nem képes gyorsan alternáló mozgásokat végrehajtani: ez a **dysdiadochokinesis**.

Összetett mozgásoknál a beteg hibás sorrendben végzi az egyes mozdulatokat (**asynergia** vagy a **mozgások dekompozíciója**).

A megfogó mozdulatok alkalmával jelentkező, egyre erősödő mozgáshullámzás, intenciós tremor jelentkezik.

- Jelentős tudatos szabályozás kell a mozgások kivitelezéséhez – olyan mozgások esetében is, ahol ez nem lenne szükséges
- Jó a tünetek enyhülésének esélye – a nagyagykéreg „átveszi” a kisagy feladatait

Bazális ganglionok:

1. Neostriatum:

nucleus caudatus

és putamen

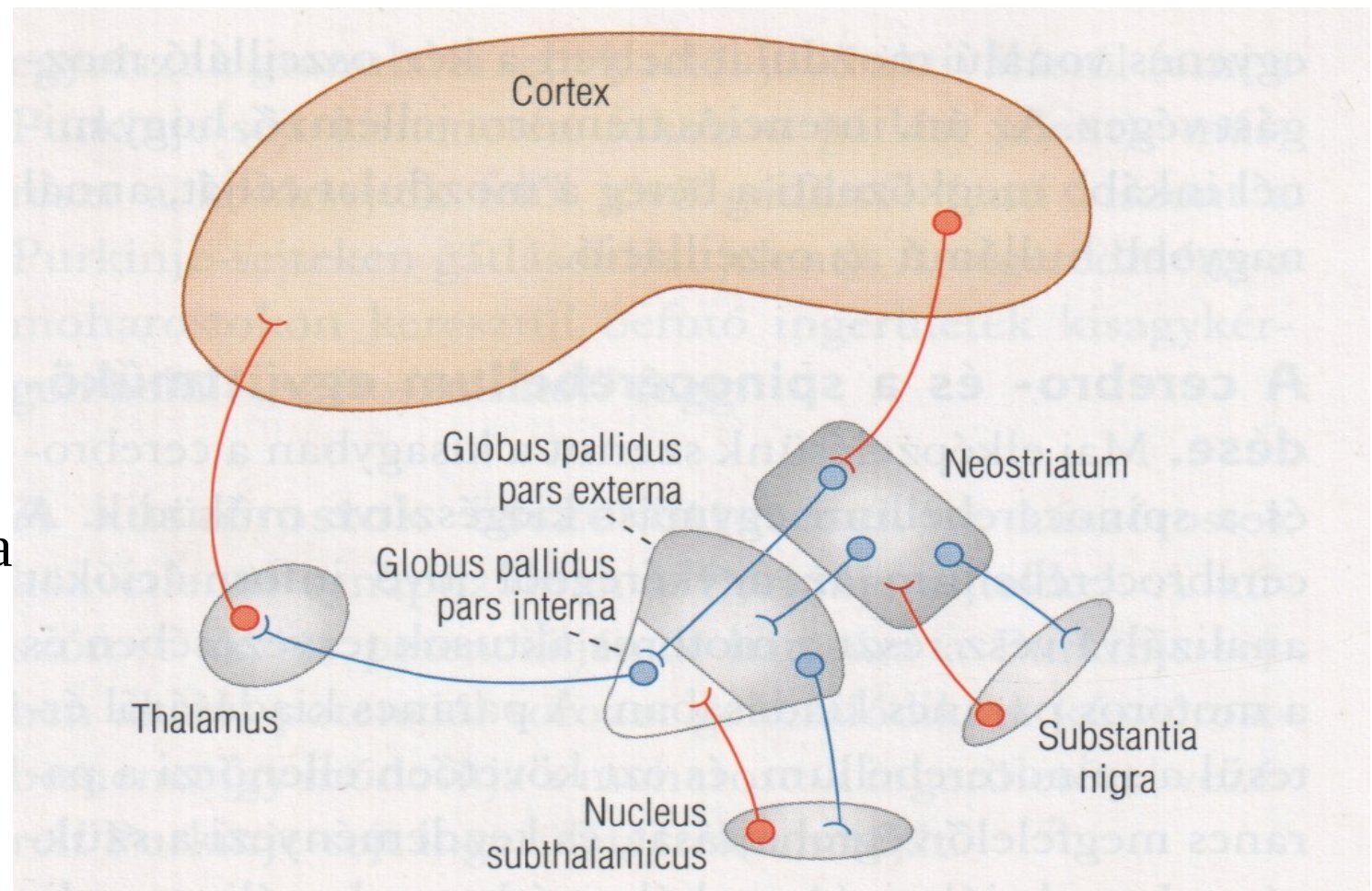
2. Pallidum

(globus pallidus)

