

A neuronális-, az endokrin- és az immunrendszer (NEI) kölcsönhatásai

Szabályozásfiziológia
2012

Dr. Bárdos György
egyetemi tanár

VEGETATÍV SZABÁLYOZÁS

VEGETATÍV IDEGRENDSZER

RECEPTOROK

EXTEROCEPTOROK

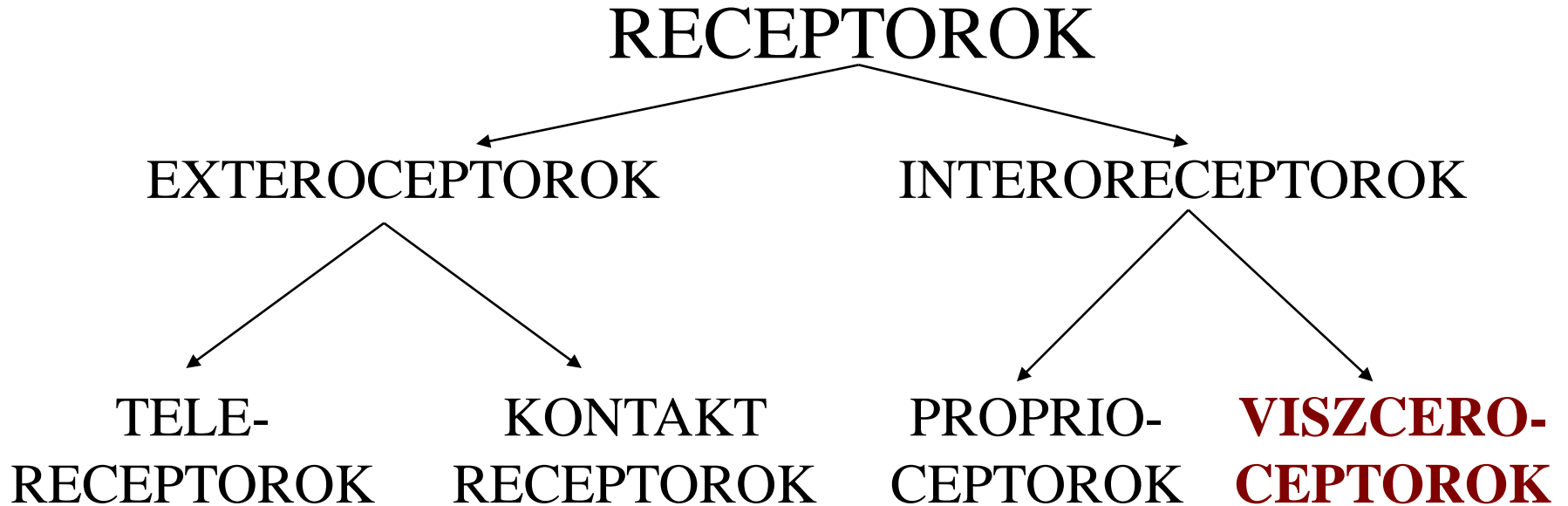
INTERORECEPTOROK

TELE-
RECEPTOROK

KONTAKT
RECEPTOROK

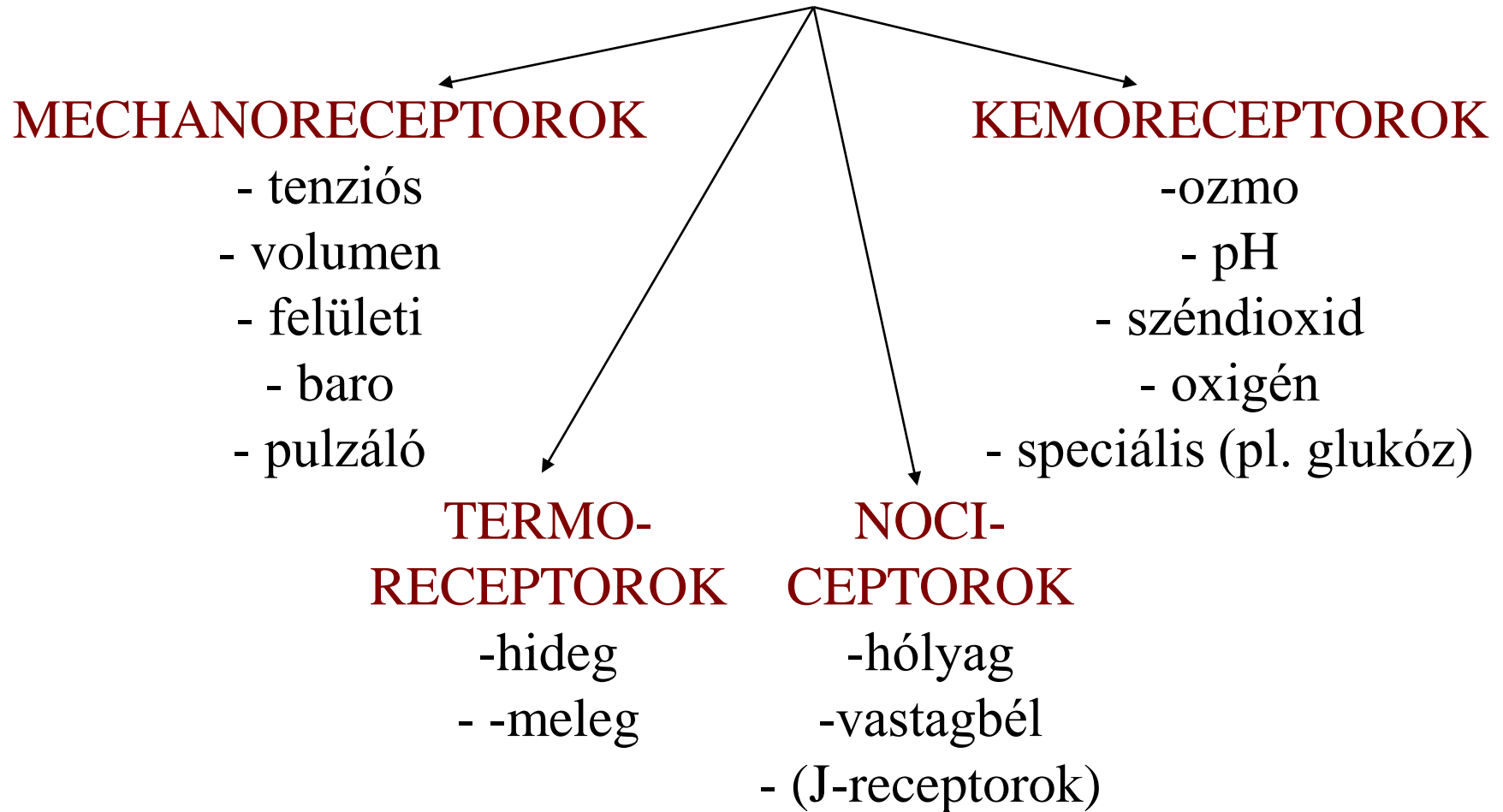
PROPRIO-
CEPTOROK

**VISZCERO-
CEPTOROK**



VEGETATÍV IDEGRENDSZER

VISZCERORECEPTOROK

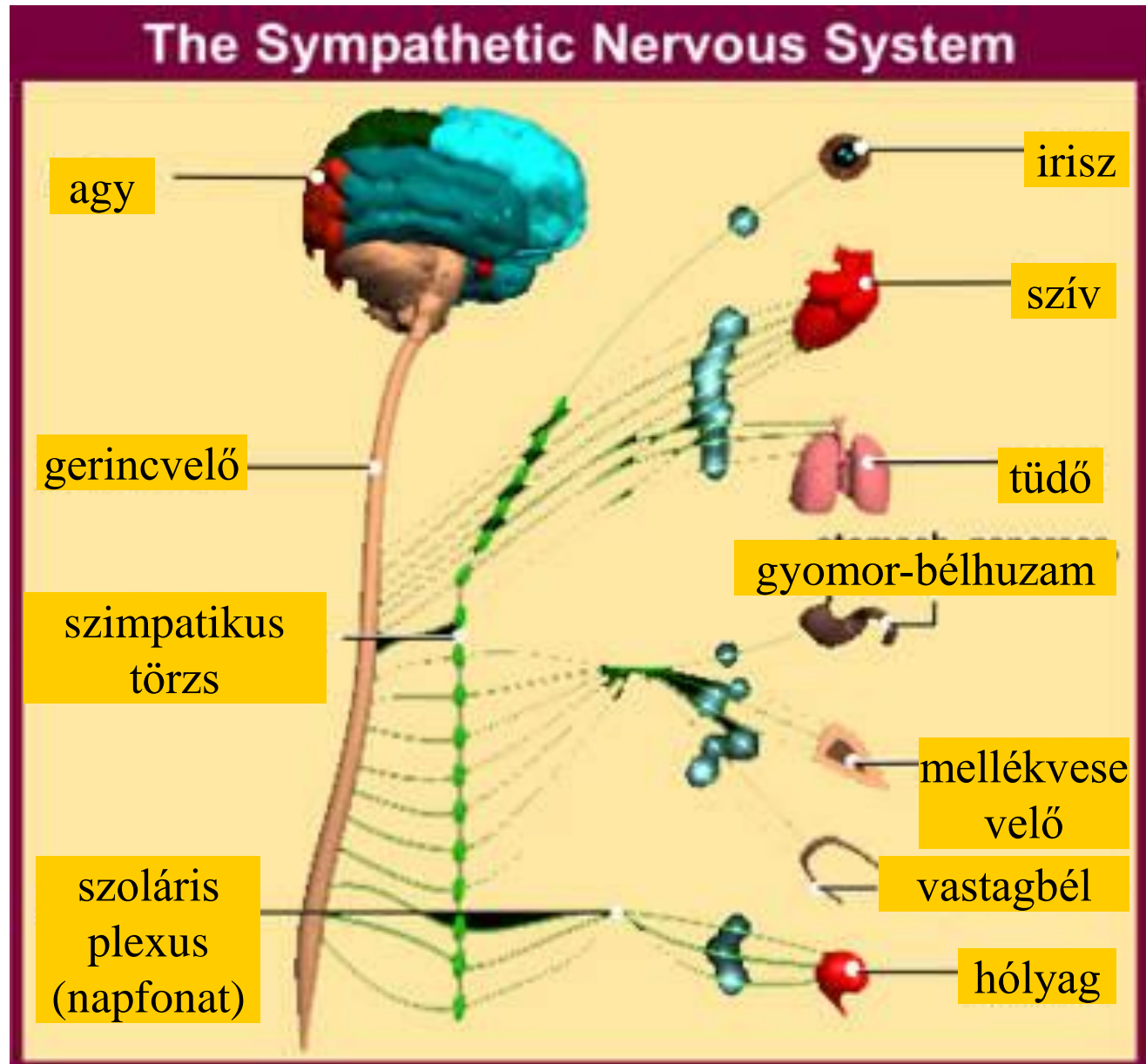


VEGETATÍV AFFERENSEK

- paraszimpatikus jellegűek
 - kb. 48 000 db
 - célpont: nyúltvelő
- szimpatikus jellegűek
 - kb. 16 000 db
 - célpont: gerincevelő
- viszczero-szomatikus konvergencia

