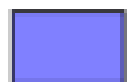
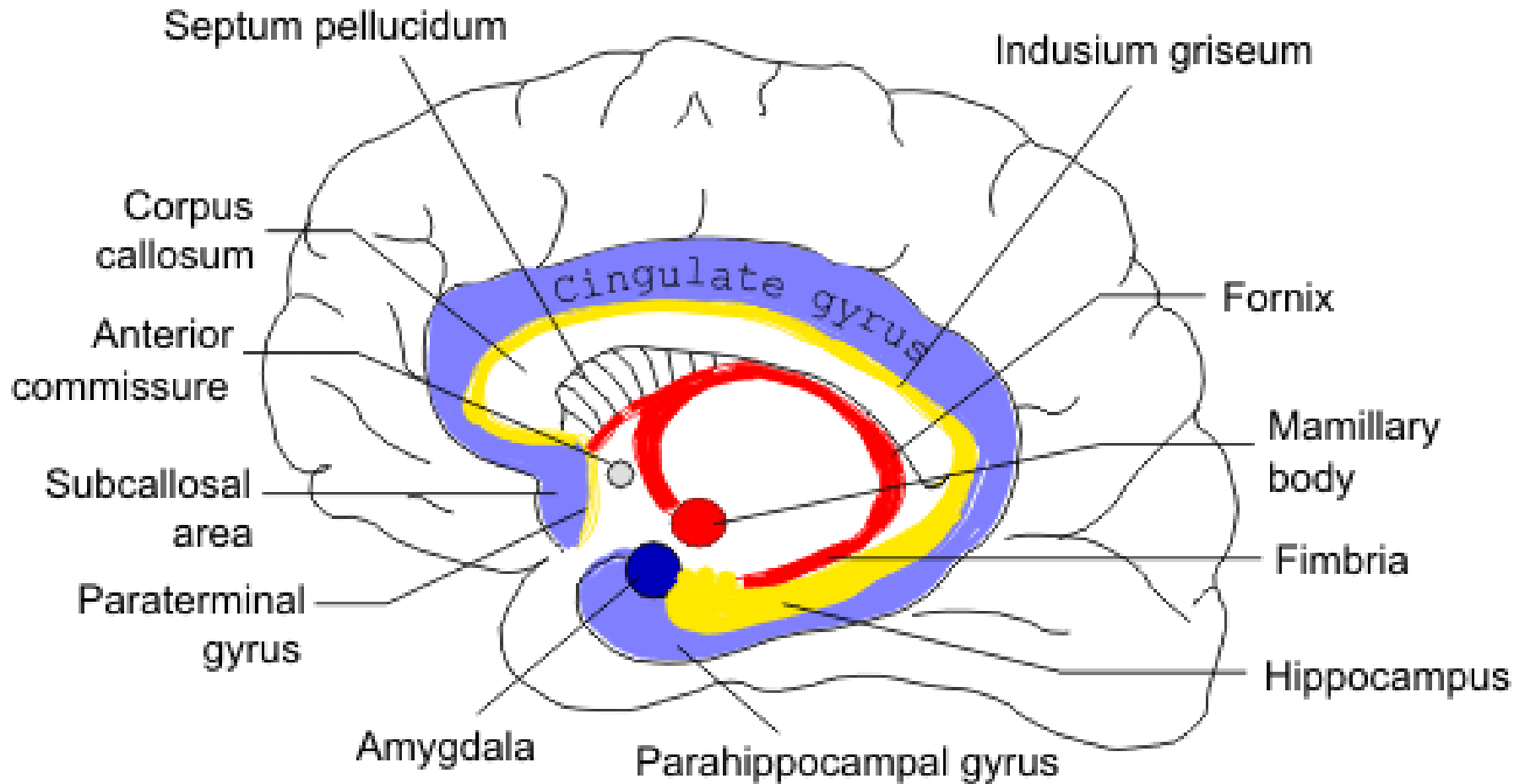


LIMBICKÝ SYSTEM

Limbecký systém

- „*viscerální mozek*“
- řízení homeostázy
- emoční reakce
- paměť a motivace
- sexuální chování
- sociální chování
- péče o potomstvo
- nadřazen mnoha autonomním funkcím

The Limbic System



Limbic Gyrus



Intralimbic Gyrus



Fornix & Inner Arc

Dělení

- korové
 - **zóny**
odpovídají oblastem kůry dle histologické stavby
 - **pásma**
odpovídají funkčnímu zapojení
- podkorové (jádra)
 - v tele-, di-, mesencephalon, pons

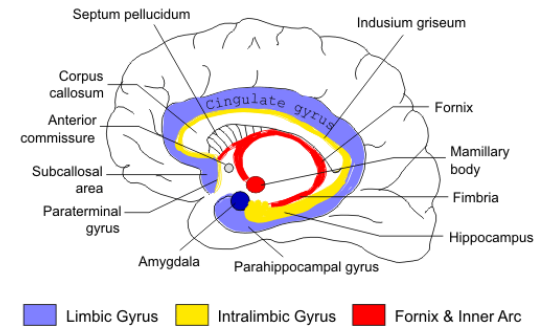
Zóny

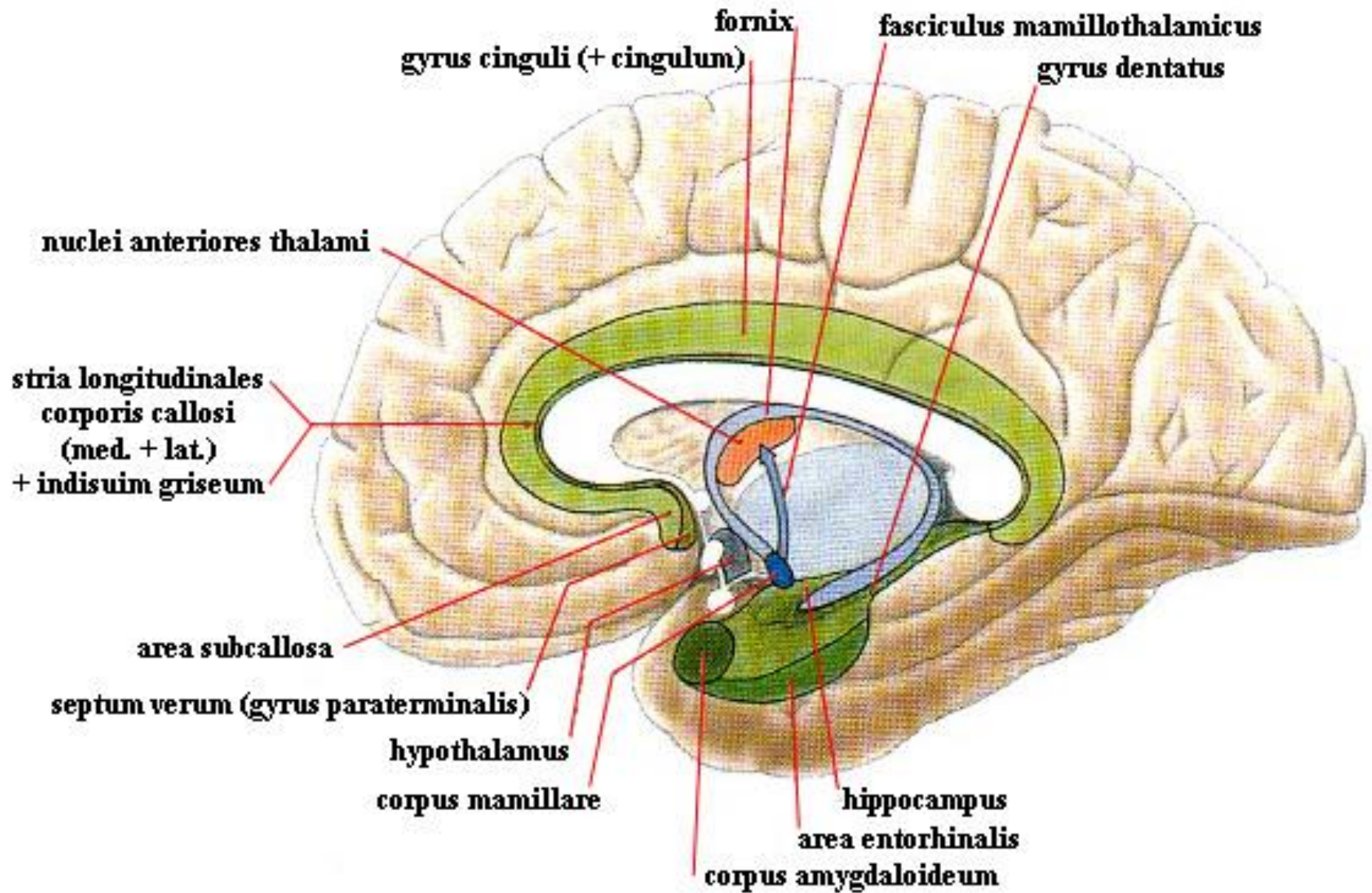
- paleokortikální
 - základní čichové oblasti
- archikortikální = hipokampová formace
 - hippocampus
 - subiculum
 - gyrus dentatus
- mezokortikální (přechodná)
 - area entorhinalis et perirhinalis
 - presubiculum
- neokortikální
 - area subcallosa
 - gyrus cinguli
 - gyrus parahippocampalis