3. substantia nigra

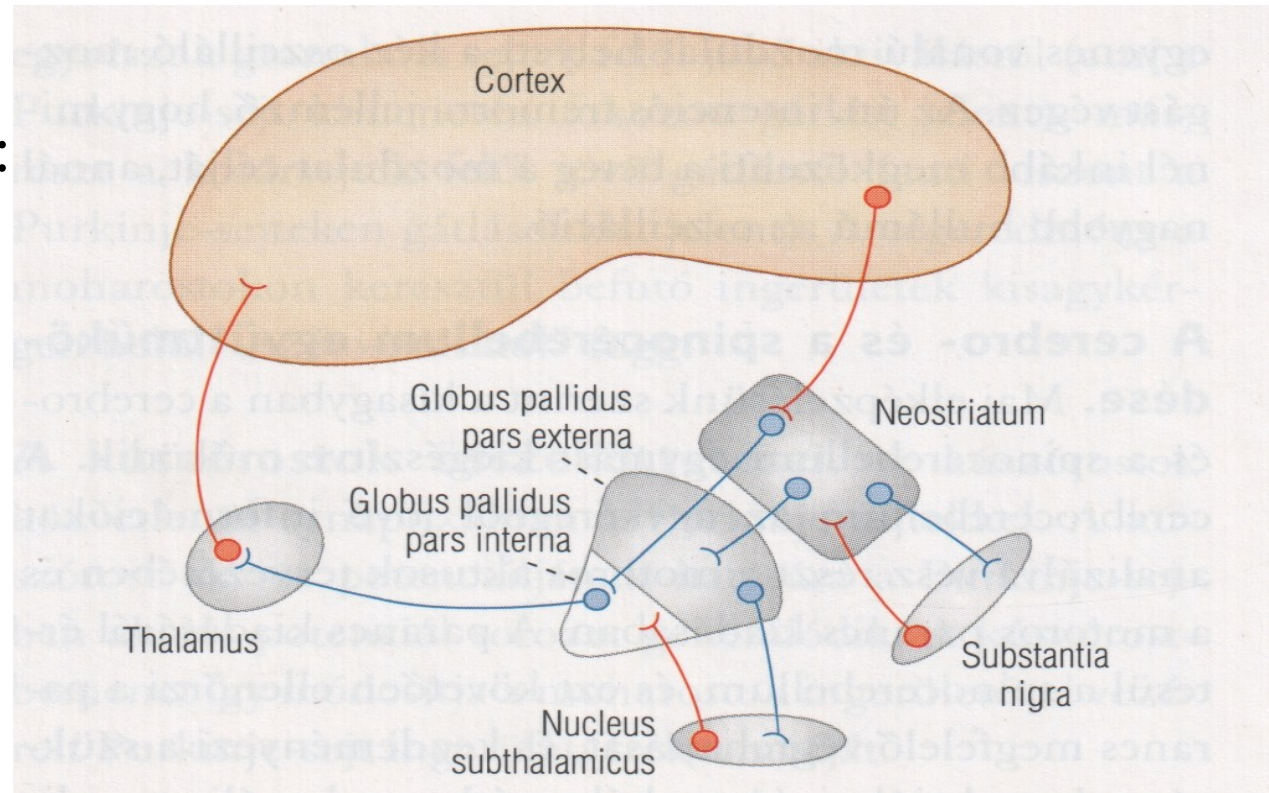
4. nucleus

subthalamicus



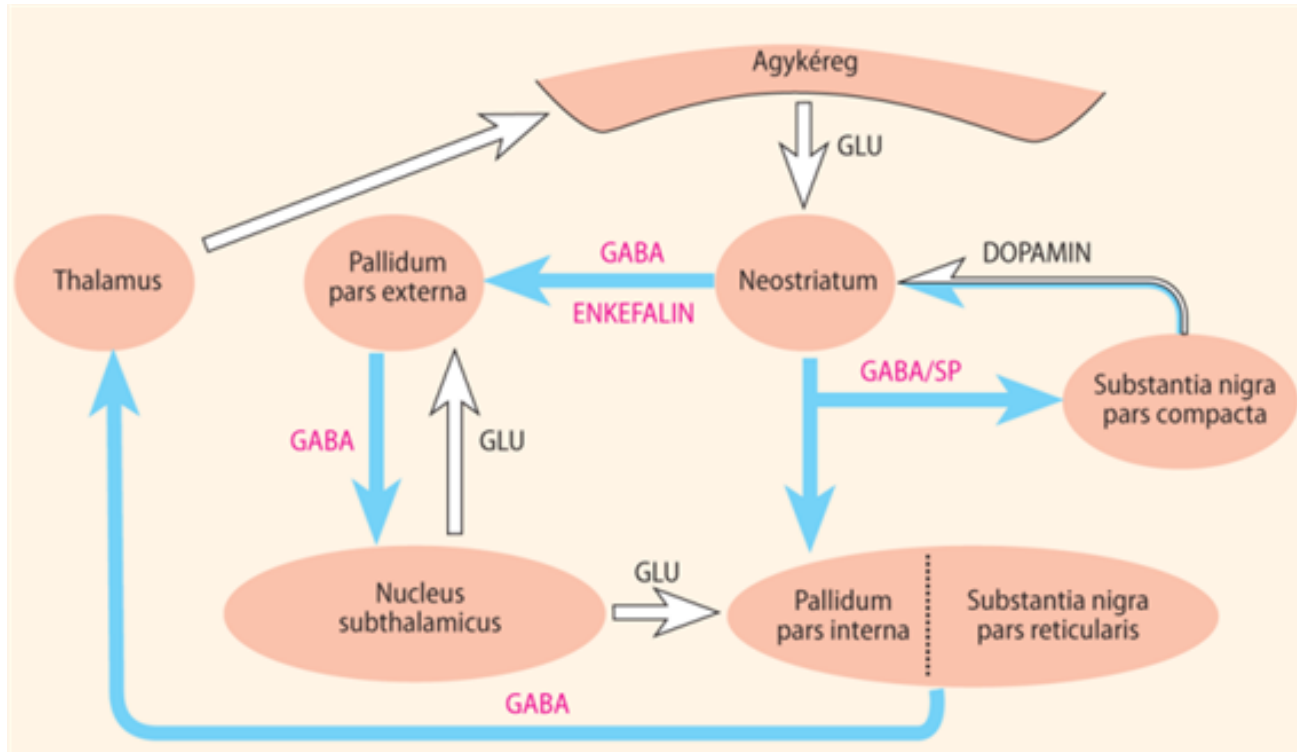
Feladata:

- Alapvető mozgási mintázatok generálása: motoros programokat prezentálnak az asszociációs cortexből érkező információk hatására
- Izomtónus szabályozása
- Emócionális indíttatású mozgások elindítása
- Kognitív funkció



Basalis ganglionok kapcsolatai

- Kevés bemenet érkezik a gerincvelő felől
- A legfontosabb struktúra, ami információt fogad: neostriatum (putamen és nucl. caudatus)
- Fő bemenő információ forrása: cortex, hypothalamus, nucleus subthalamicus, substantia nigra
- Kimenő csatornák:
 - Lefelé: nucleus ruber és formatio reticularis
 - Felfelé: thalamus, gyrus precentralis



Kéregből bemenet a Neostriátumba (nucl. Caudatus, Putamen). Mediális és ventrális rész (nucl. accumbens) a frontális kéreggel és a limbikus területekkel kapcsolódnak (jutalmazó rendszer részei, diszfunkciójukkor pl skizofrénia), dorzális területek mozgásszabályozás. A nucleus caudatus és a Putamen a

substantia nigra-val reciprok kapcsolatban van, fő kimenete a globus pallidus.