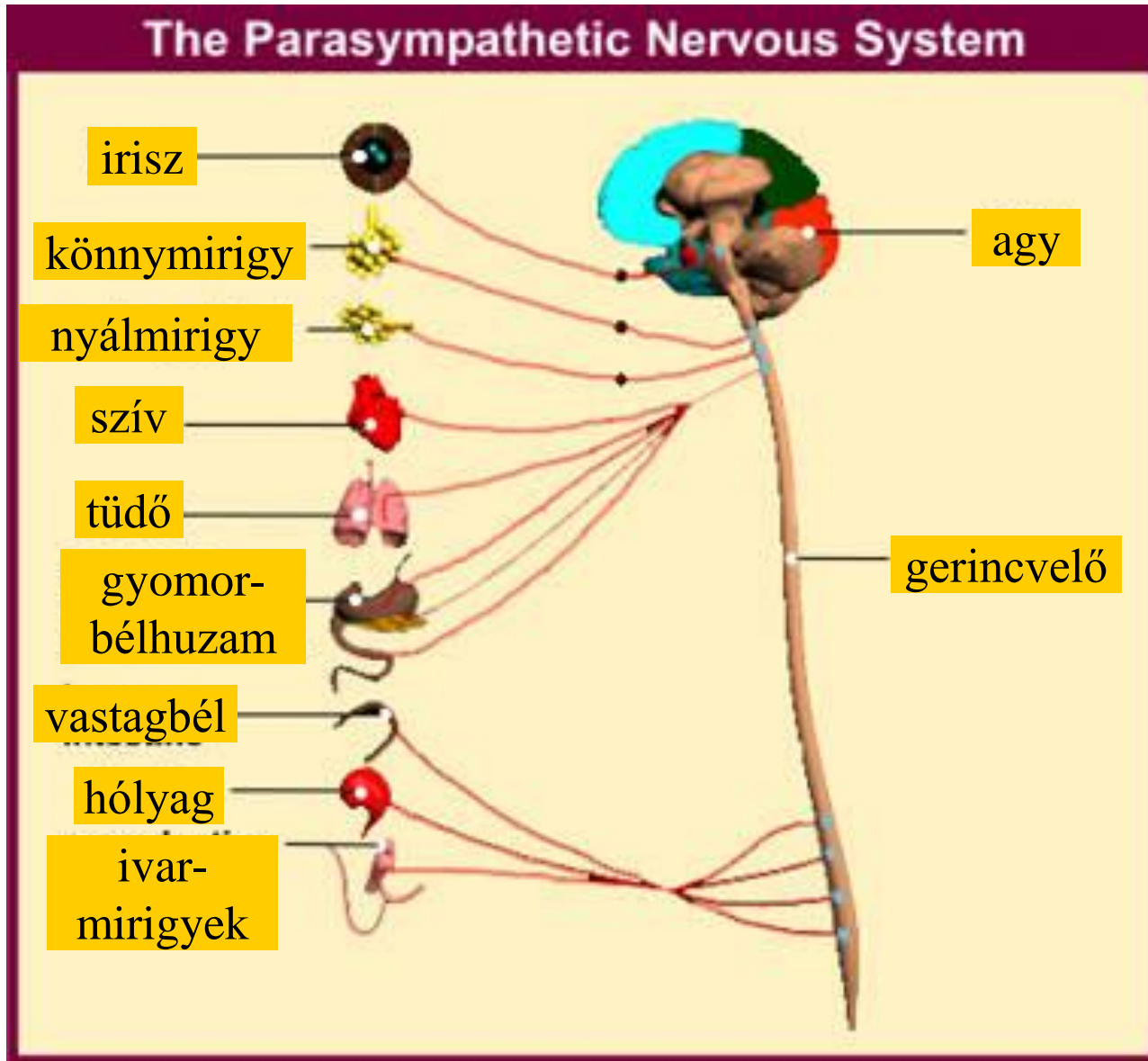
VEGETATÍV EFFERENSEK

SZIMPATIKUS - THORACO-LUMBARIS



VEGETATÍV EFFERENSEK

PARASZIMPATIKUS - BULBO-SACRALIS



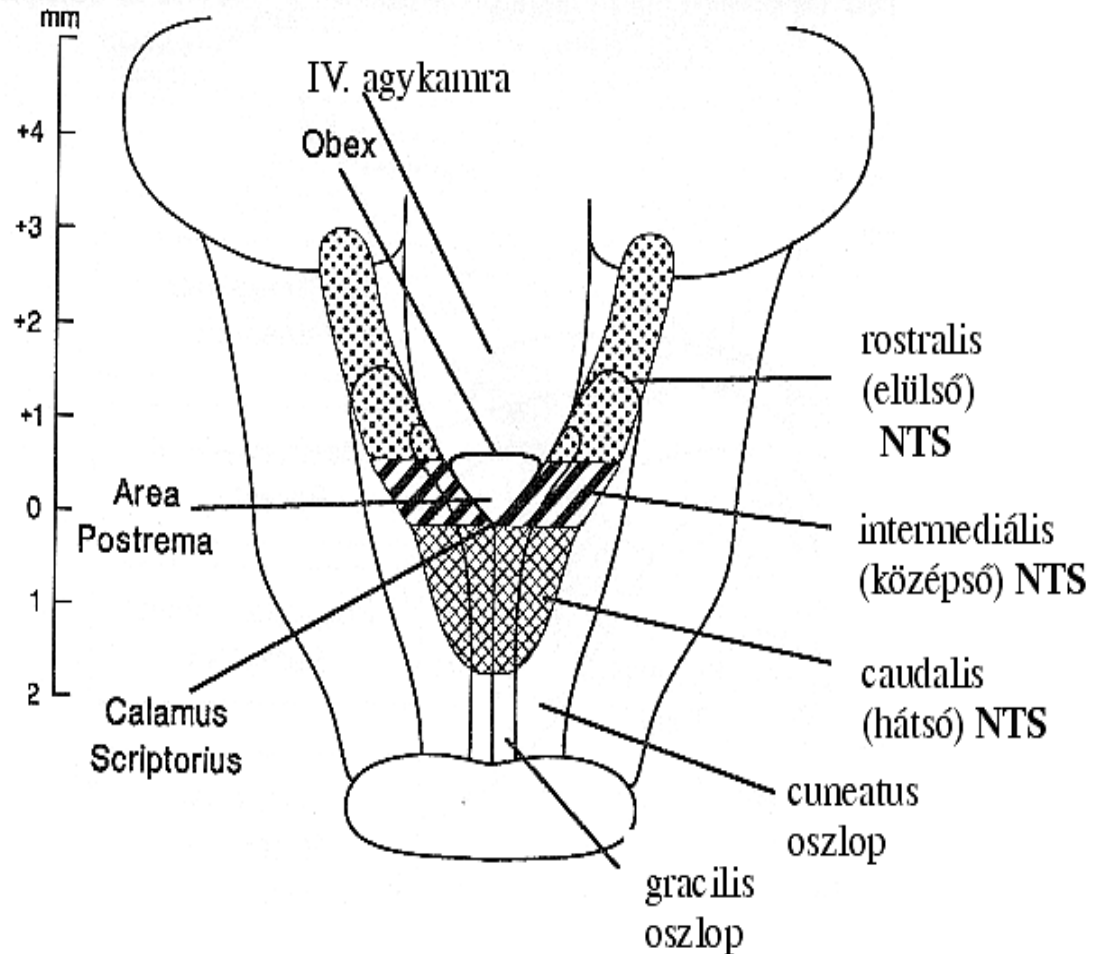
A KIMENET SZERVEZŐDÉSE

- központi vegetatív (viszcero-motoros) neuron
- kifutó axon = preganglionáris rost
- szinapszis a ganglion sejttel
- posztganglionáris rost
- szinapszis a célszervvel

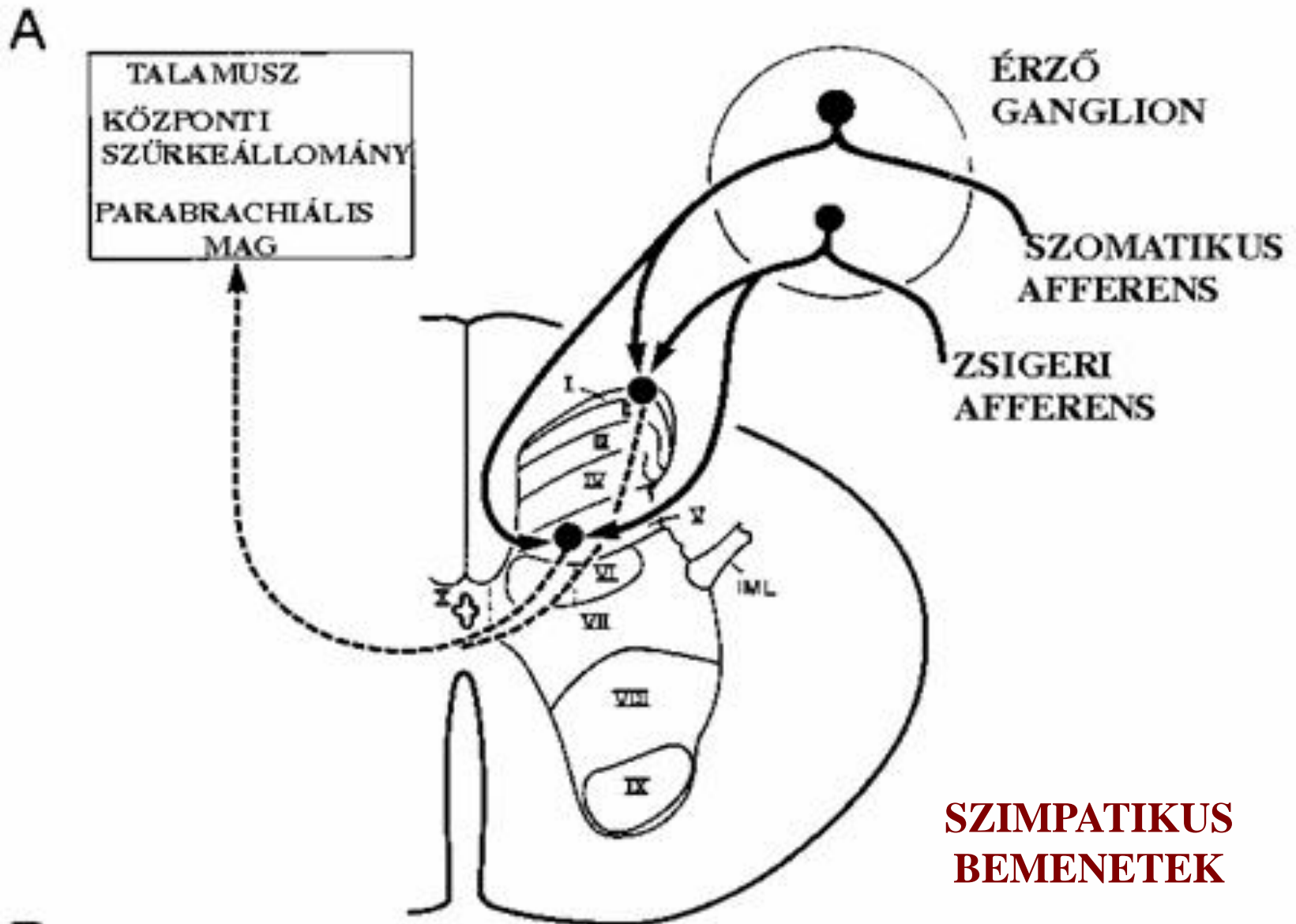
KÖZPONTI VEGETATÍV STRUKTÚRÁK

PARASZIMPATIKUS BEMENETEK

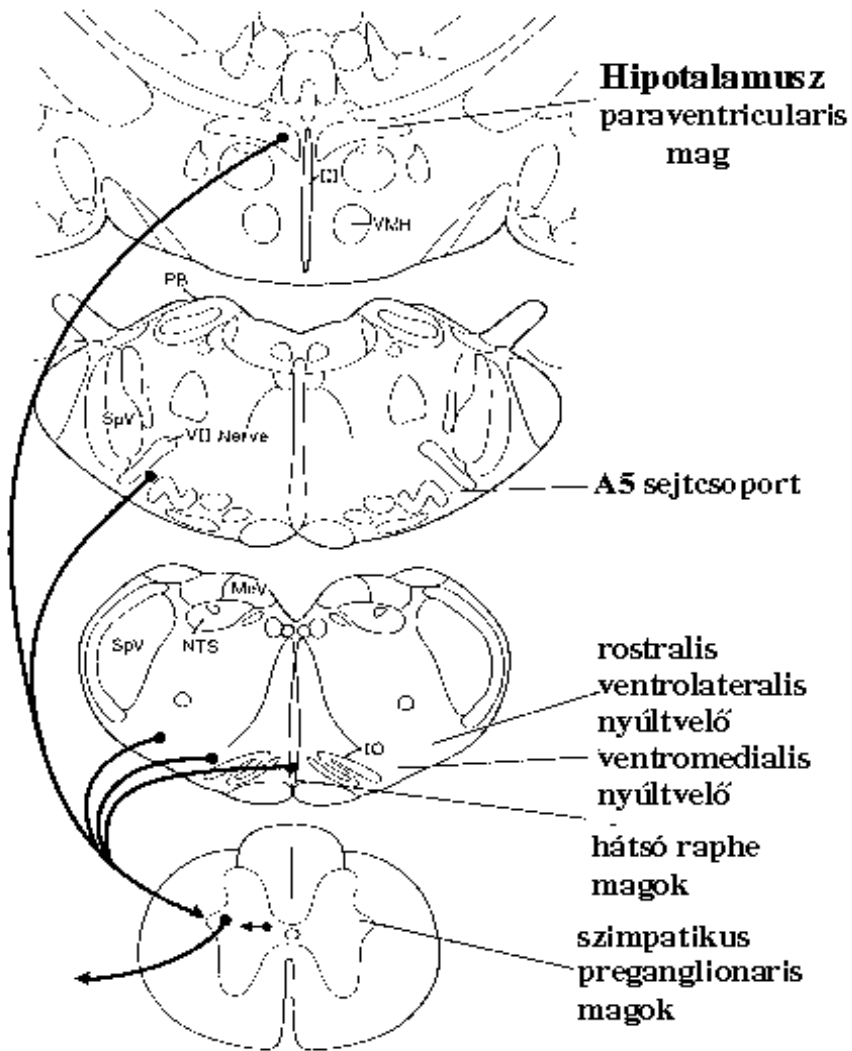
NUCLEUS TRACTUS SOLITARIUS = NTS



KÖZPONTI VEGETATÍV STRUKTÚRÁK



SZIMPATIKUS KIMENETEK



III: harmadik agykamra; MeV: medialis vestibuláris mag;

