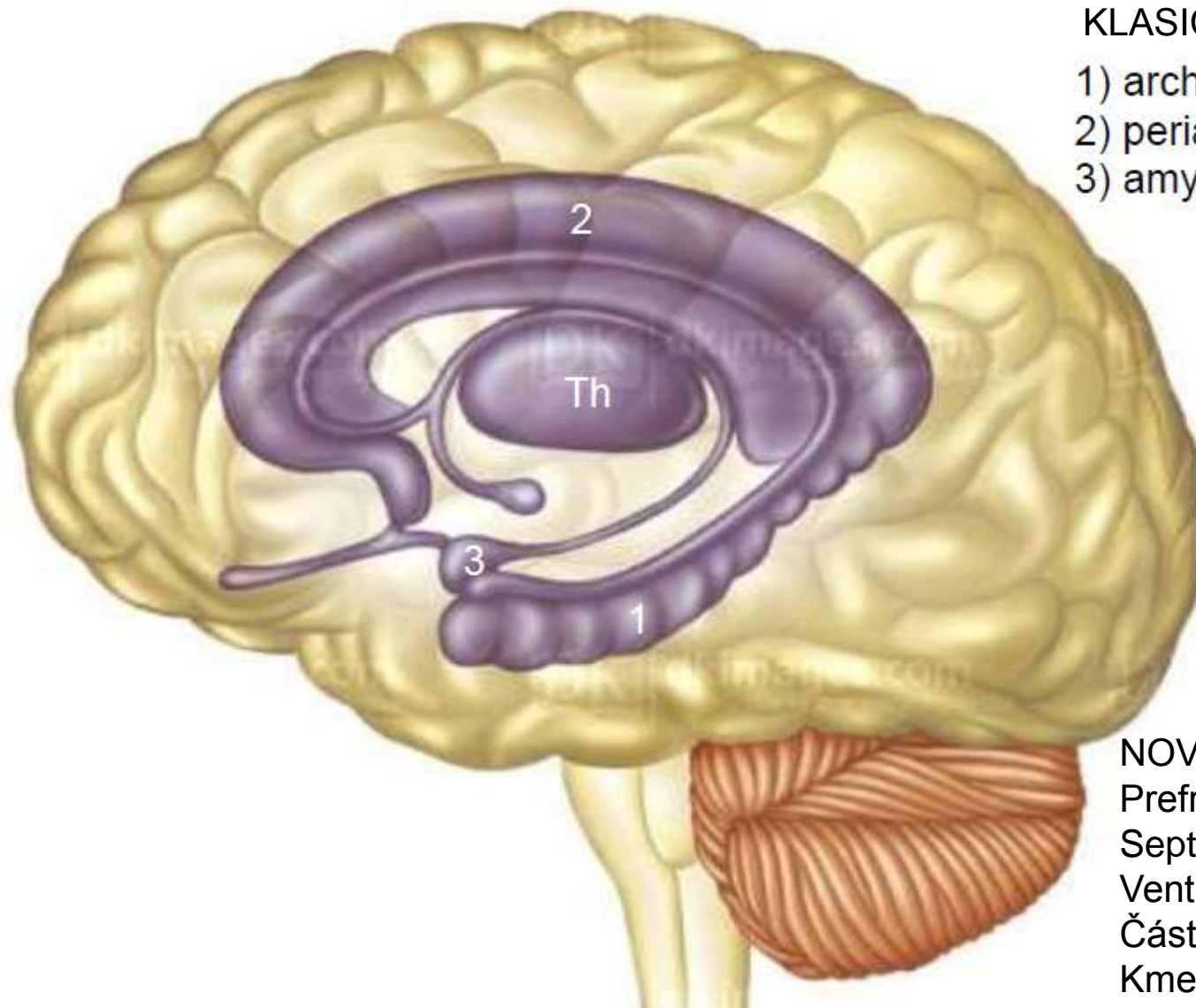


# Limbecký systém

Veronika Němcová

## Limbecký systém – emoční a paměťové okruhy

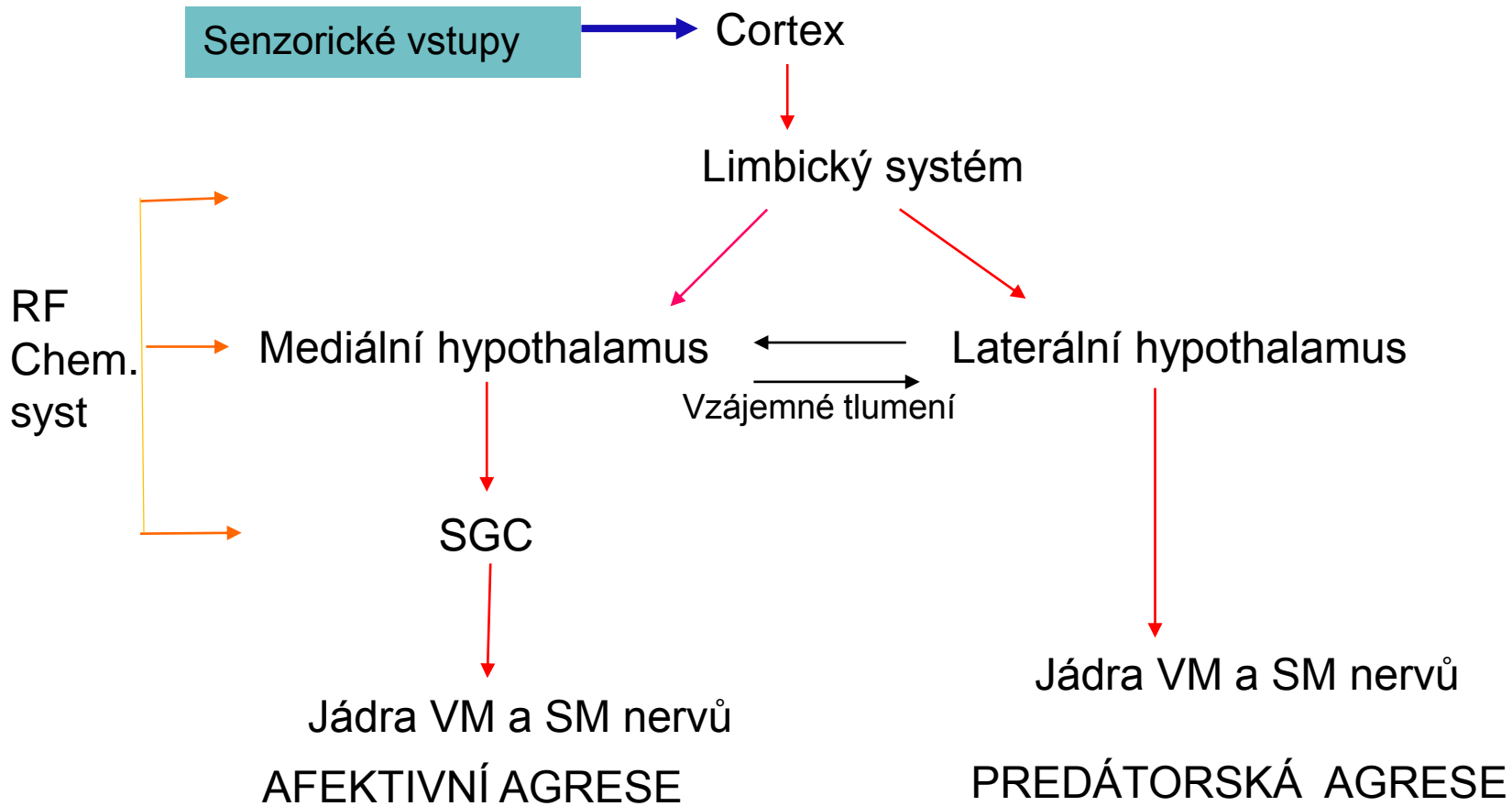


### KLASICKÝ

- 1) archicortex