A substantia nigra részei: pars compacta és pars reticulata. A pars reticulata reciprok kapcsolatban áll a nucleus caudatussal és a putamennel. Bazális ganglionon kívüli kapcsolatai a fej- és szemmozgások koordinálásában vesznek részt. Dopaminerg neuronokból áll.

Globus pallidus részei: pars externa kimenete a nucl. subthalamikus, a pars interna kimenete a nucl. Subthalamikus és a thalamus.

Funkció:

Sokféle neurotranszmitter fordul elő a basális előagyi magokban: ACH. GABA,
Dopamin

Fő hatás a talamuszra: gátlás

Fő funkciója a „motoros mozgások fékje”

Ahhoz, hogy mozdulatlanul tudjunk ülni szükség van az összes mozgás megfékezésére kivétel azok amik kialakítják az ülés alatti testtartásunkat.

Majd ahhoz, hogy megmozduljunk a testtartást fenntartó egyes reflexek gátlására van szükség.

Ha a bazális agy működése károsodik két alapvető funkciózavar keletkezik:

Extra, nemkívánatos mozgások jelenléte

Mozgáskivitelezés nehézsége, zavara

Bazális ganglionok károsodása:

Parkinson kór: substantia nigra DAerg neuronjainak pusztulása
putamen dopaminerg bemenete csökken –kérgi aktivitás gátlása érvényesül
Nyugalmi remegés, izommerevség, mozgás meglassultsága

Huntington chorea

Hirtelen fellépő, gyorsan lezajló akaratlan mozgások (choerák)
Idegsejt-pusztulás a BG és agykéreg területén -örökletes

https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_524_Elettan/ch10s06.html

Izomműködés:

Izom anyagcsere:

Glükózt főleg saját glikogén raktáraiból és keringésből nyeri.

Azok kimerülésekor: más szövetekből származó glükózt, májból származó glikogént, zsírsavakat zsírszövetekből és keton testeket májból.

Preferált energianyerés: glikolízissel, gyors izmokban glükózból tejsav, amit lassú izmok, agyi illetve szívizmok használnak fel, vagy a májban a Cori cikluson keresztül visszaalakul glükózzá.

Lassú izmokban és szívizomban a glükóz komplett oxidációja zajlik.

Izmok glükózzal ellátása:

Ha izomműködésre kerül sor, először vér adrenalin szintje megemelkedik.

Szimpatikus idegrendszeri aktivitás: adrenalin felszabadulás. Adrenalin blokkolja az inzulin felszabadulást.

Adrenalin növeli az izmokban a glikogén lebontást.

A megnövekedett glükóz igényt inzulin antagonistá hormonok: GH, adrenalin, glukagon, kortizol hatására, glikogén bontás, glükolízis, lipolízis biztosítja

Izomban nincs glükoneogenezis.

Glikogén raktárak következő étkezéskor töltődnek fel.

Izomműködéskor zajló események:

- adrenalin szint nő, inzulin szint csökken.
- Izom inzulin érzékenysége nő.
- Kapillárisok nyitásával és a keringés fokozódásával glükóz és inzulin ellátottsága javul az izmoknak.
- Izomkontrakció inzulintól függetlenül is növeli a glükózfelvételt: növeli az izomsejteken a glükóz transzporterek számát.
- Ez a hatás a mozgás után órákig fennáll.

Mozgás idegrendszeri hatásai

Endorfin termelés növelése

Endorfinokat a hipotalamusz és a hipofízis szintetizálja elsődlegesen, de más szervek is képesek rá.

Segítenek megbirkózni a stresszel és fájdalommal.

Magas szintjük eufóriát okoz.

Ópiát receptorokon hatnak (ópiátokhoz hasonló, de kevésbé erőteljes hatásúak)

Élettani hatásukat a stresszhormonok és immunsejtek szintjének befolyásolásával illetve a fájdalomérzet blokkolásával váltják ki.