NTS: nucleus tractus solitarii; PB: parabrachialis mag;

Sp V: gericvelői trigeminalis mag;

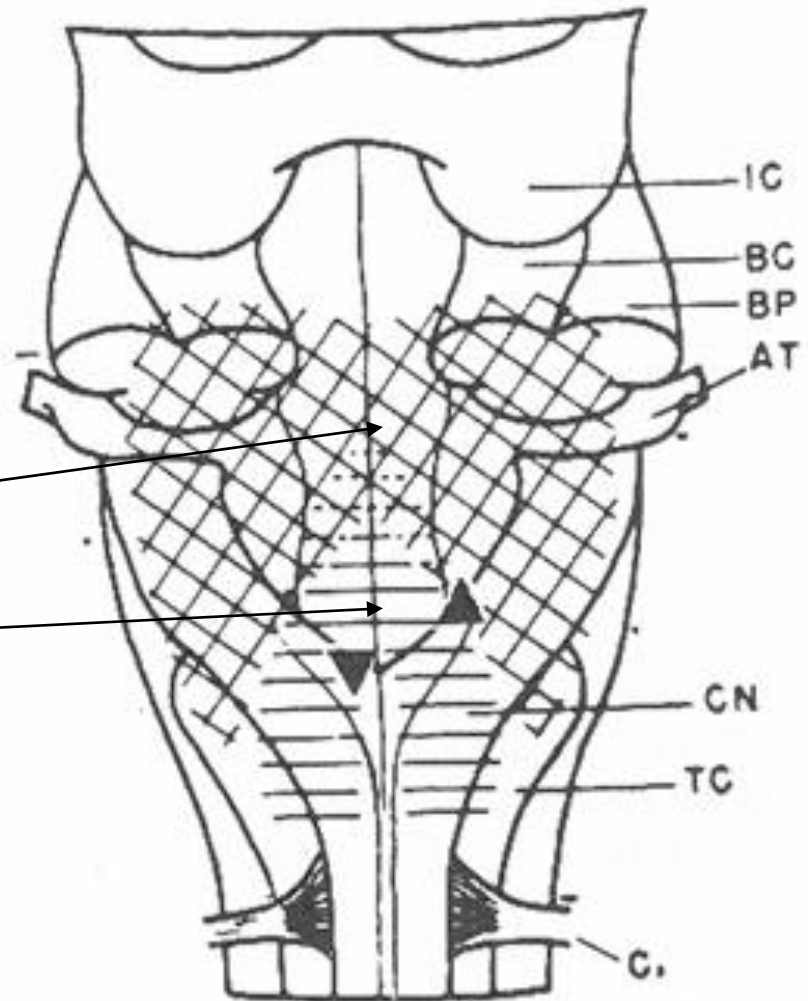
VMH: hipotalamusz ventromedialis mag

SZIMPATIKUS KIMENETEK

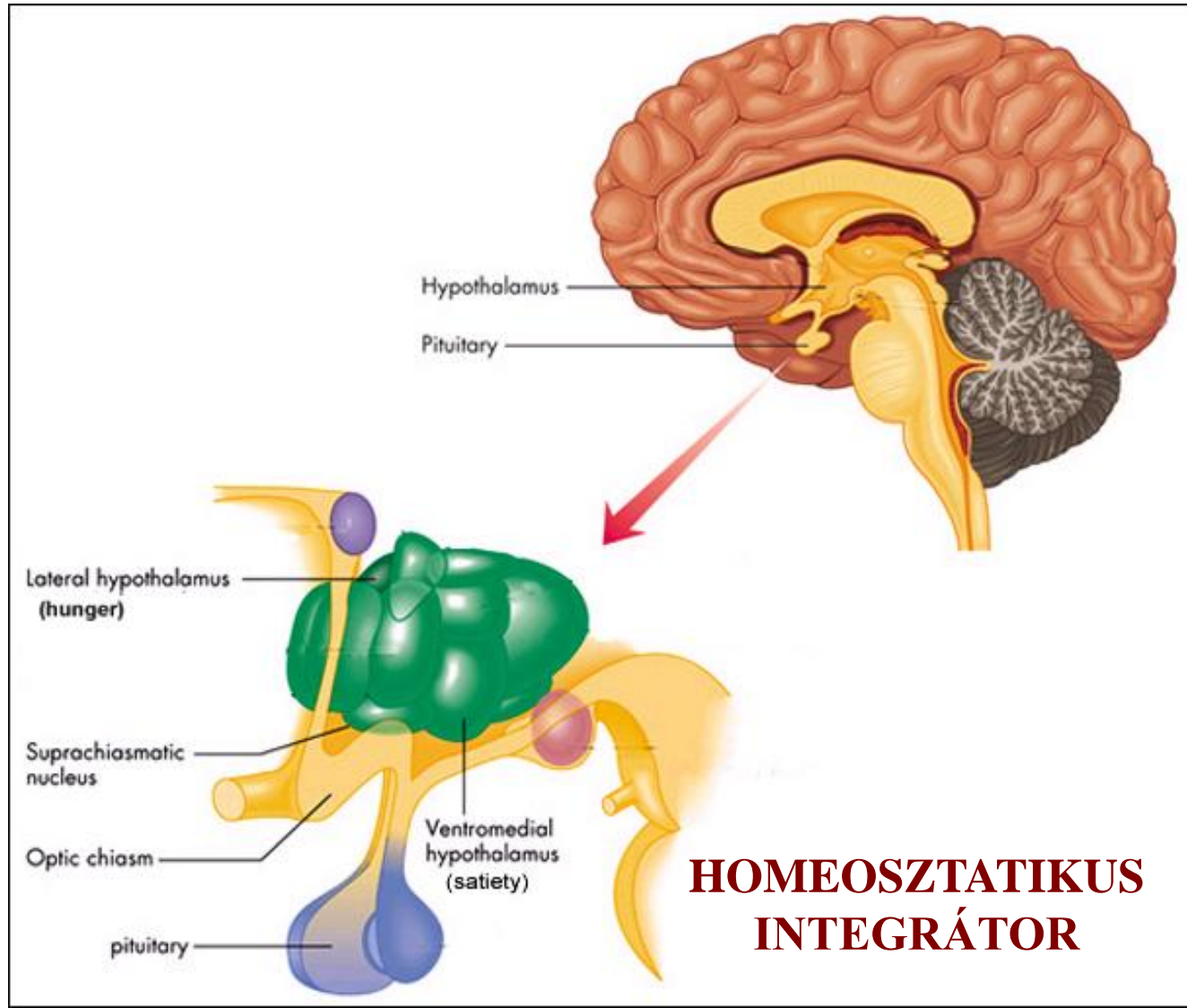
IC: colliculus inferior
BC: brachium conjunctivum
BP: brachium pontis
AT: hallóidegek befutása
CN: gracilis mag
TC: tuberculum cinereum
C1: első nyaki ideg

presszor pontok

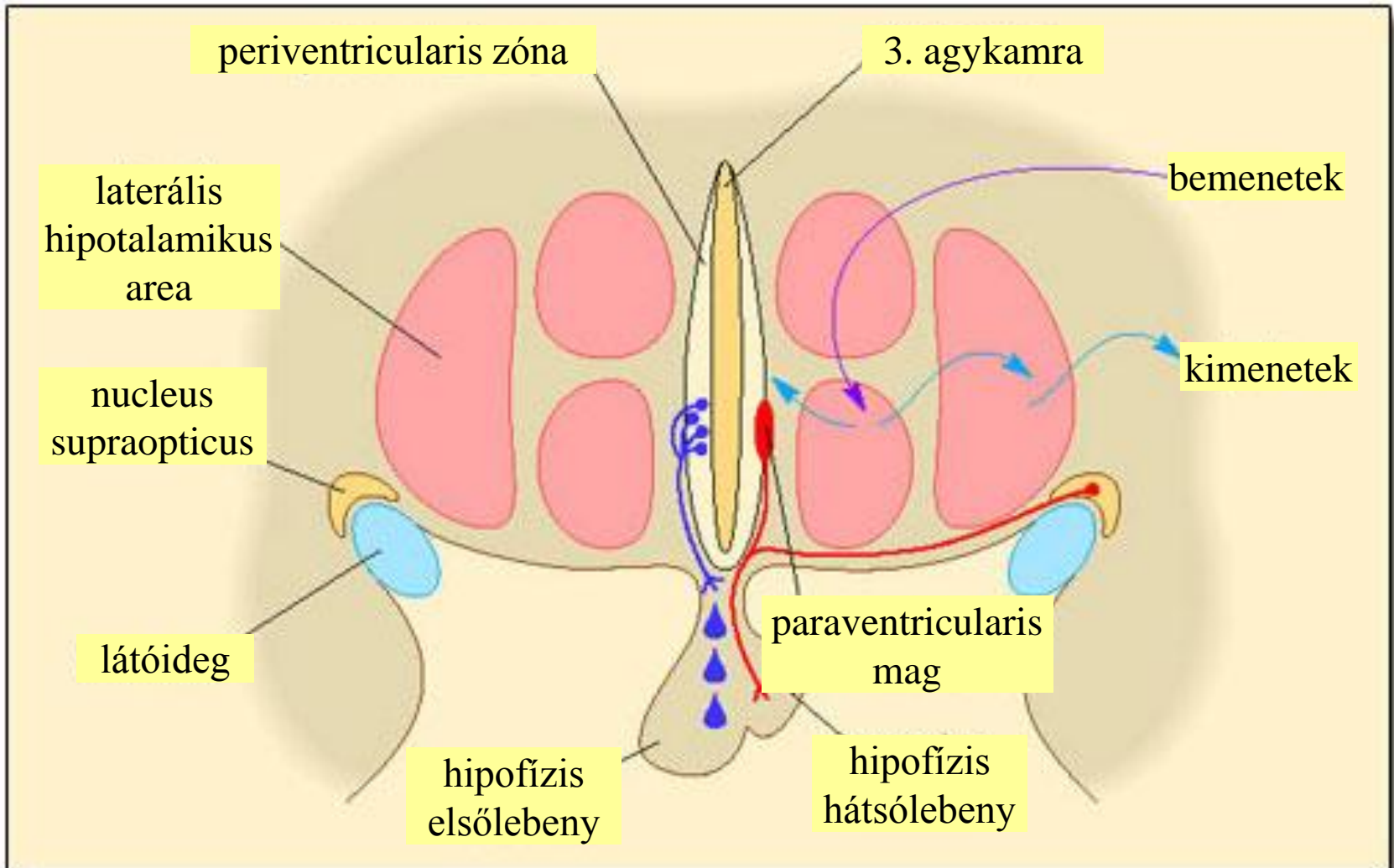
depresszor pontok



KÖZPONTI STRUKTÚRÁK: HIPOTALAMUSZ

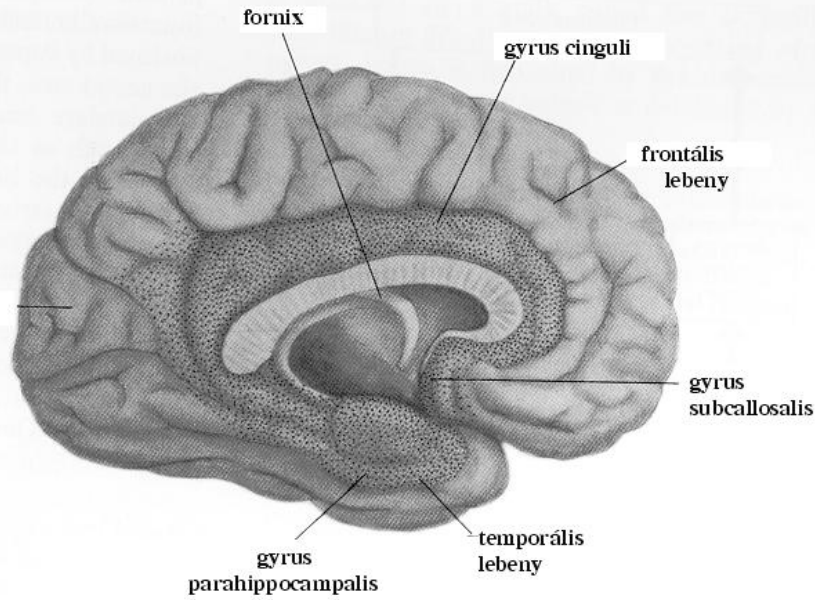


KÖZPONTI STRUKTÚRÁK: HIPOTALAMUSZ



A.