Pásma

- nejvnitřnější pásmo
 - corpora mammillaria, fornix, fimbria hippocampi
- vnitřní pásmo („gyrus intralimbicus Brocae“)
 - hippocampus, gyrus dentatus, indusium griseum
- vnější pásmo („gyrus limbicus“)
 - subiculum, presubiculum, parasubiculum
 - area entorhinalis
 - uncus g.p. et gyrus parahippocampalis
 - gyrus cinguli, area subcallosa
- neokortikální paralimbická kůra
 - insula, pól temporálního laloku, mediální a orbitální část frontálního laloku

The Limbic System





Fornix (klenba)

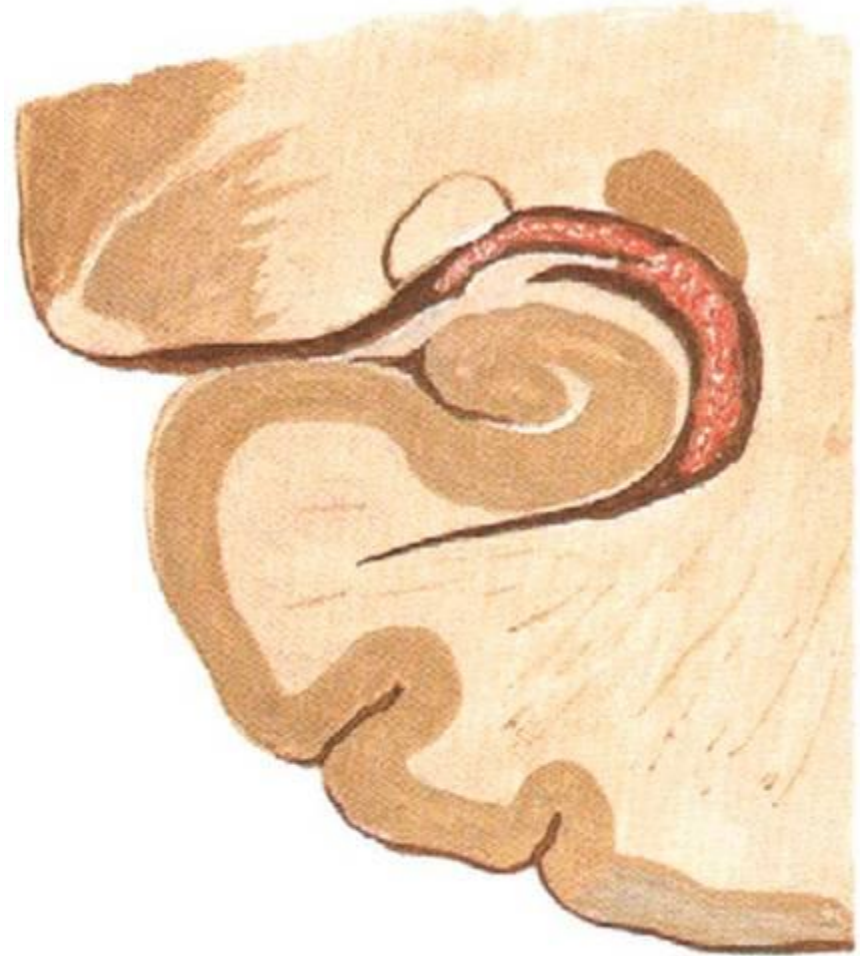


- columnae
 - pars tecta
 - fibrae precommissurales → septum verum, gyrus cinguli
 - fibrae retrocommissurales → corpora mammillaria, ncl. anteriores thalami
 - pars libera
- corpus
- crura
 - commissura fornicis = *Lyra Davidis*
- fimbria hippocampi (leží na hipokampu v dolním rohu postranní komory)
 - taenia fornicis = čára úponu plexus choroideus postranní komory na fornix včetně jeho fimbria hippocampi

Hippocampus and Fornix
Schema of Fornix



Hippocampus and Fornix
Coronal Section - Posterior View



Jádra

- **corpus amygdaloideum**
- **ncl. septales**
- **ncl. accumbens**
- **ncl. mammillares**
- **ncl. habenulares**
- **ncl. anteriores thalami**
- **ncl. interpeduncularis**
- **(ncl. tegmentalis dorsalis *Guddeni*)**
- **ncl. parabrachiales med.+lat.**

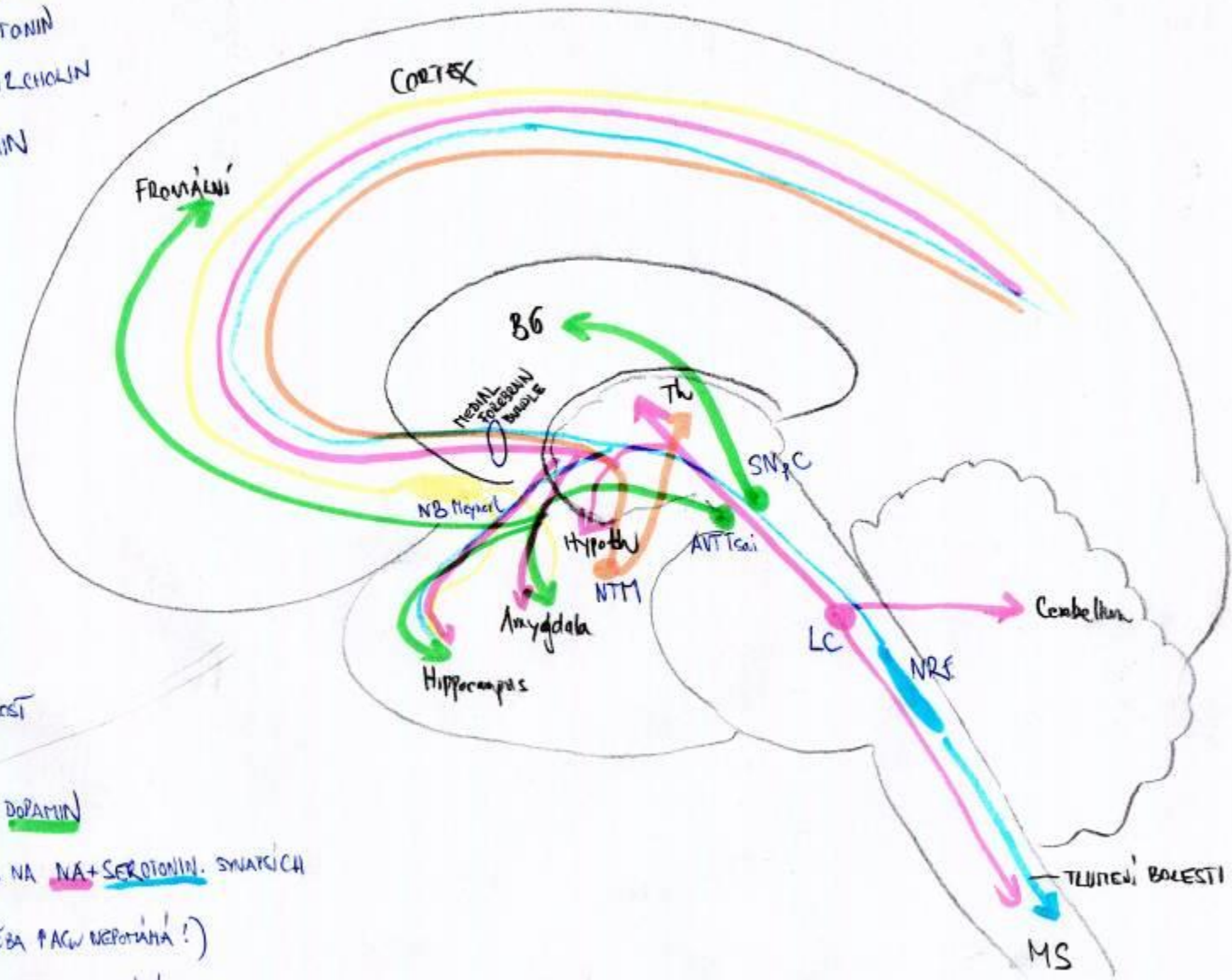
Chemická jádra

- monoaminergní
 - katecholaminergní systém
 - adrenergní
 - dopaminergní
 - serotonergní
- cholinergní
- histaminergní
- glutamátergní
- GABAergní

Chemická jádra

- *cholinergní jádra*: ncl. basalis Meynerti, ncl. tractus diagonalis *Brocae*, ncl. septales med., ncl. preopticus magnocellularis v hypothalamu
- *dopaminergní jádra*: pars compacta substantiae nigrae, nuclei tegmentales ventrales Tsai
- *noradrenergní jádra*: locus caeruleus
- *serotonergní jádra*: ncl. raphei med.+dors., ncl. centralis superior tegmenti *Bechterevi* (v RF)
- *histaminergní jádra*: ncl. tuberomamillaris hypothalami

- NORADRENALIN
- DOPAMIN
- SEROTONIN
- ACETYLCHOLIN
- HISTAMIN



ANTI-HISTAMINIKA ⇒ ospalost

SCHIZOFRENIE

- ANTI-PSYCHOTIKA blokují DOPAMIN

DEPRESE

- ANTI-DEPRESIVA ↑ PŘENOS NA NA + SEROTONIN. SYMPTOMŮ

ALZHEIMER

= ↓ ACH NEURONŮ (LÉČBA ↑ ACH NEPOMÁHÁ!)