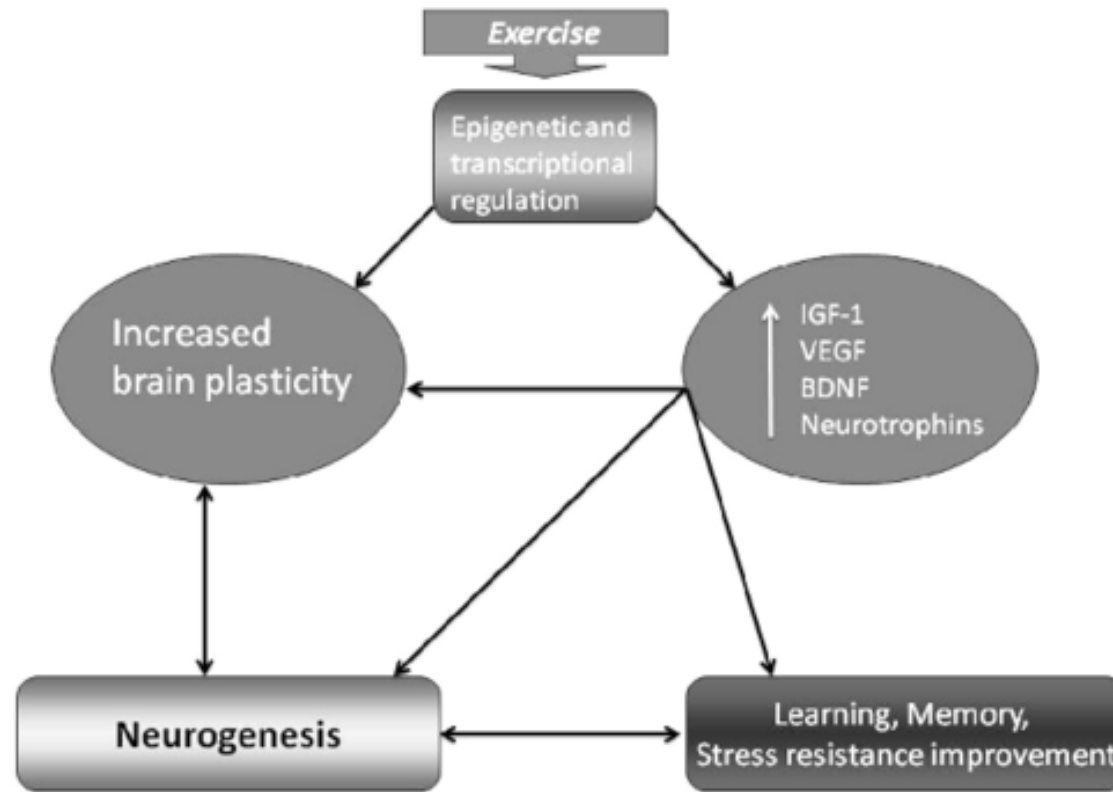
Endorfin termelést elősegítő tényezők:

Mozgás, jóga, meditáció, fűszeres ételek (kapszaicin), segítség - jótékonyság, 70%-os kakaó tartalmú csokoládé, nevetés

Testmozgás hatása az idegrendszerre:

Állatkísérletek	Humán eredmények
Hippocampusban neocortexben: új neuronok, szinapszisok és gliasejtek	Szürkeállomány növekedése frontális és hippocampalis régióban
Hippocampusban, neocortexben, kisagyban új erek	Vérátáramlás növekedése
Acetilcolin, szerotonin és noradrenalin rendszer modulációja	Neurotrofinok és növekedési faktorok szintje nő
Anyai motoros aktivitás utódokra is kedvezően hat.	Módosult neuronális hálózatok
	Jobb iskolai előmenetel
	Jobb kognitív képességek

Mandolesi et al. [Front Psychol.](#) 2018; 9: 509.



Modell amely magyarázza a fizikai aktivitás kedvező hatásait az agyi aktivitásra:

A testmozgás transzkripción és epigenetikus hatásokon keresztül hat. Növeli az agyi plaszticitást és elősegíti új neuronok képződését.

Növeli IGF-1: Insulin-szerű növekedési faktor; VEGF: Vaskuláris endotelialis növekedési faktor; BDNF: agyi neurotrofikus faktor.

Memória javítása

Aerob testmozgás hat a hippocampuszra.

Azon kevés helyek egyike az idegrendszerben ahol van sejtosztódás felnőtt korban.

Fittség növekedésével együtt új sejtek keletkeznek.

Mozgás pozitívan hat a memóriára és tanulási képességre.