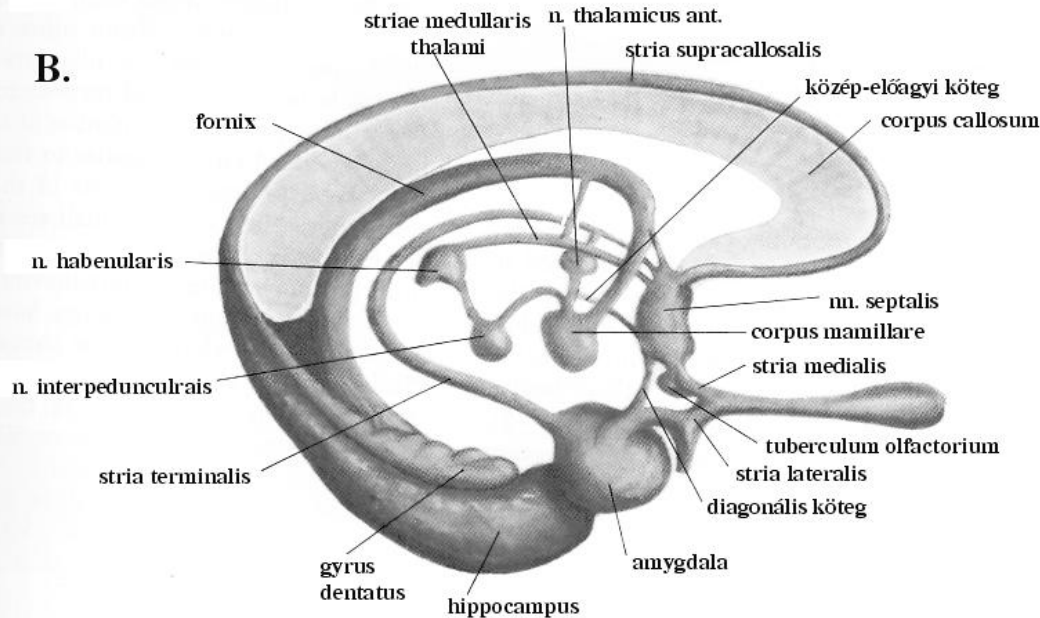
KÉREG



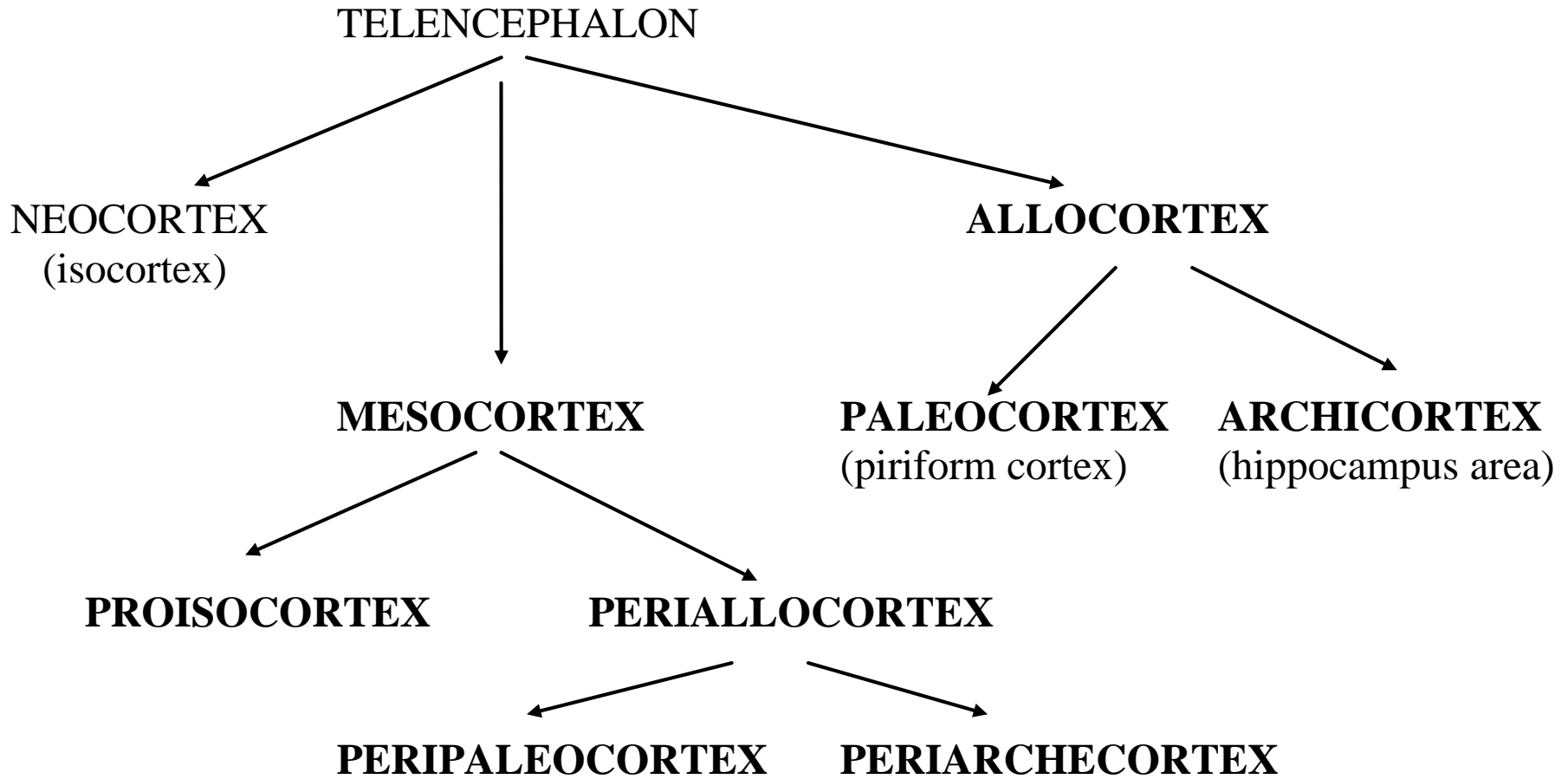
KÖZPONTI STRUKTÚRÁK: LIMBIKUS RENDSZER

B.