PARKINSON

- ↓ Dop NEURONŮ (LÉČBA ↑ Dop POMÁHÁ)

TLUMÍVÍ BOLESTI

MS

Chemická jádra noradrenergní systém

- **noradrenalin (NA)**
- A1-A7 (RF prodloužené míchy a mostu)
- autoregulace mozkových tepen
- modulace aktivity neuronálních okruhů všech úrovní CNS
- systémy pozornosti, emocí a chování, vědomí a paměti
- součást ARAS
- **locus caeruleus (A6)**
 - mícha, jádra kmene a mozečku
 - thalamus, hypothalamus, neocortex, hippocampus, corpus amygdaloideum

Chemická jádra dopaminergní systém

- **dopamin (D)**
- hybnost, reakce odměny a trestu, vnímání reality
- spánek a bdění, pozornost a paměť, schopnost učení

- **nucleus retrorubralis (A8)** – do hipokampové formace
- **pars compacta substantiae nigrae (A9)** – do striata (nigrostriatální dráha) pro správnou činnost BG
- **nuclei tegmentales ventrales (A10)**
 - mezolimbická, mezokortikální a tuberoinfundibulární
 - do prefrontální kůry a area M1, corpus amygdaloideum, hypotalamu, striata, ncl. accumbens a dalších částí limbického systému
 - tuberoinfundibulární projekce (z ncl. arcuatus hypothalami) inhibuje sekreci prolaktinu (tvorba mléka a libido)

Chemická jádra serotonergní systém

- **serotonin (5-HT)**
- systém „nálad a úzkosti“
- **B1-B9 (ncll. raphes)**
- mícha, kmen, mozeček, thalamus, hypothalamus, kůra a limbický systém
- změny nálad a chování
- tractus raphespinalis – tlumení přenosu bolesti v zadních míšních rozích

Chemická jádra cholinergní systém

- acetylcholin (Ach)
- Ch1-Ch6
- **septum verum (Ch1)** – do hipokampu a corpus amygdaloideum
- limbický systém (Ch2 a 3)
- **nucleus basalis Meynerti (Ch4)**
 - do mozkové kůry, hipokampu a corpus amygdaloideum
 - chování a kognitivní funkce (vědomí, paměť, učení)
- RF (Ch5-6) – součást ARAS (extrapyramidová motorika a limbické okruhy)

Chemická jádra histaminergní systém

- histamin (H)
- zadní hypotalamus
 - přenos bolesti, motorika, termoregulace, biorytmy, příjem potravy a tekutin
 - **ncl. tuberomammillaris**
 - do mozku a míchy
 - cyklus bdění-spánek
 - dodávka histaminu se podílí na probouzení

Chemická jádra glutamatergní systém

- glutamát (Glu)
- hlavní excitační mediátor CNS
- většina drah a okruhů
 - **ncl. subthalamicus**
 - **neurony kůry mozku i mozečku**

Chemická jádra

GABAergní systém

- gama-aminomáselná kyselina (GABA)
- hlavní inhibiční mediátor CNS
 - glycin v míše !
- většina korových i podkorových struktur

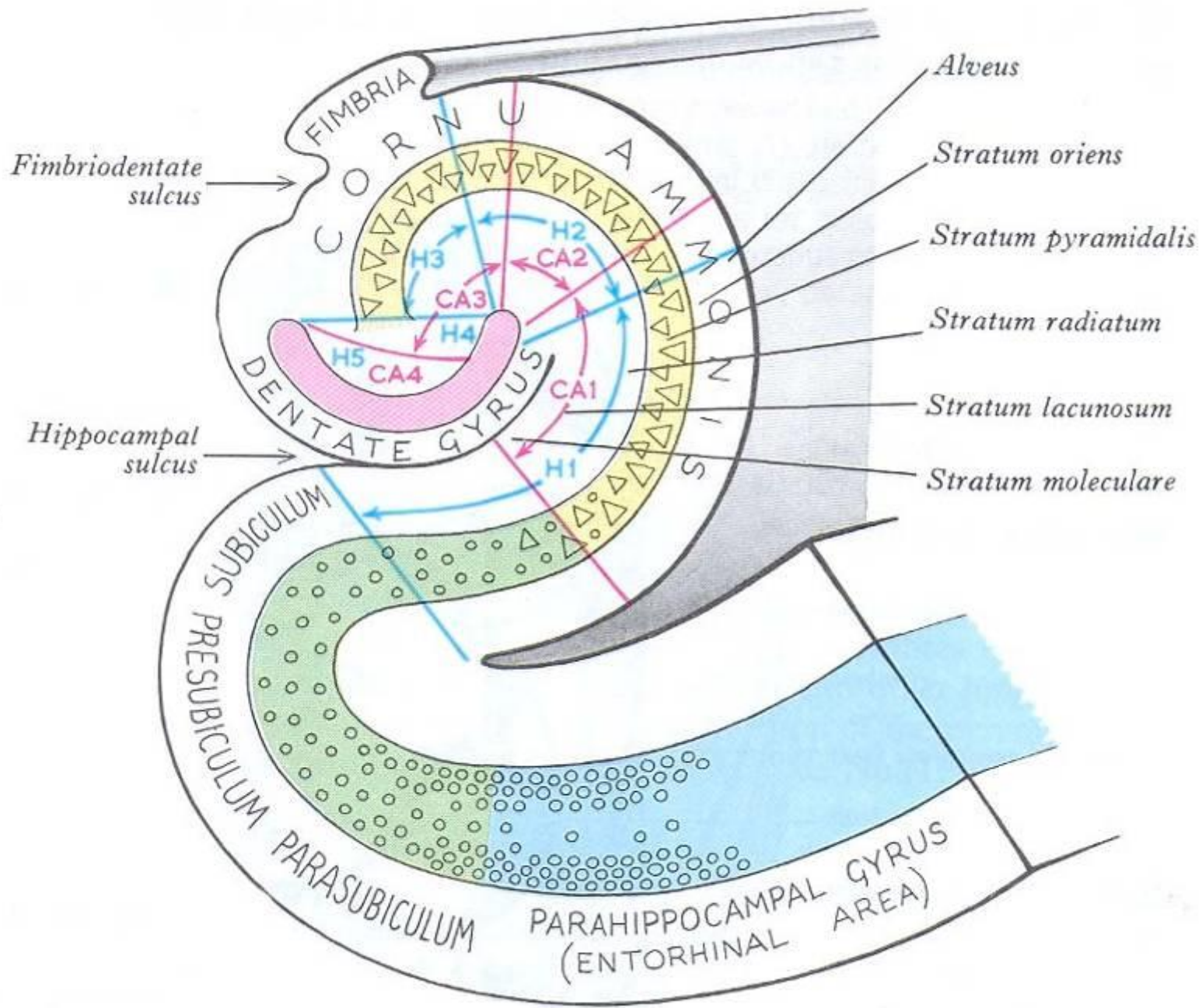
Čich

- cortex piriformis – v přední oblasti spánkového laloku
- korová část corpus amygdaloideum
- uncus gyri parahippocampalis
- přední konec gyrus parahippocampalis

- *area entorhinalis = area 28*
- *nejvyšší centrum čichu – orbitofrontální kůra*

Hipokampová formace

- **hippocampus proprius**
- **subiculum**
- **gyrus dentatus**
- funkce: ukládání informací do dlouhodobé paměti (konsolidace paměťové stopy)
- AF: area entorhinalis, thalamus, asociační oblasti neokortexu (přes gyrus cinguli et parahippocampalis)
- stimulace: NA (A6), Ach (Ch1), 5-HT (B1-9)
- EF: fornix → hypothalamus → thalamus
area entorhinalis → asociační oblasti neokortexu