Hosszú távú memória kialakítására pozitívan hat a mozgás (memóriatartalom formálása közben kell mérsékelt erősségű/stressz szint alatti mozgást végezni).

Koncentráció

Feladatok közötti 20 perc aerobik-stílusú mozgás segíti a koncentrációt, fókuszálást.

10 perc ügyességet – koordinációt igénylő feladat növeli a koncentrációt.

Iskola utáni délutáni sportaktivitás:

- növeli a koncentrációs képességet
- jobban tudják ignorálni a zavaró hatásokat,
- jobbak multi-tasking-ban
- könnyebben jegyezték meg a kapott instrukciókat
- könnyebben dolgozták fel a kapott információt

Kreativitás növelése:

20 perc séta “szárnyakat ad” a kreatív ötleteknek

Időskori kognitív leépülés késleltetése:

Heti 1-2 óra fizikai aktivitás különösen társaságban kognitív képességek megtartásában nagyon fontos.

Olyan aktivitásoknál is kimutatható a kognitív képességekre gyakorolt hatás, amelyeknél a fittség nem változik jelentősen.

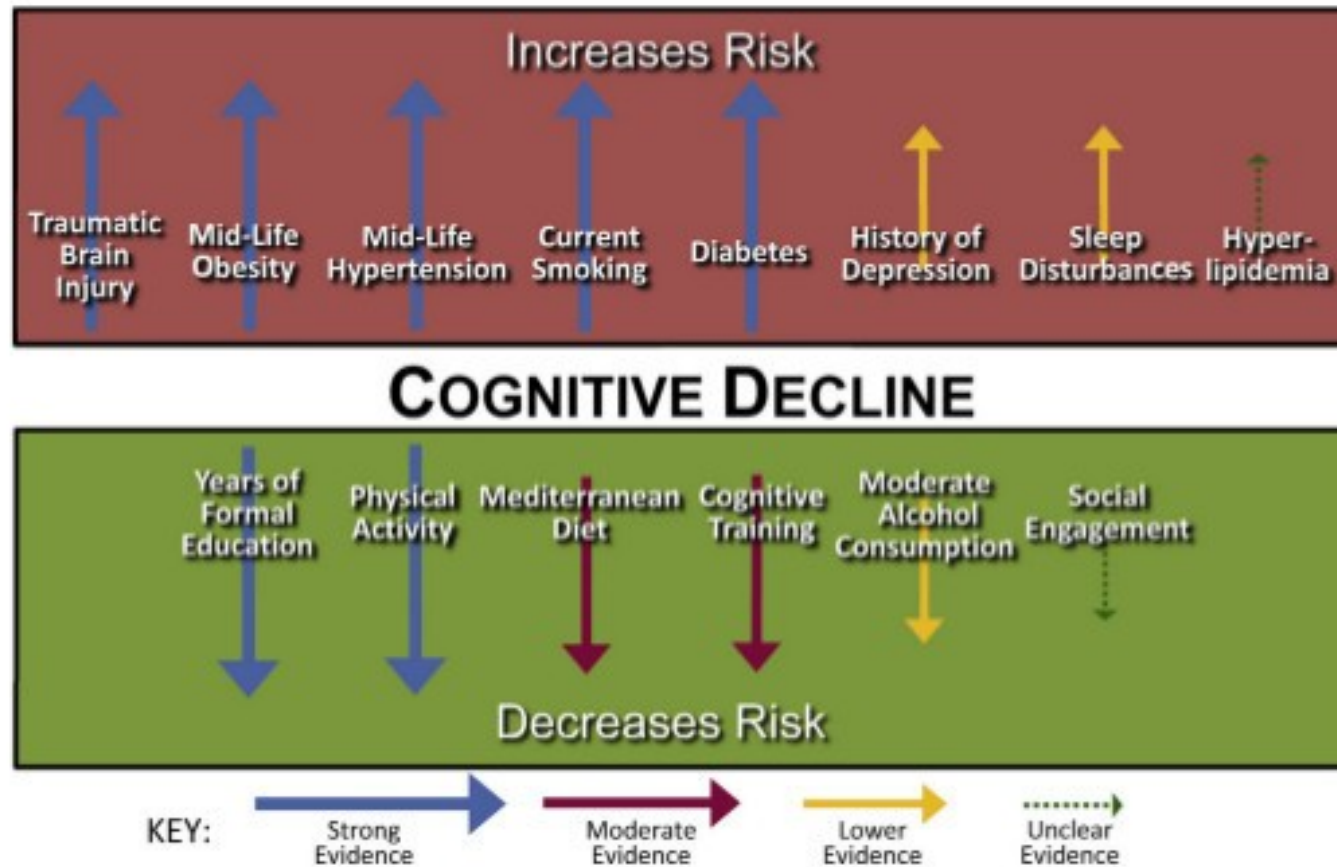


Fig. 1. Strength of evidence on risk factors for cognitive decline.

Kognitív leépülés rizikófaktorai: fejsérülések, kövérség, magas vérnyomás, cukorbetegség, dohányzás