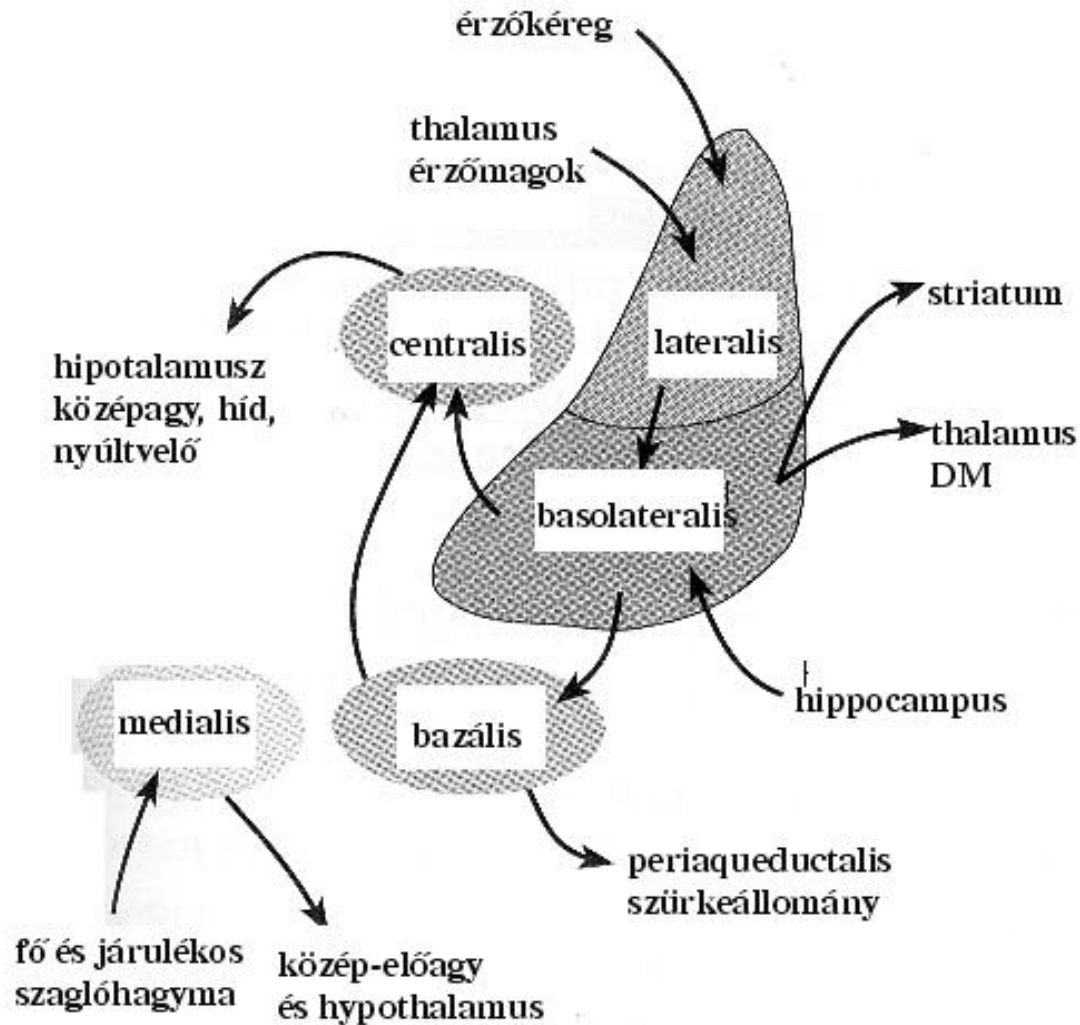
MAGOK



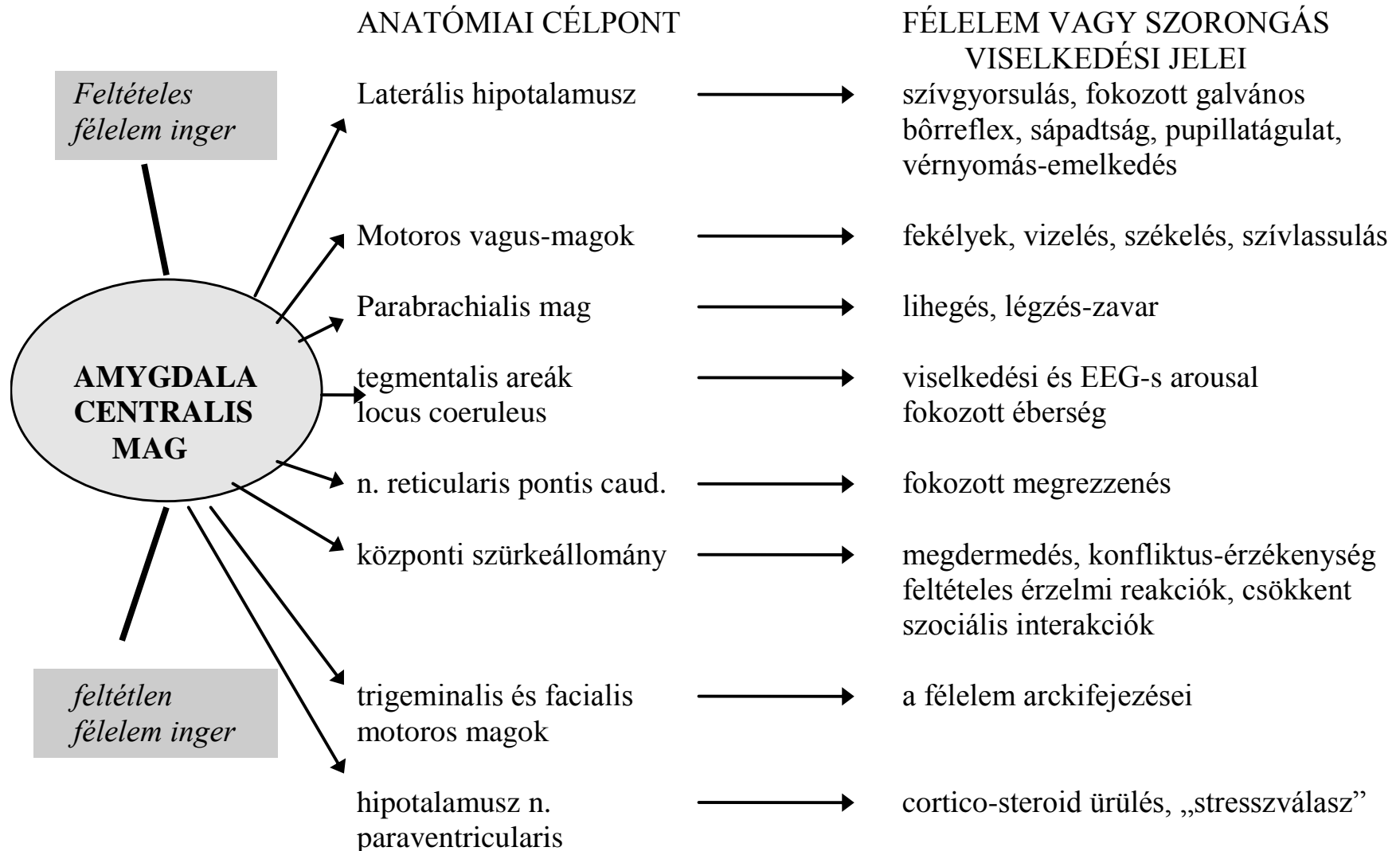
KÖZPONTI STRUKTÚRÁK: LIMBIKUS RENDSZER



AMYGDALA



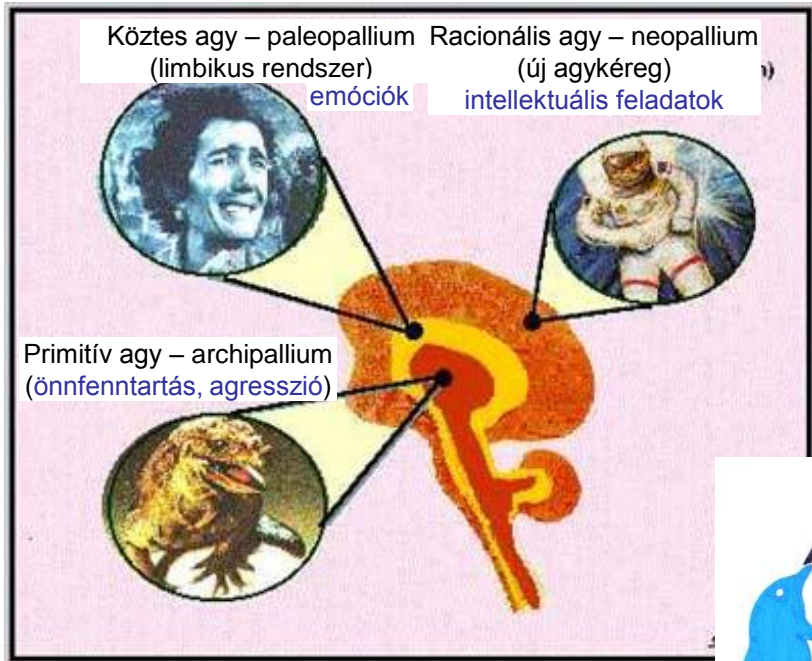
A mandulamag (n. amygdala) főbb kimeneti célállomásai, illetve azok hatása a szervezet belső működésére és a viselkedésre



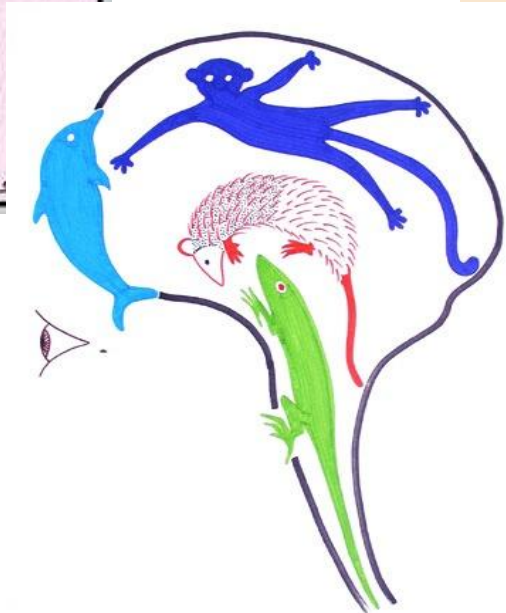
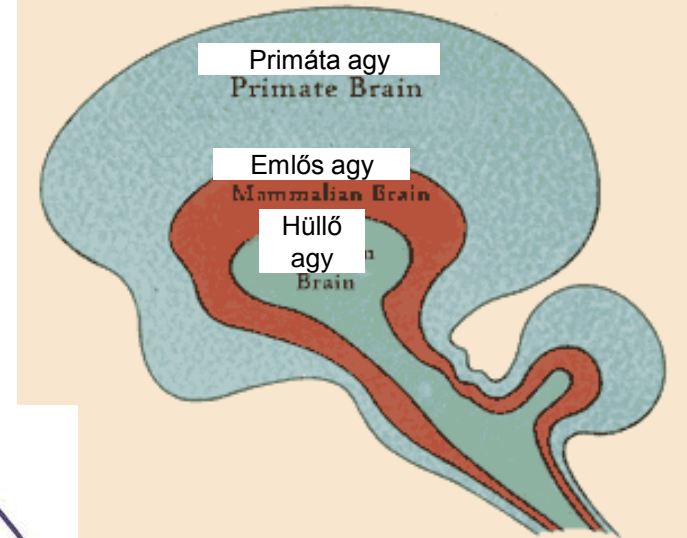
AMYGDALA

- bonyolult belső szerveződés és sokféle neuronális kapcsolat;
- ingerlésével komplex viselkedési minták válhatnak ki (pl. félelmi reakciók);
- ezeket jellegzetes zsigeri változások kísérik;
- emocionális jellegű reakciók indulnak innen;
- ez is viselkedés integrátor: a külső környezet által indított viselkedésváltozások szervezője.

A "HÁRMAS (TRIUNE) AGY" ELKÉPZELÉS



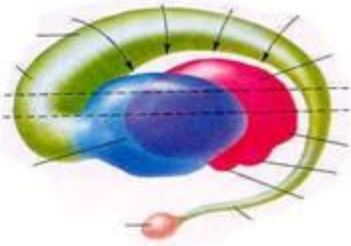
A hármas –agy felépítése



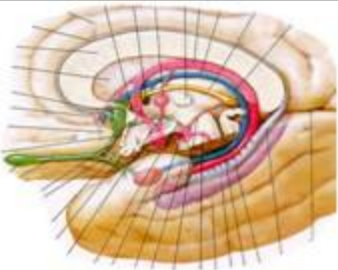
P.D. McLean

A "HÁRMAS (TRIUNE) AGY" ELKÉPZELÉS

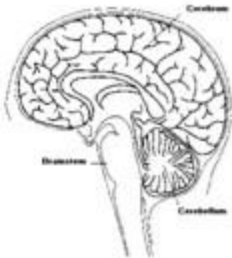
Az emberi agy evolúciója – a hármas-agy model



R-komplex (hüllő-agy): A Triász időszakban alakult ki (248-206 millió éve). Szabályozza az éhséget, a testhőmérsékletet, az üss-vagy-fuss választ. Jellemző a hüllőkre

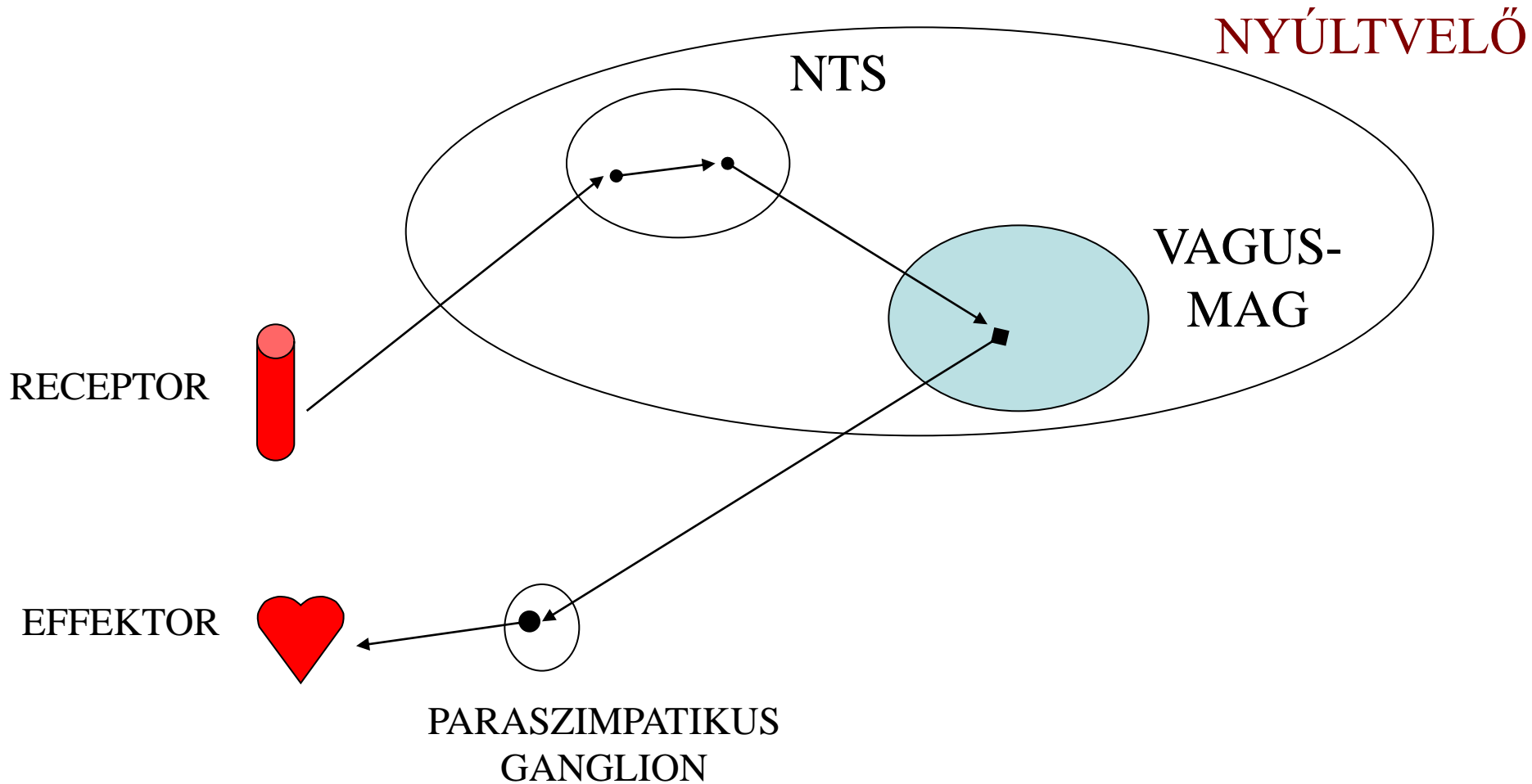


Limbikus rendszer: A Júra-időszakban fejlődött ki (206-144 millió éve). Szabályozza a hangulatokat, a memóriát, és a hormonrendszert. Korábbi emlősöknek (kutya, macskák, egerek, patkányok) már van.