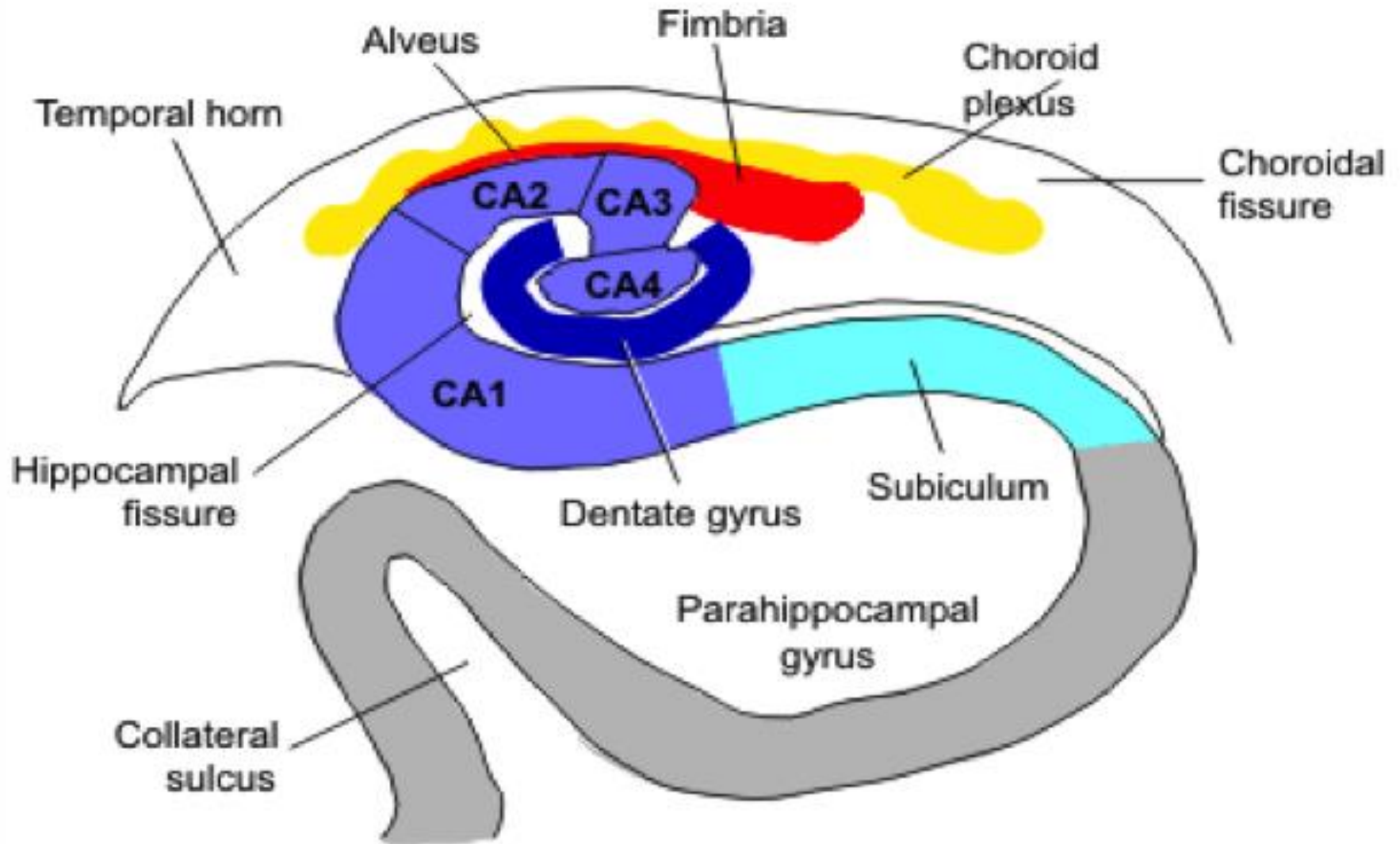
Hippocampus proprius = cornu Ammonis

- část gyrus parahippocampalis hledící do cornu inferius postranní komory (5 cm dlouhý val)
- alveus = vrstva vláken na povrchu hipokampu pod ependymem vedoucí do fimbria hippocampi
- regio I-IV (CA 1-CA 4)
 - stratum moleculare (+ substratum lacunosum)
 - stratum oriens
 - stratum pyramidale
 - stratum radiatum

Subikulární komplex

- **subiculum** (archicortex)
 - na horní ploše gyrus parahippocampalis
 - *rozlišuje situace nebezpečí a odměňování*
- **presubiculum** (periarchicortex)
 - proužek periarchikortexu na vnitřní ploše temporálního laloku, mediálně od subikula, zředu dozadu
- **parasubiculum** (periarchicortex)

Hippocampal Anatomy



Gyrus dentatus

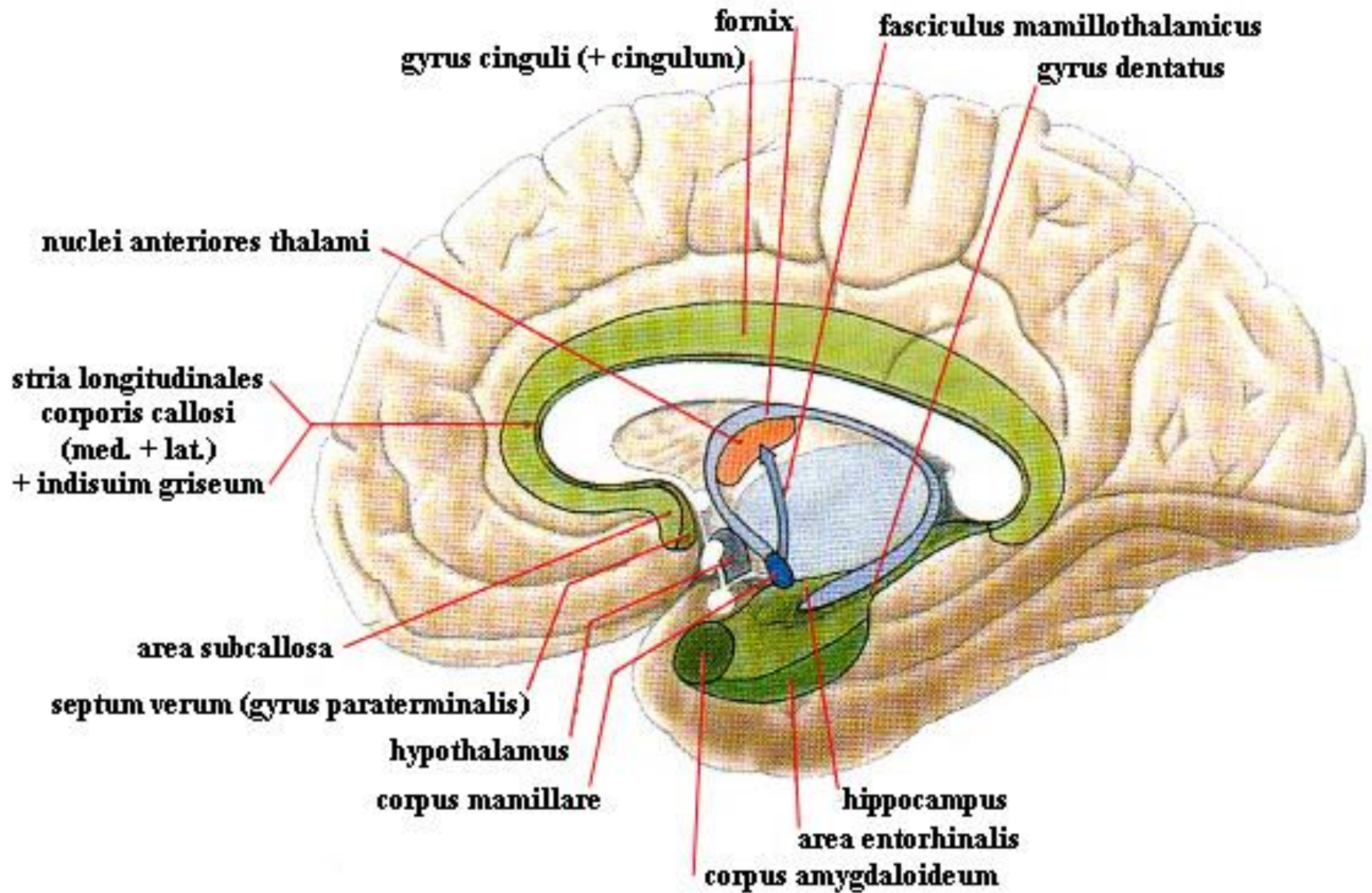
- 3 vrstvy: stratum moleculare, granulare, multiforme
- pod fimbria hippocampi, mediálně od hipokampu
- směrem dopředu se zužuje a končí jako šikmo probíhající *taenia Giacomini*
 - odděluje uncus gyri parahippocampalis
- dozadu doprovází fimbria až pod splenium corporis callosi
- zde pokračuje jako **gyrus fasciolaris** a do **indusim griseum** jako **striae longitudinales corporis callosi**

Hipokampová formace – funkce

- konsolidace paměťové stopy (HP+GD)
 - NA, dopamin, Ach
- přední hipokampus: explicitní (deklarativní) paměť
- zadní: opakovaná epozice (učení)
- ! procedurální paměť nesouvisí s hipokampem !
- „*kindling*“ → *generalizovaná epilepsie*
- levý přední HP + DLPFC (dorzolaterální prefrontální kůra) – nové paměťové stopy spojené s řečí
- pravý přední HP + lobulus parietalis inf. – prostorové úkoly (např. řízení auta)

Gyrus cinguli

- area 23-25, 29-31
- AF: asociační oblasti temporálního, parietálního a okcipitálního laloku
- EF: zpětné vazby do kůry a podkoří (striatum, thalamus, mozeček)
- area cingularis anterior (ACC) – emoční reakce
- area cingularis posterior (PCC) – verbální paměť a prostorová orientace
- cingulum – bílá hmota do gyrus parahippocampalis



Area cingularis anterior (ACC)