Védőfaktorok: iskolázottság, fizikai aktivitás, mediterrán diéta, kognitív feladatok

Fizikai aktivitás és koplalás hatásai hasonlóan kedvezőek.

Exercise

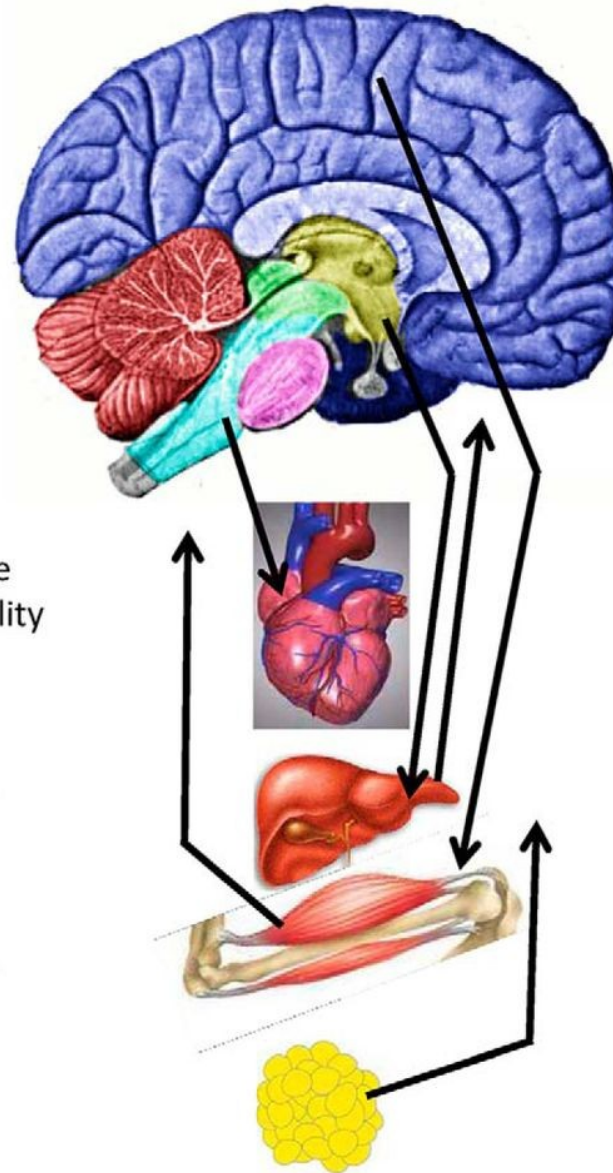
Neurogenesis
 Synaptogenesis
 Synaptic plasticity
 Cognitive function
 Motor function
 DNA repair
 Mitochondrial biogenesis
 Reduced inflammation

Decreased resting heart rate
 Increased heart rate variability
 Decreased blood pressure

Increased insulin sensitivity
 Ketone body production

Increased insulin sensitivity

Fatty acid mobilization
 Reduced inflammation



Intermittent Fasting

Neurogenesis
 Synaptogenesis
 Synaptic plasticity
 Cognitive function
 Motor function
 Reduced inflammation
 Enhanced autophagy

Decreased resting heart rate
 Increased heart rate variability
 Decreased blood pressure

Increased insulin sensitivity
 Ketone body production

Increased insulin sensitivity

Fatty acid mobilization
 Reduced inflammation

Praag et al. Journal of Neuroscience 2014, 34:15139-15149; DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2814-14.2014>