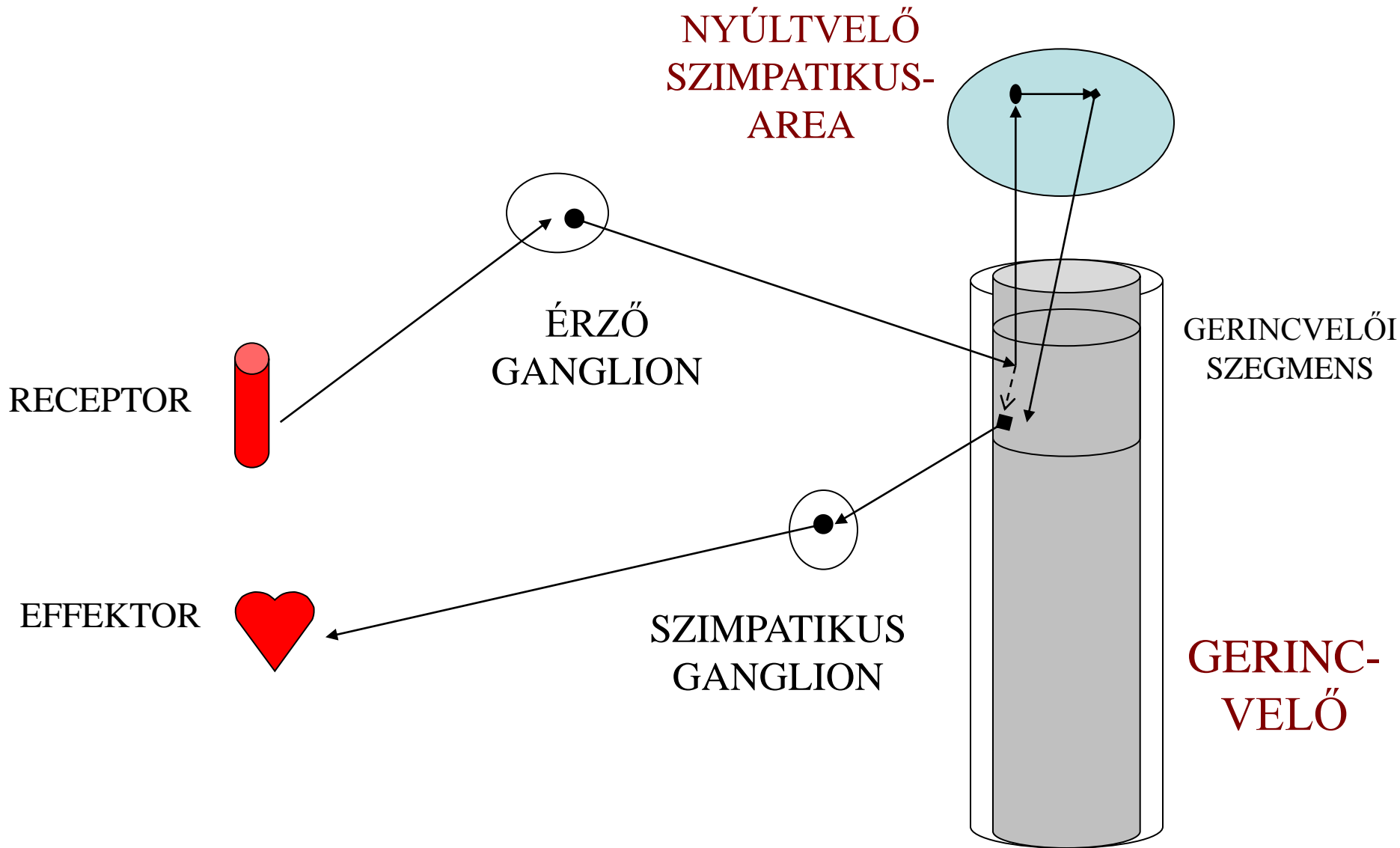


Új agykéreg: Az Eocén és Oligocén időszakban fejlődött ki (55-24 millió éve). Szabályozza a komplex szociális helyzetekhez szükséges gondolkodást, logikát. Az emberszabású majmoknak is van már.

VEGETATÍV (VISZCERO-VISZCERÁLIS) REFLEXEK



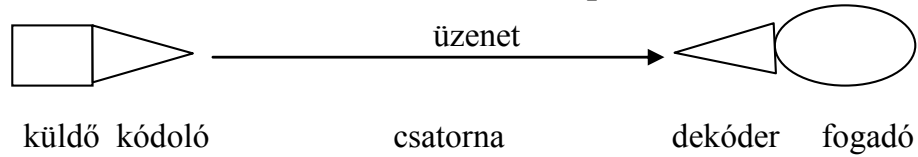
VEGETATÍV (VISZCERO-VISZCERÁLIS) REFLEXEK



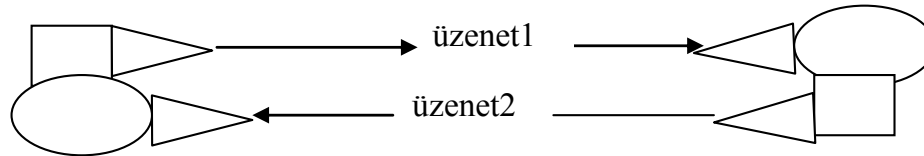
A KÉMIAI KOMMUNIKÁCIÓ ALAPELVEI

KOMMUNIKÁCIÓ

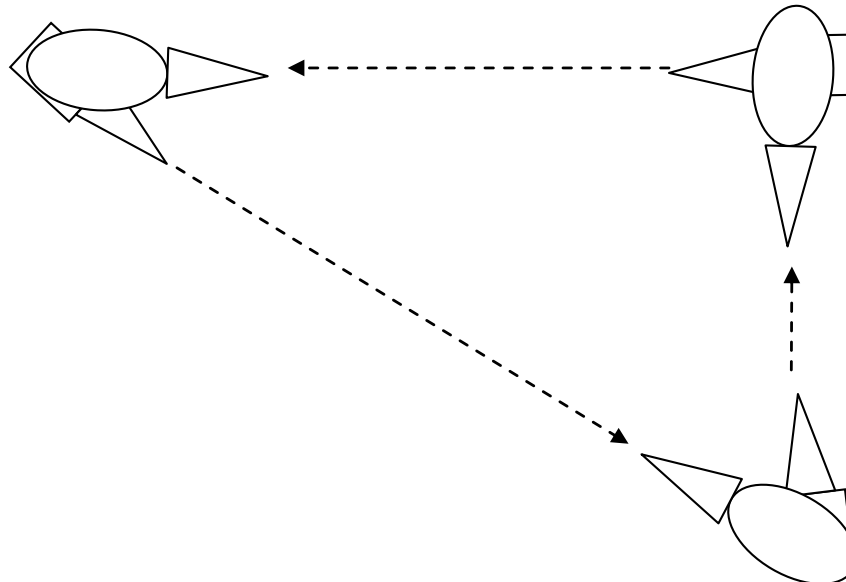
EGYIRÁNYÚ FORGALOM (simplex)



KÉTIRÁNYÚ FORGALOM (duplex)



TÖBBIRÁNYÚ FORGALOM (multiplex)



KOMMUNIKÁCIÓ

- forrás \Rightarrow (kódoló) \Rightarrow csatorna \Rightarrow (szállító) \Rightarrow (dekóder) \Rightarrow fogadó
- Kritikus változók:
 - ki (mi) küldi;
 - hány címzett van;
 - mennyire specifikus az üzenet;
 - milyen csatornán terjed, mi szállítja;
 - hányan tudják fogadni;
 - mennyire egyértelmű az üzenet?

Kémiai kommunikáció:

FORRÁS	LOKALIZÁCIÓ	CSATORNA	SPECIFICITÁS	CÉLSEJTSZÁM

Kémiai kommunikáció:

FORRÁS	LOKALIZÁCIÓ	CSATORNA	SPECIFICITÁS	CÉLSEJTSZÁM
AUTOKRIN	ABSZOLÚT HELYI	MEMBRÁN ÉS KÖRNYÉKE	NAGYON SPECIFIKUS	1 (ÖNMAGA)

Kémiai kommunikáció:

FORRÁS	LOKALIZÁCIÓ	CSATORNA	SPECIFICITÁS	CÉLSEJTSZÁM
AUTOKRIN	ABSZOLÚT HELYI	MEMBRÁN ÉS KÖRNYÉKE	NAGYON SPECIFIKUS	1 (ÖNMAGA)
NEUROKRIN	HELYI, KIS TÁVOLSÁGRA	SZINAPTIKUS RÉS	SPECIFIKUS	2 - NÉHÁNY

Kémiai kommunikáció:

FORRÁS	LOKALIZÁCIÓ	CSATORNA	SPECIFICITÁS	CÉLSEJTSZÁM
AUTOKRIN	ABSZOLÚT HELYI	MEMBRÁN ÉS KÖRNYÉKE	NAGYON SPECIFIKUS	1 (ÖNMAGA)
NEUROKRIN	HELYI, KIS TÁVOLSÁGRA	SZINAPTIKUS RÉS	SPECIFIKUS	2 - NÉHÁNY
PARAKRIN	SZÖVETI TÉR	SEJTKÖZÖTTI FOLYADÉK	KEVÉSSÉ SPECIFIKUS	10-1000 KÖRÜL

Kémiai kommunikáció:

FORRÁS	LOKALIZÁCIÓ	CSATORNA	SPECIFICITÁS	CÉLSEJTSZÁM
AUTOKRIN	ABSZOLÚT HELYI	MEMBRÁN ÉS KÖRNYÉKE	NAGYON SPECIFIKUS	1 (ÖNMAGA)
NEUROKRIN	HELYI, KIS TÁVOLSÁGRA	SZINAPTIKUS RÉS	SPECIFIKUS	2 - NÉHÁNY
PARAKRIN	SZÖVETI TÉR	SEJTKÖZÖTTI FOLYADÉK	KEVÉSSÉ SPECIFIKUS	10-1000 KÖRÜL
TÉRÁTVITEL	IDEGSEJTEK KÖZTI TÉR	SEJTKÖZÖTTI FOLYADÉK	KEVÉSSÉ SPECIFIKUS	10-1000 KÖRÜL

Kémiai kommunikáció:

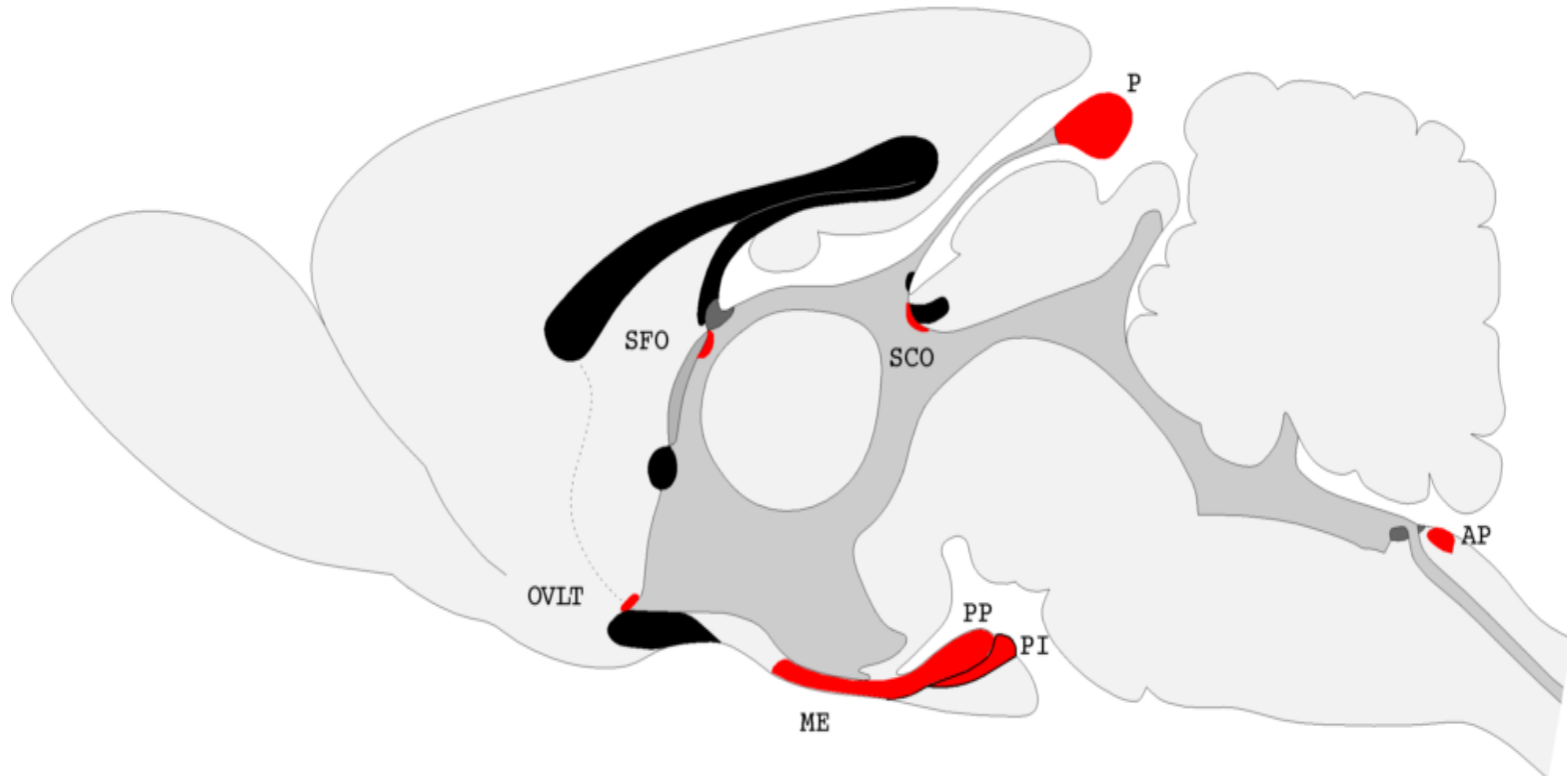
FORRÁS	LOKALIZÁCIÓ	CSATORNA	SPECIFICITÁS	CÉLSEJTSZÁM
AUTOKRIN	ABSZOLÚT HELYI	MEMBRÁN ÉS KÖRNYÉKE	NAGYON SPECIFIKUS	1 (ÖNMAGA)
NEUROKRIN	HELYI, KIS TÁVOLSÁGRA	SZINAPTIKUS RÉS	SPECIFIKUS	2 - NÉHÁNY
PARAKRIN	SZÖVETI TÉR	SEJTKÖZÖTTI FOLYADÉK	KEVÉSSÉ SPECIFIKUS	10-1000 KÖRÜL
TÉRÁTVITEL	IDEGSEJTEK KÖZTI TÉR	SEJTKÖZÖTTI FOLYADÉK	KEVÉSSÉ SPECIFIKUS	10-1000 KÖRÜL
ENDOKRIN	TELJES TEST	VÉR	NEM SPECIFIKUS	SOK ('VÉGTELEN')

NEUROPEPTIDEK ÉS MÁŠ MODULÁTOROK A VEGETATÍV IDEGRENDSZERBEN

PREGANGLIONÁRIS	ROSTOK	POSZTGANGLIONÁRIS	ROSTOK
NÉV	RÖVIDÍTÉS	NÉV	RÖVIDÍTÉS
P-anyag	SP	P-anyag	SP
neuropeptid-Y	NPY	neuropeptid-Y	NPY
szomatosztatin	SOM	szomatosztatin	SOM
enkefalinok	ENK	enkefalin	ENK
dinorfinok	DYN	dinorfinok	DYN
neurotenzinek	NT-s	neurotenzinek	NT-s
kalcitonin-gén kapcsolt peptid	CGRP	kalcitonin-gén kapcsolt peptid	CGRP
gasztrin-felszabadító peptid	GRP	vazoaktív intesztinális peptid	VIP
bombezin-szerű peptidek	BLP	galanin	GAL
YY-peptid	YYP		
pankreász-polipeptid	PP	nitrogén monoxid	NO
neurokinin A és B	NK-A, NK-B		
neuropeptid-K és gamma	NPK, NP γ		
LH kioldó hormon	LHRH		

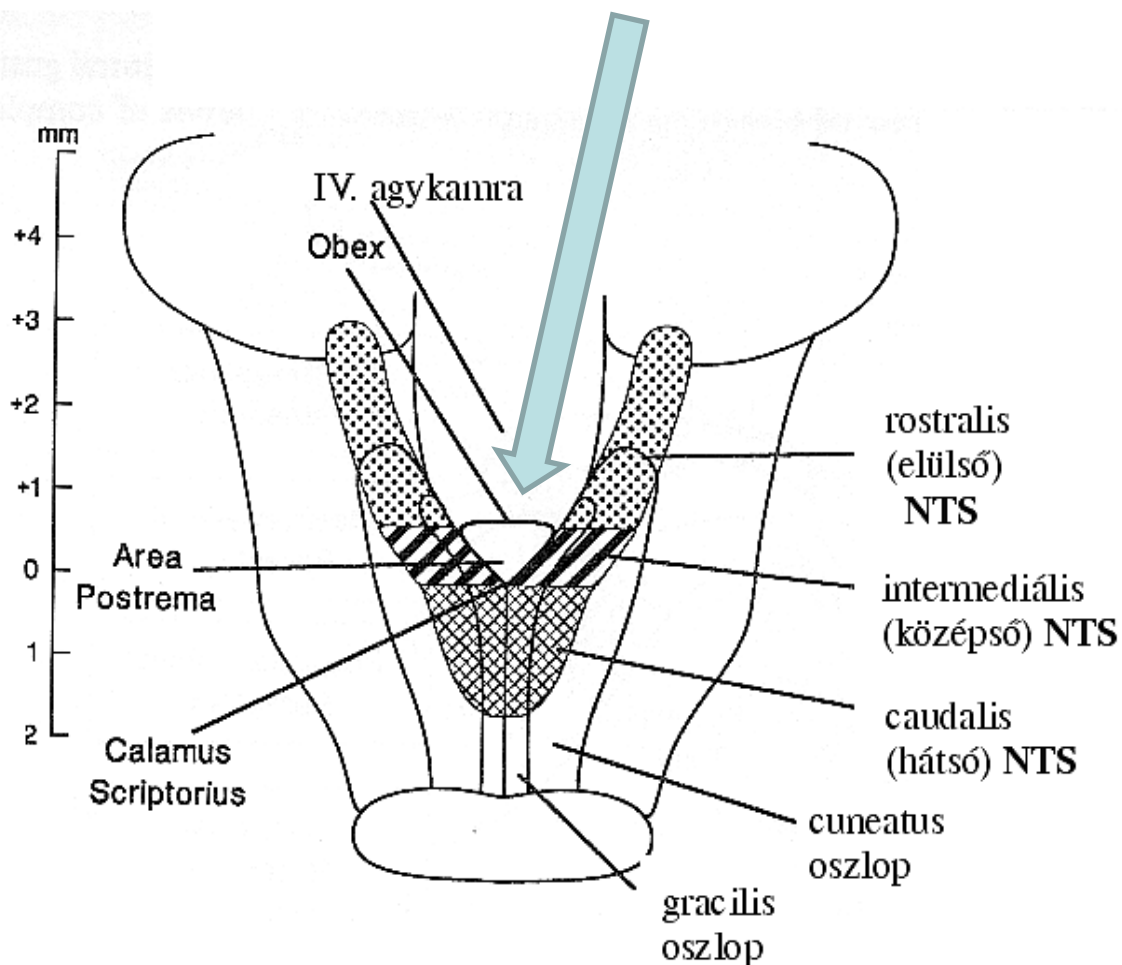
KÉMIAI BEMENETEK AZ AGYBA

A circumventricularis szervek elhelyezkedése az agy szagittális metszetére vetítve, patkányban



AP: area postrema; OVLT: a lamina terminalis organum vasculosum;
P: corpus pineale (tobozmirigy); PP: neurohipofízis, PI: intermedier hipofízis;
SCO: subcommisuralis szerv, SFO: subfornicalis szerv

Az area postrema elhelyezkedése a nucleus tractus solitarii (NTS) komplexben



FŐBB IMMUNSEJTEK

- Természetes immunválasz:
- *A természetes ölősejtek(NK)*
- *A monociták (makrofágok: hisztiociták, a máj Kupfer-sejtjei, a vese mezangiális sejtjei, az agyi mikroglia sejtek, a csontok oszteoklasztsejtjei, az üreges szervekben található „vándorló makrofágok”- reticulo-endothelialis rendszernek.)*
- *A neutrofil granulociták (mikrofágok)*
- *A dendritikus sejtek (pl. Langerhans-sejtek)*
- Adaptív immunválasz:
- *B-limfociták*
- *T-limfociták*

Immunválasz

1. *Afferens vagy felismerő szakasz;*
2. Központi vagy *aktivációs szakasz* (proliferáció, immunkommunikáció, differenciálódás, specifikus ellenanyagok képződése, effektor T_h vagy T_c sejtek kialakulása);
3. Végrehajtó, *efferens szakasz*. (antigén eltávolítása, memóriasejtek képződése)

CITOKINEK

(interleukinek, limfokinek, immunmediátorok, interkrinek)

Főbb képviselőik:

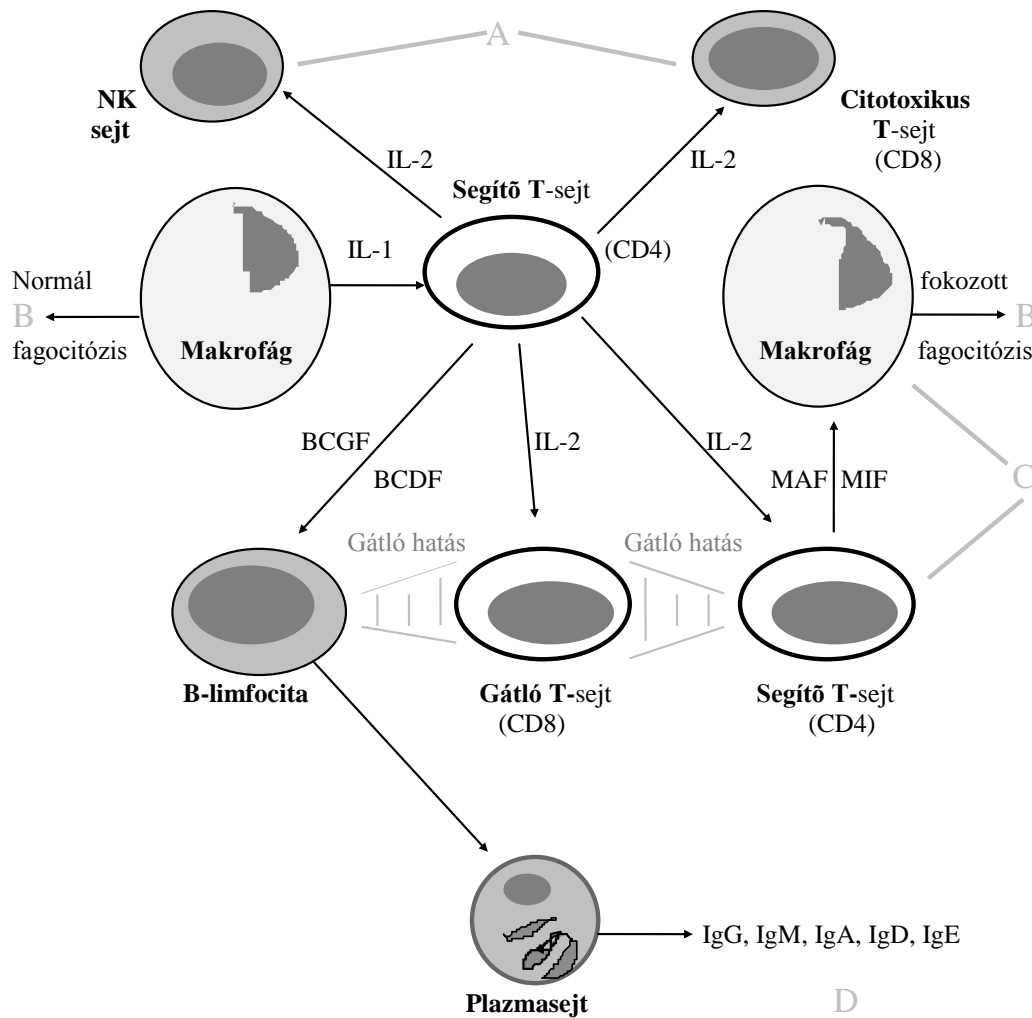
- *interleukinek* (IL-1, IL-4, IL-6, stb.)
- *nekrózis-faktorok* (TNF- α , TNF- β)
- *interferonok*
- *kemokinek* ,
- *növekedési (kolónia serkentő) faktorok* (NGF)