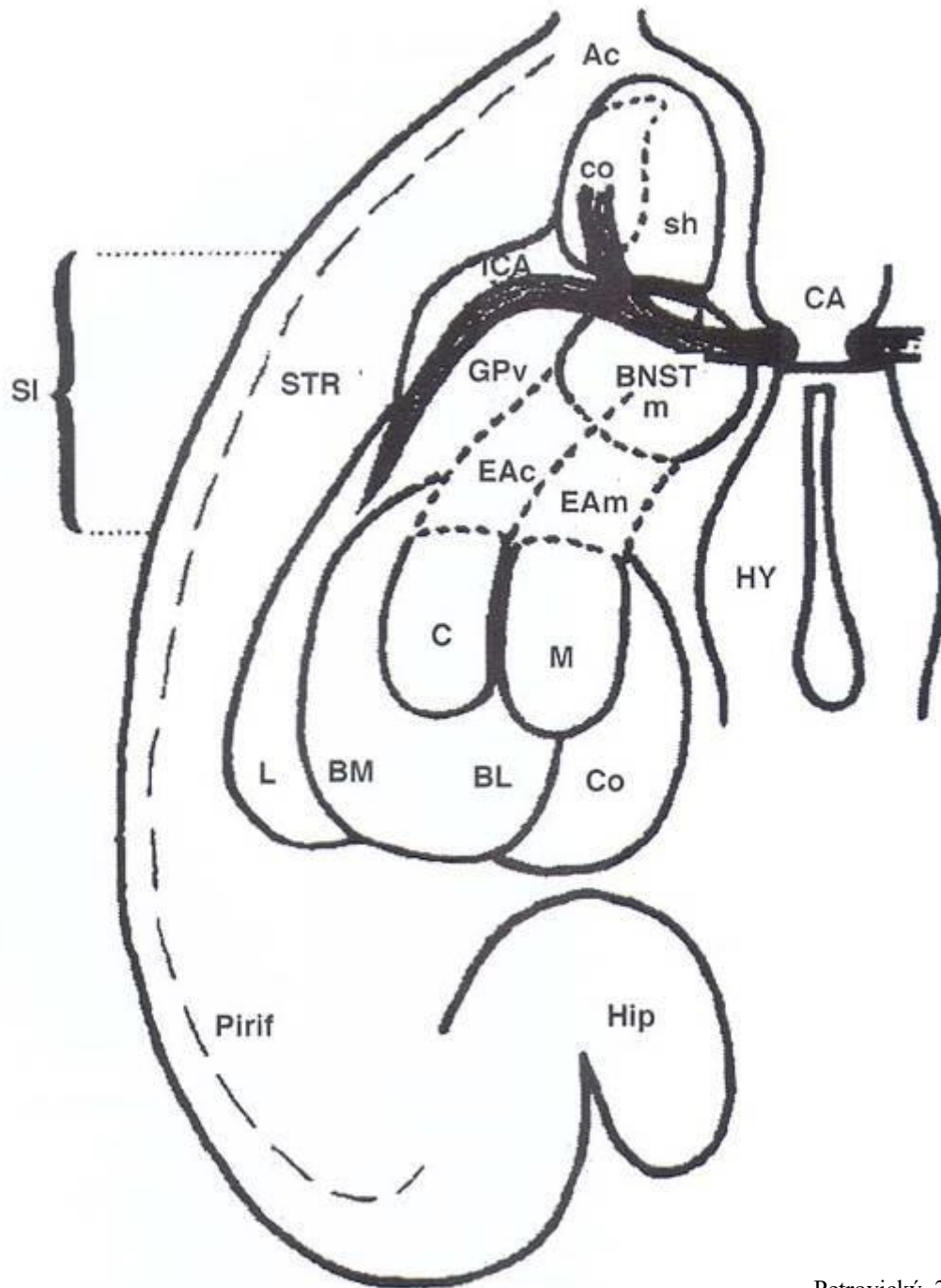
- exekutivní oblast – tvorba a výběr správného pohybového plánu
- bolest – aferentace z ncl. MD thalami → averzivní reakce
- emoce – „pocit štěstí“
- autonomní odpověď při emocích
- kontrola kontinence během plnění močového měchýře
- vokalizační oblast
 - ↓ *aktivita u dysfemie či Tourettova syndromu*

Gyrus parahippocampalis

- uncus – rostrálně
- area entorhinalis (area 28)
- area perirhinalis (area 35,36)
- prostorová paměť, orientace a schopnost rozlišit a rozpoznat objekty
- AF: asociační oblasti, hipokampová formace, corpus amygdaloideum, thalamus
- EF: hipokampová formace, corpus amygdaloideum, thalamus (ncl. anteriores)

Corpus amygdaloidum

- = amygdala = nucleus amgydalaе = archistriatum
- morfologicky a vývojově náleží v bazálním gangliím
- funkčně a spojením je součástí **limbického systému**
- uloženo v temporálním laloku před cornu inferius postranní komory a před cauda ncl. caudati
- komplex jader
- mladší = **bazo-laterální část**
 - propojení s kůrou
- starší = **kortiko-centromediální část**
 - propojení s čichem, hypotalamem a kmenem
- cortex periamygdalaris

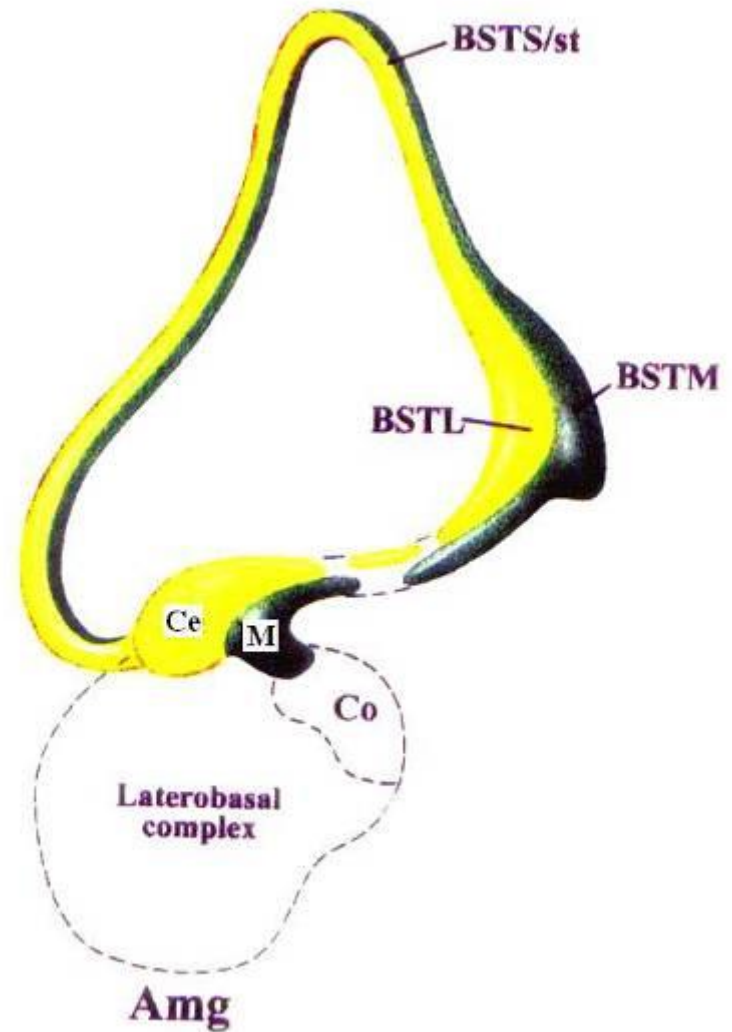
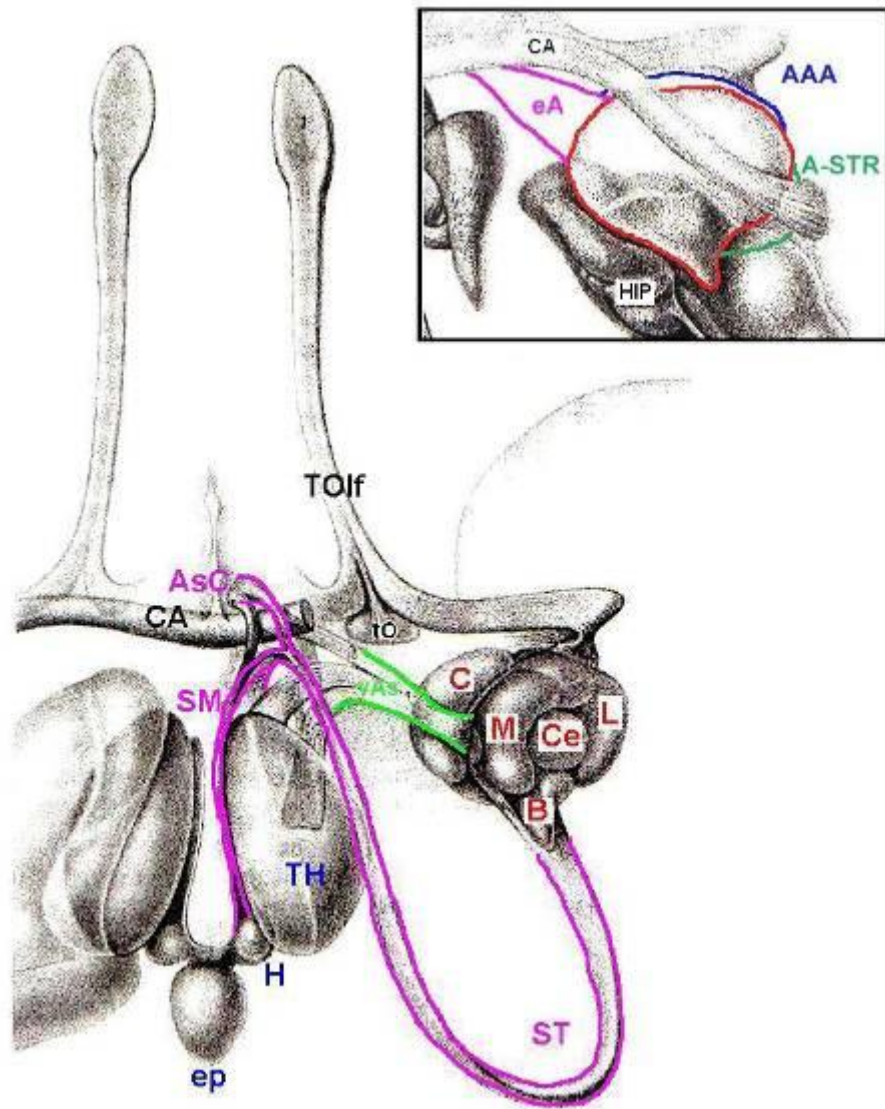


Corpus amygdaloidum

- „centrum emocí a strachu“
- ovlivňuje hypotalamus („drive-related behaviour“)
- subjektivní pocity (strach, agrese) a obranné reakce
- vytváření a ukládání vzpomínek spojených s emocionálními událostmi
- reakce na podněty se špatnou událostí / nepříjemnými pachy
- reakce strachu (strnutí, tachykardie, tachypnoe, sevřený žaludek)
- rovněž spojeno s vnímáním příjemných podnětů (láska, touha, závist)
- *porucha: při oboustranném zničení → mizí agresivita*

Corpus amygdaloidum – zapojení

- AF: bohatá senzitivní, senzorická, viscerální
- EF:
 - **stria terminalis** = dorzální amygdalofugální dráha (podél ncl. caudatus a v. thalamostriata) → septum verum + hypothalamus
 - **ventrální amygdalofugální dráha** (pod ncl. lentiformis) → septum verum + hypothalamus + piriformní, orbitální a přední cingulární kůra, ncl. accumbens, ncl. dorsomedialis thalami
 - do hipokampu (souvisí s ukládáním paměti)
 - do motorické, premotorické kůry a BG (mimovolní motorika)
 - do visceromotorických jader hlavových nervů a míchy (ovlivnění sympatiku a parasympatiku)



Connection of amygdala and extended amygdala, Petrovický et al., 1998

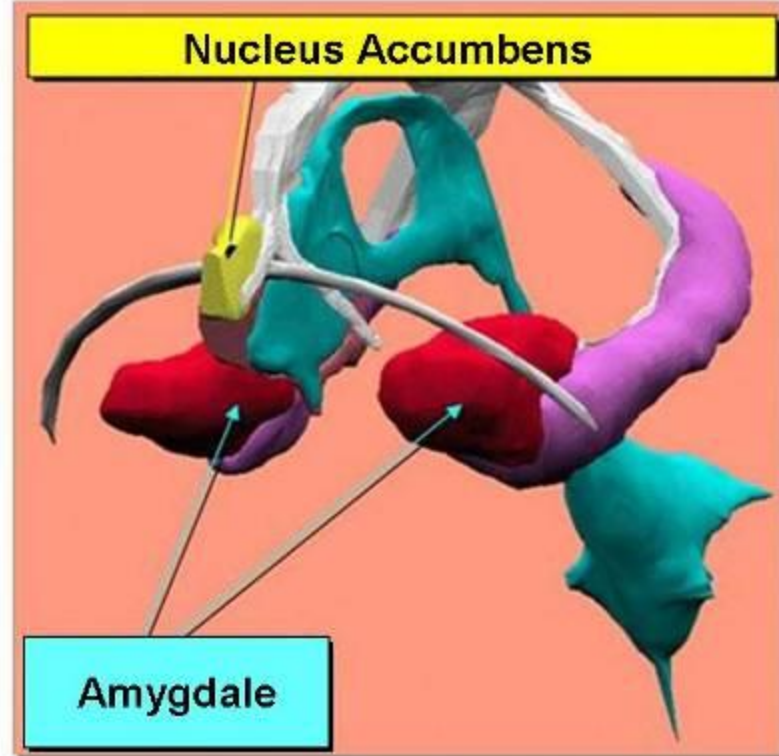
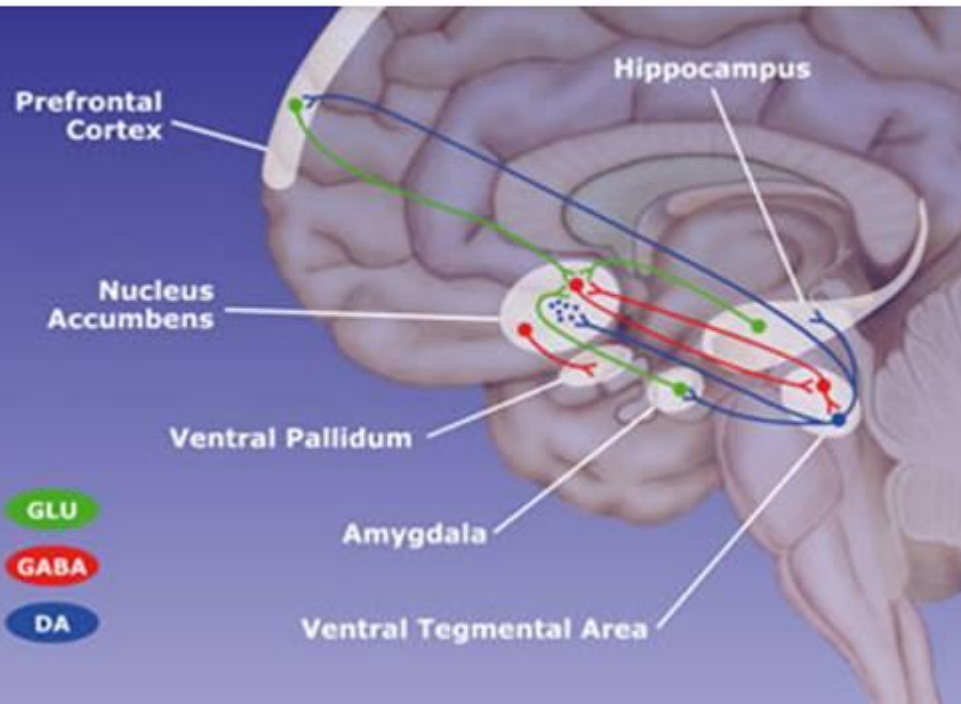
St – stria terminalis, Amg – amygdalar complex, BST – bed nucleus striae terminalis, Ce – centromedial nc. of amygdala, M – Medial amygdalar nucleus, ep – epiphysis, CA – anterior commissure, TOlf – tractus olfactorius, SM – stria medullaris

Nucleus accumbens

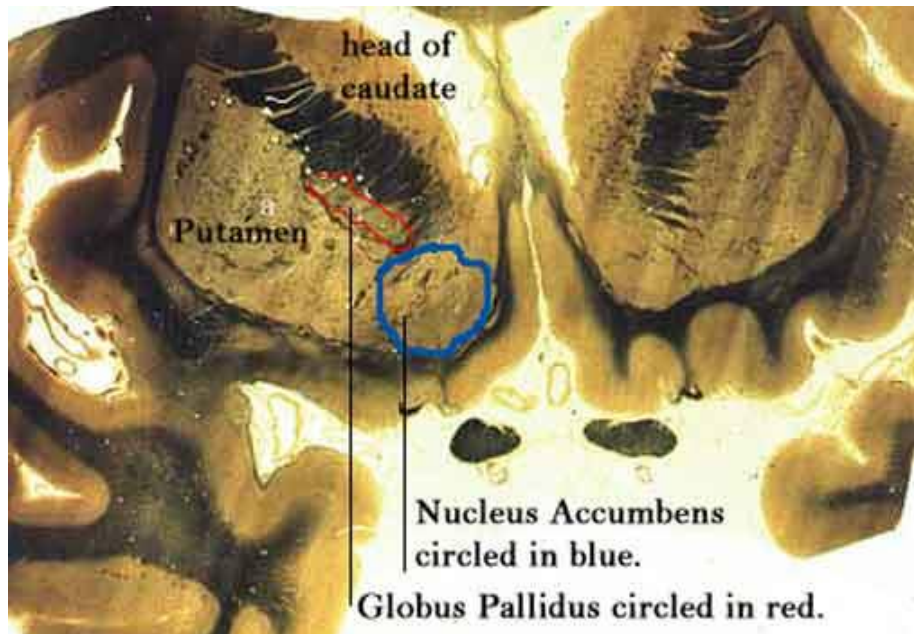
= striatum ventrale

- pars nuclearis („core“) et tegens („shell“)
- vývojově patří k bazálním gangliím
- naléhá na septum verum, zapojeno do okruhů limbického systému
- centrum závislostí a touhy („craving“)
- souvisí s kompulzivním a impuzivním chováním
- centrum odměny („reward“)
- souvisí i se strachem a placebo efektem

The Reward Circuit



<http://mybrainnotes.com/brain-nucleus-accumbens.jpg>



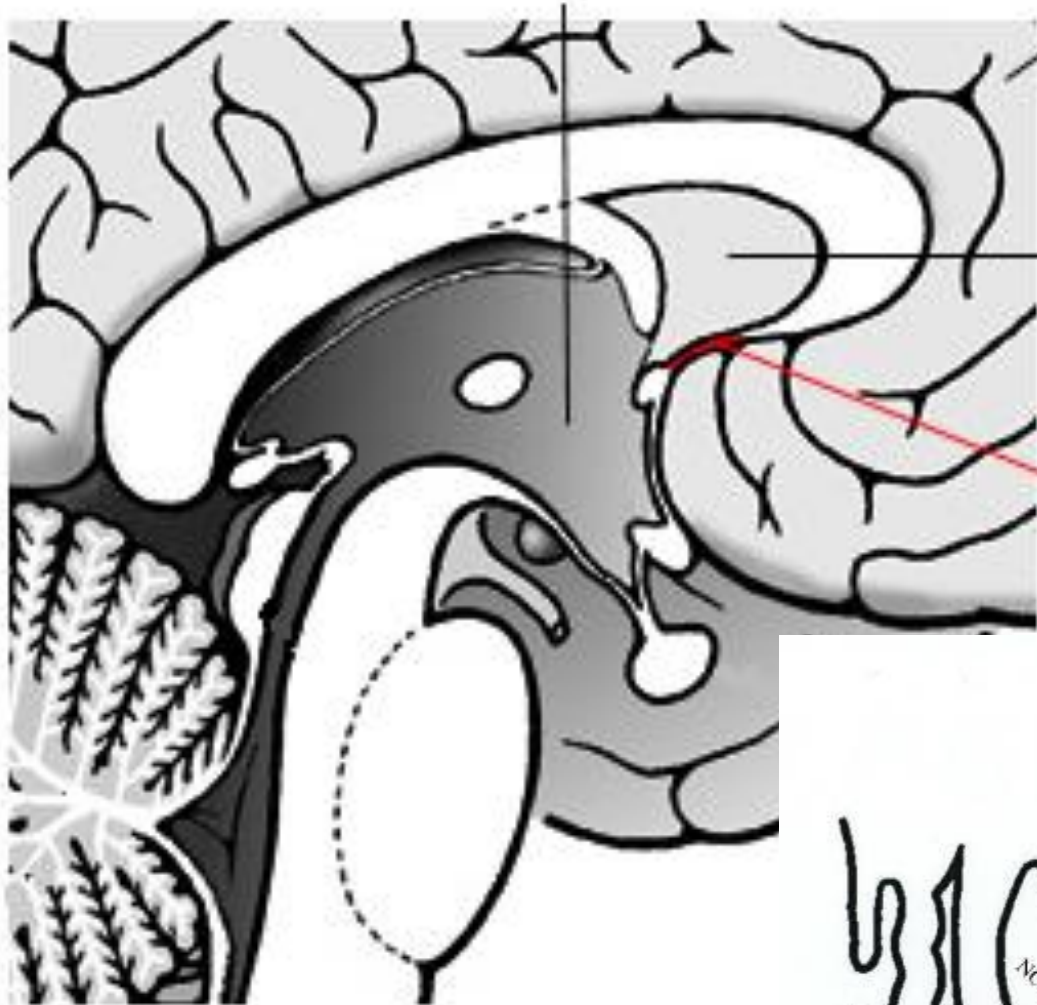
http://2.bp.blogspot.com/-0Hb2_pd7QwQ/UPmBdmeNFQI/AAAAAAAAA2E/YbZ6u0PMj0/s1600/nuc+accumbense.jpg