CITOKINEK

(interleukinek, limfokinek, immunmediátorok, interkrinek)

Fontosabb funkciók

- immunválasz serkentése
- sejt-proliferáció gátlása, illetve fokozása
- ellenanyag-termelés megindítása és fokozása
- lázkeltés
- vérképzés serkentése
- más immunsejtek odavonzása (kemotaxis)
- szöveti immunválaszok kiváltása
- természetes ölősejtek (NK) serkentése
- sejt-pusztítás (citotoxikus aktivitás) serkentése
- immunreakciók késői szakaszának kiváltása
- gyulladás gátlás
- immunreakciók fékezése



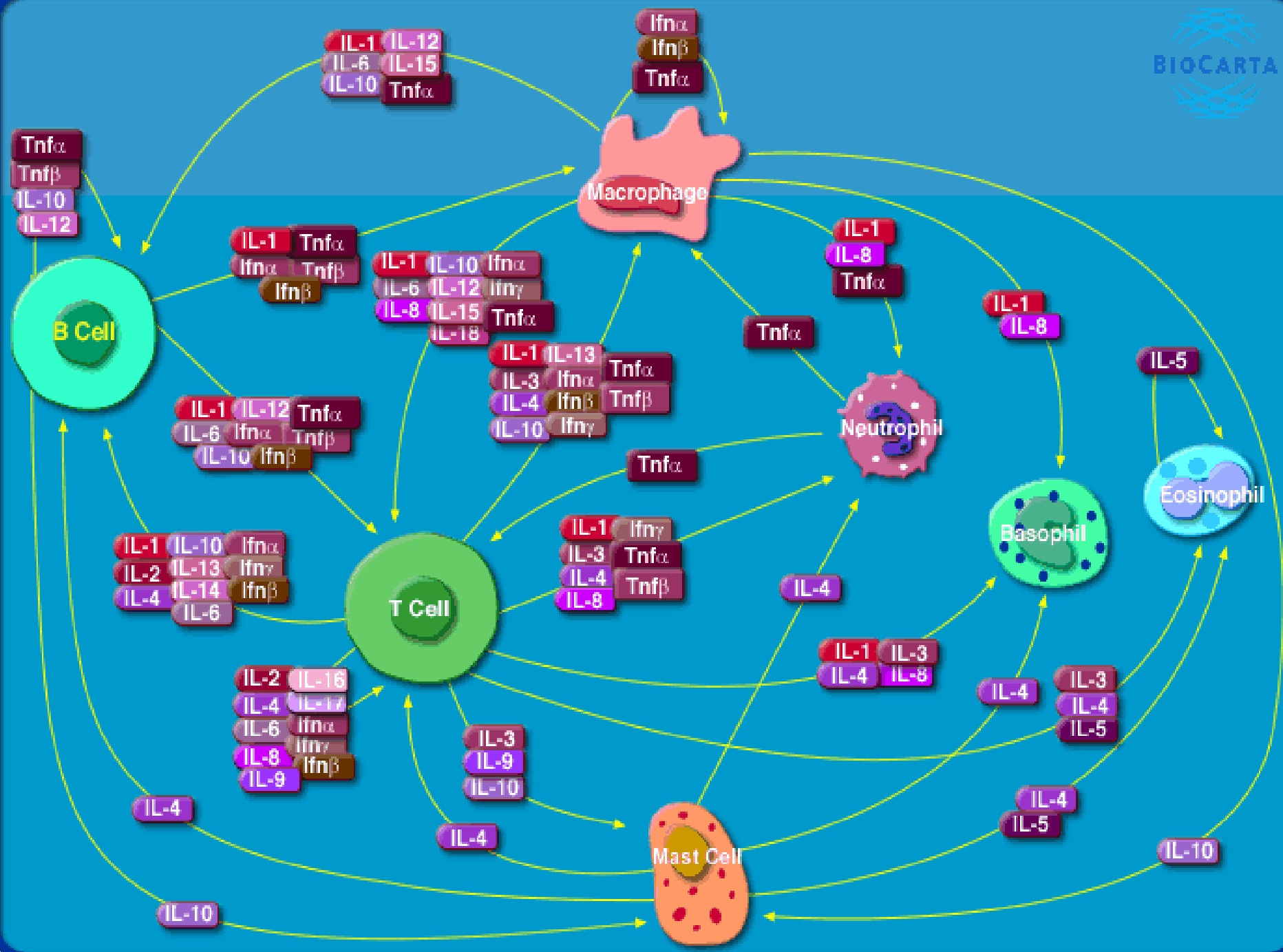
Az immunválasz során létrejövő komplex kölcsönhatások

A: daganatsejtek, átültetett szövetek és vírusok elleni immunitás

B: nem-specifikus külső antigének elleni immunitás

C: késleltetett hiperérzékenység - gombás fertőzések, tuberkulózis, stb.

D: baktériumok, toxinok, allergének (azonnali hiperérzékenység) és sejten kívüli vírusok elleni immunitás



A NEURO-ENDOKRIN-IMMUN RENDSZER

- hormon-receptorok az immunsejteken;
- immunsejtek termelnek hormonokat;
- citokinek hatnak az endokrin mirigyekre;

- citokinek hatnak az idegrendszerre;
- idegsejtek termelnek citokineket;
- szimpatikus rostok végződnek az immunsejteken.

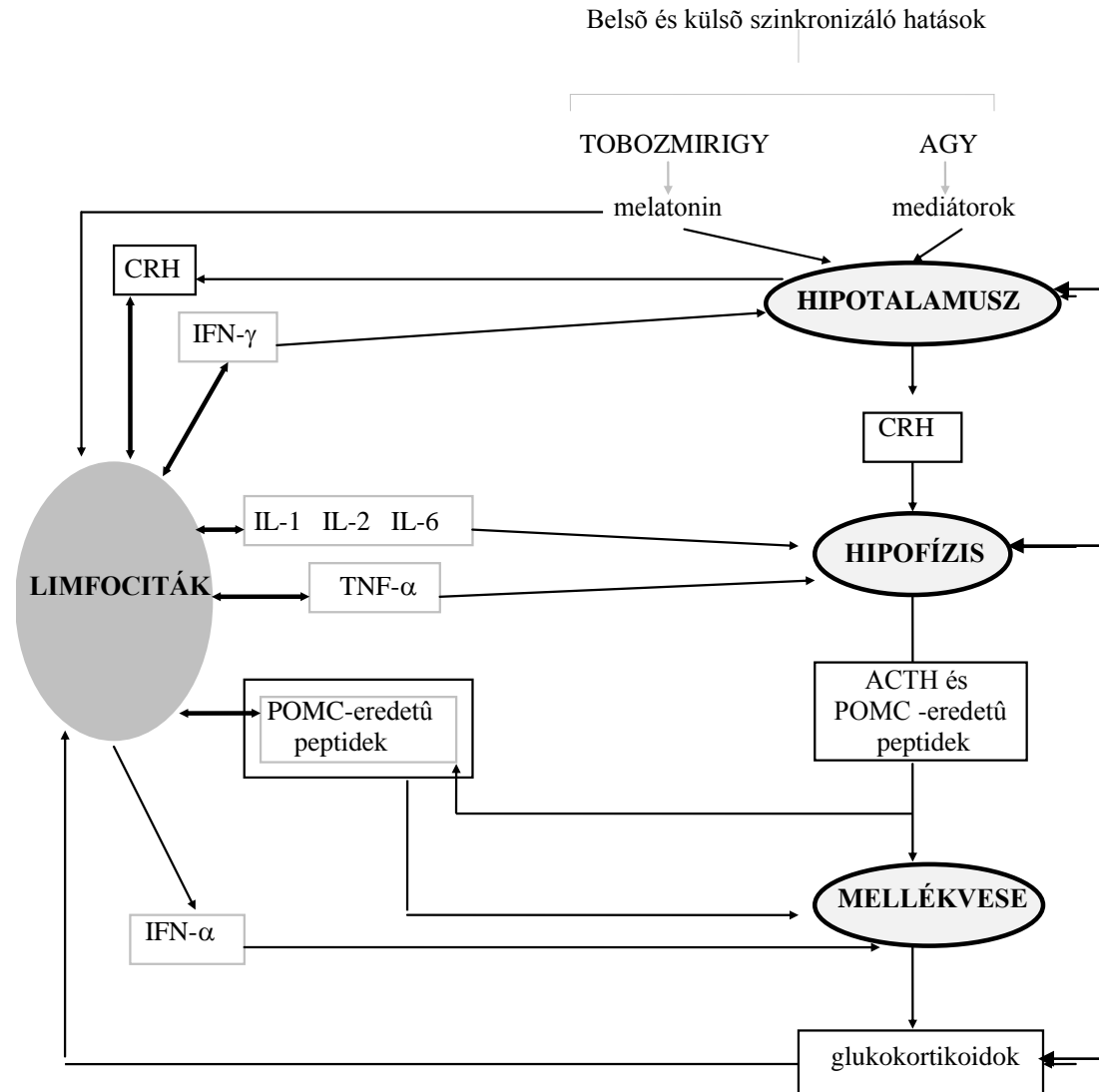
- az immunrendszer egyfajta érzékszervnek is tekinthető (nincs ezekre a hatásokra receptorunk)

Fontosabb neuroendokrin-immun kapcsolatok

Hormon	Modulált immunfolyamat
ACTH*	ellenanyag szintézis, IFN γ , B-limfocita növekedés
β-endorfin*	ellenanyag szintézis, osztódás, NK-aktivitás
Met-enkefalin*	endotoxinok megsemmisítése
TSH*	ellenanyag szintézis, osztódáshoz kell
GH*	citotoxikus T-sejtek, osztódás
LH és FSH	proliferáció, citokin hatás
PRL*	osztódás segítése, IL-2 receptor indukció
CRF*	IL-1 termelés, NK aktivitás, immunszuppresszív
TRH	ellenanyag szintézis
GHRH*	proliferáció serkentése, NK-gátlás, kemotaktikus válaszok gátlása
SP*	kemotaxis és proliferáció serkentése, citokinszint módosítása
VIP*	proliferáció gátlása
Vazopresszin*	segítő T-sejtek serkentése, IFN γ termelődés
oxitocin	
SOM*	proliferáció gátlása, IFN γ termelődés csökkentése
CGRP*	B-sejt differenciálódás, T-sejt kemotaxis
Neuropeptid-Y	?
LH-RH és	?
HCG	

A *-gal jelöltek esetében receptorokat találtak az immunsejteken
A **vastagon** szedettek maguk az immunsejtek is termelik

A hipotalamusz-hipofízis-mellékvesekéreg rendszer (HPA) és a limfociták kölcsönhatásai



A NEURO-ENDOKRIN-IMMUN RENDSZER

- hormon-receptorok az immunsejteken;
- immunsejtek termelnek hormonokat;
- citokinek hatnak az endokrin mirigyekre;

- citokinek hatnak az idegrendszerre – IL-1, IL-6;
- idegsejtek termelnek citokineket (hipotalamus;)
- szimpatikus rostok végződnek az immunsejteken.

- az immunrendszer egyfajta érzékszervnek is tekinthető (nincs ezekre a hatásokra receptorunk)

A NEURO-ENDOKRIN-IMMUN RENDSZER

- hormon-receptorok az immunsejteken;
- immunsejtek termelnek hormonokat;
- citokinek hatnak az endokrin mirigyekre;

- citokinek hatnak az idegrendszerre – IL-1, IL-6;
- idegsejtek termelnek citokineket (hipotalamus;)
- szimpatikus rostok végződnek az immunsejteken.

- az immunrendszer egyfajta érzékszervnek is tekinthető (nincs ezekre a hatásokra receptorunk)