<http://www.personal.psu.edu/afr3/blogs/siowfa12/the-reward-circuit-nucleus-accumbens-ventral-pallidum-ventral-tegmental-area-and-amygdala.jpg>

Ncl. septales

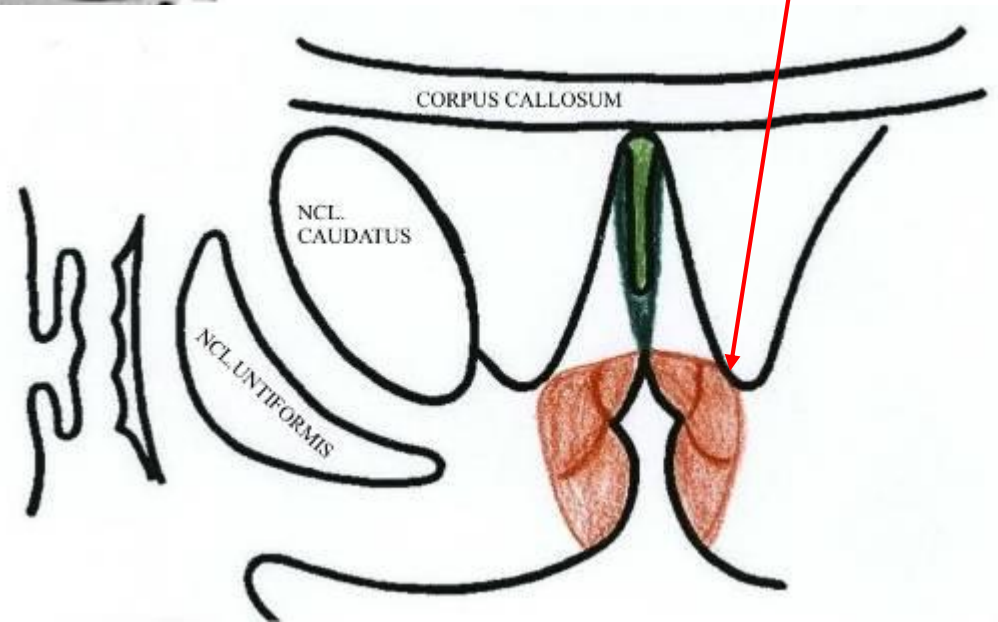
- bazální část pars septalis telencephali
- povrchová projekce = gyrus paraterminalis (není tudíž korovou oblastí!)
- laterálně tvoří mediální plochu předního rohu postranní komory
- kaudálně je ukončuje kolmo probíhající commissura anterior
- funkce: úzce spojena s limbickým systémem
 - dodává acetylcholin do hipokampu (Ch1)
- *centrum libosti, radosti (hedonie)*

III. mozková komora



mediální stěna
předních rohů
postranních komor

septum verum



Insula = Lobus insularis

- area 13-16 (4-6 závitů)
- viscerosenzitivní (ventrální) část
 - bolest, chuť, čich, regulace imunitní odpovědi
- visceromotorická (prostřední) část
 - **řeč**, dýchání, trávení,, srdeční činnost
- vestibulární (dorzální) část
 - **emoční složka bolesti**, vnímání polohy a pohybů hlavy
- bolesti
- funkční pohled:
 - ventrální část: fyziologické změny v průběhu emocí
 - dorzální část: fyziologický stav těla a jeho vnímání

Insula – nové dělení

- dorzální inzula
 - aktivita vláken odpovídá fyziologickému stavu těla (teplota, bolest, svědění, senzuální dotyky, viscerální a svalové pocity)
 - vnímání srdeční akce, plného močového měchýře a rozepnutí žaludku
 - integrace sluchových a motorických informací
- ventrální inzula
 - funkční podklad pocitů
 - fyziologické změny v průběhu různých emočních stavů
 - emoce
 - regulace tonu sympatiku a parasympatiku v součinnosti s hypotalamem

Dráhy limbického systému

fornix (klenba)

- columnae
 - pars tecta
 - fibrae precommissurales → septum verum, gyrus cinguli
 - fibrae retrocommissurales → corpora mammillaria, ncl. anteriores thalami
 - pars libera
- corpus
- crura
 - commissura fornicis = *Lyra Davidis*
- fimbria hippocampi (leží na hipokampu v dolním rohu postranní komory)
 - taenia fornicis = čára úponu plexus choroideus postranní komory na fornix včetně jeho fimbria hippocampi



Dráhy limbického systému

- **tractus mamillothalamicus**
 - v lamina medullaris medialis thalami
 - corpora mammillaria → ncl. anteriores thalami
- **tractus mamillo tegmentalis**
 - corpora mammillaria → tegmentum mesencephali a RF
- **amygdalofugální dráhy**
 - stria terminalis = dorzální amygdalofugální dráha
 - ventrální amygdalofugální dráha
- **stria medullaris thalami**
 - hypothalamus + ncl. septales → ncl. habenulares
- **fasciculus habenulointerpeduncularis (retroflexus Meynerti)**
 - ncl. habenulares → ncl. interpeduncularis
- **commissura anterior**
- **striae longitudinales corporis callosi medialis + lateralis**
 - septum verum + area subcallosa → gyrus dentatus + hippocampus
- **cingulum** – asociační svazek v gyrus cinguli
- **fasciculus longitudinalis posterior**
 - dráha viscerálního mozku
 - hypothalamus ↔ autonomní jádra kmene

Dva hlavní podsystemy (úrovně) limbického systému

- **hippocampus** (→ gyrus cinguli + gyrus parahippocampalis → neocortex) ~ **ncl. anteriores thalami + corpus mammillare**
- **corpus amygdaloideum** (→ prefrontální (orbitální) kůra a přední temporální kůra → neocortex) ~ **ncl. dorsomedialis thalami**

Okruhy (zapojení) limbického systému

- **limbický okruh (smyčka) bazálních ganglií**

hippocampus, gyrus cinguli, orbitofrontální kůra, temporální kůra → ncl. accumbens → substantia nigra → pallidum ventrale → thalamus (ncl. DM) → orbitofrontální a přední cingulární kůra

- somatomotorické a visceromotorické vyjádření emočních stavů
- ovlivňuje motorické projevy emocí (svalový třes, chvění hlasu, smích, pláč, neverbální komunikace)
- visceromotorická odpověď přes hypotalamus

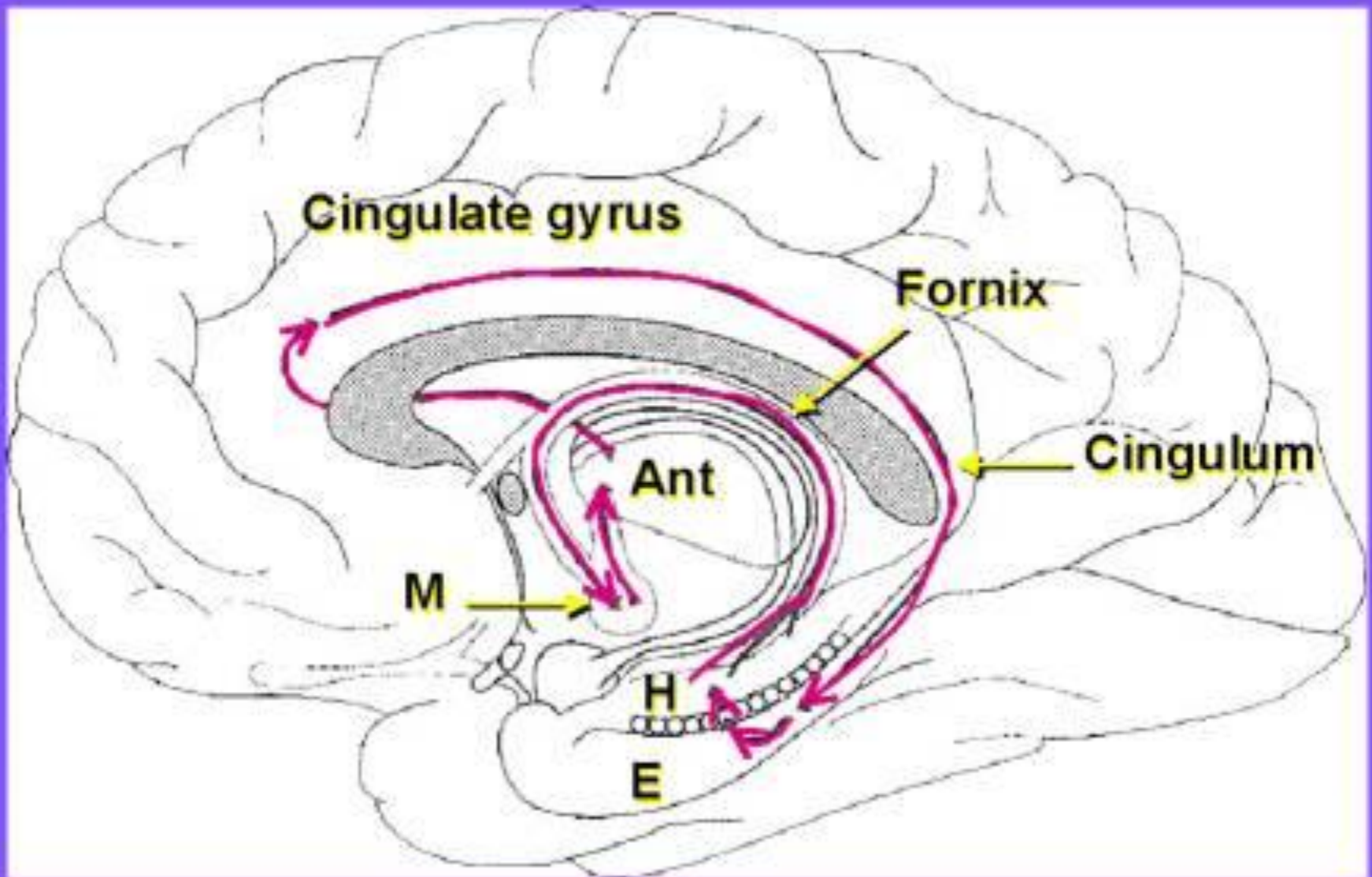
Okruhy (zapojení) limbického systému

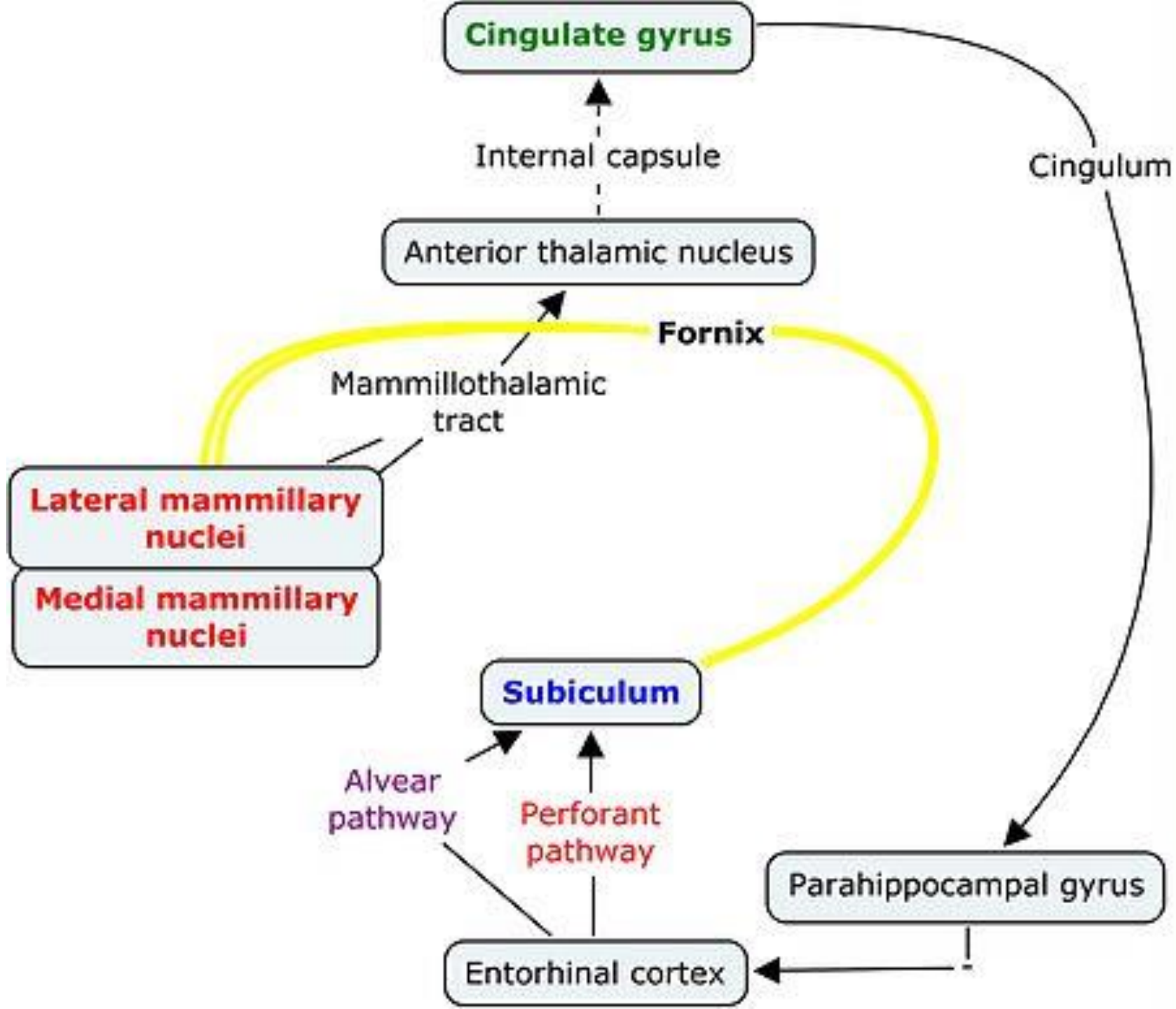
- **Papezův limbický okruh** (*John Papez 1937*)

hippocampus → fornix → corpora mammillaria → fasciculus mammillothalamicus → ncl. anteriores thalami → area cingularis posterior → cingulum → area entorhinalis → subiculum + hippocampus

- *nová, kratší verze vynechává hypotalamus*
- odbočky: hypotalamus, ncl. accumbens, septum verum, ncl. habenulares, RF a motorická jádra hlavových a míšních nervů

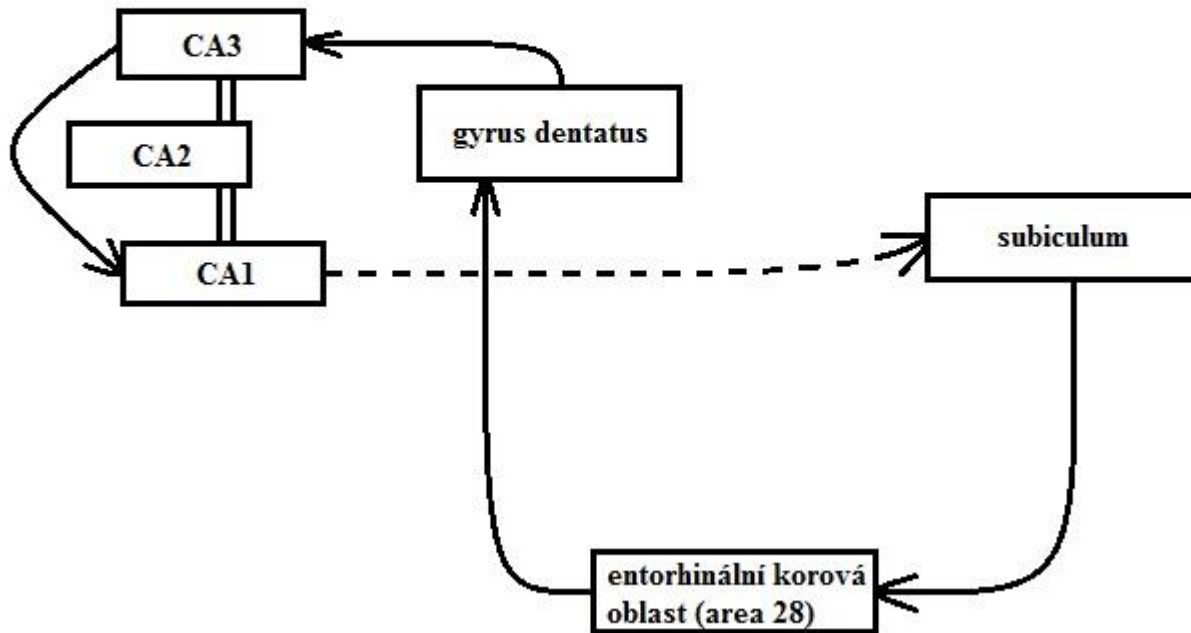
Circuit of Papez





Andersenův okruh pikoška při milovníky neuroanatomie 😊

Andersenův okruh (vnitřní zapojení
hippokampální formace)



Hlavní výstupní osa limbického systému

ncl. septales → hypothalamus → RF
mesencephala

- probíhá podél fasciculus medialis telencephali (MFB)

Limbický systém – poruchy

- poruchy hipokampu
 - poruchy deklarativní paměti (fakta, události)
 - malá retrogradní amnézie
 - plná anterogradní amnézie (kromě krátkodobé paměti)
- porucha corpora mammillaria
 - chronický alkoholismus
 - může vyvolat Korsakovou psychózu (amnestický konfabulační sy)