- 2) periarhicortex
- 3) amygdala

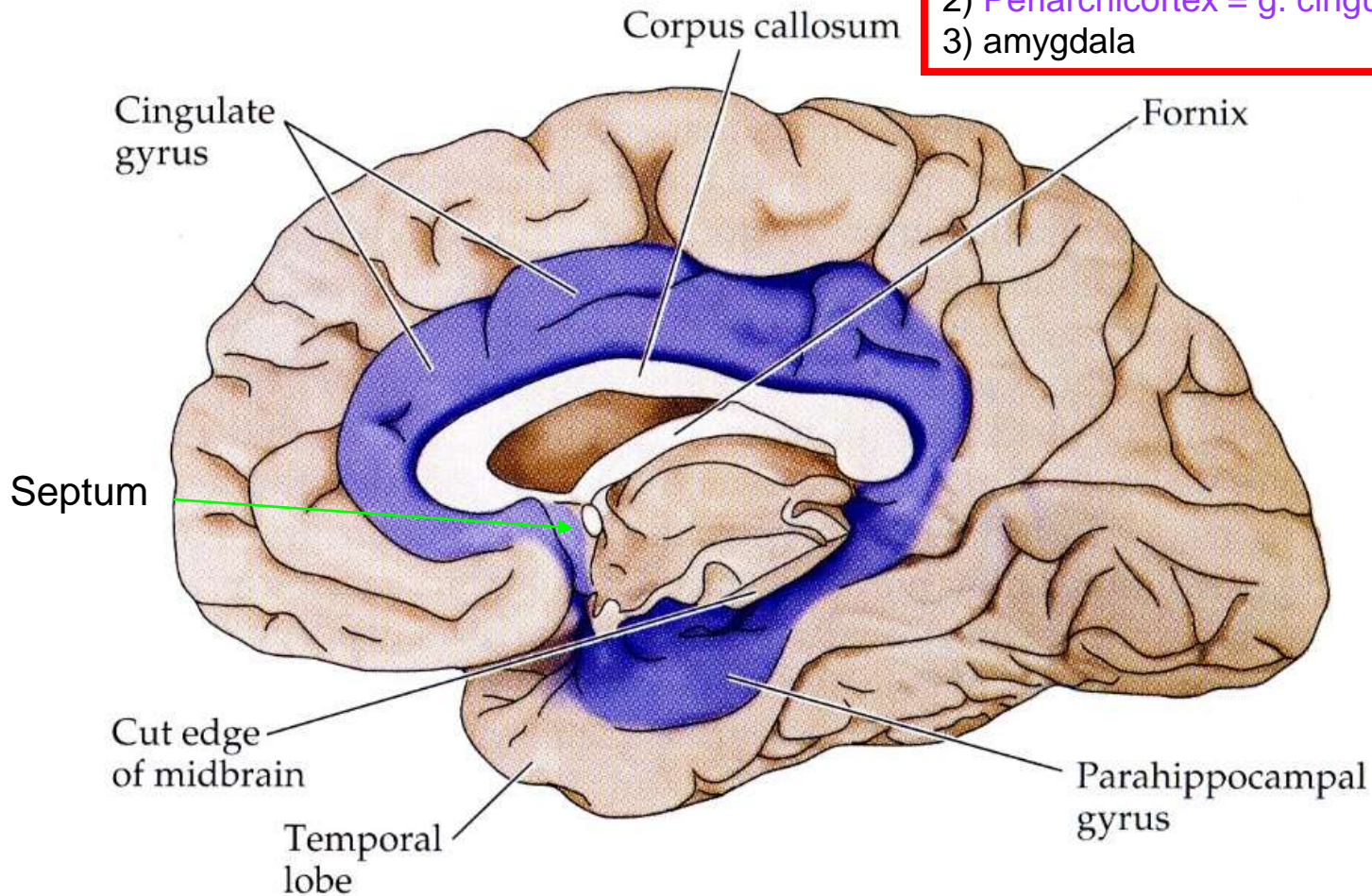
### NOVĚJI POPISOVANÝ

Prefrontální kůra a inzula  
Septum verum  
Ventrální striatum a pallidum  
Části thalamu a hypothalamu  
Kmenové struktury např. SGC



# Klasický limbický systém

- 1) archicortex=hippokampální formace
- 2) Periarchicortex = g. cinguli + parahippocampalis
- 3) amygdala

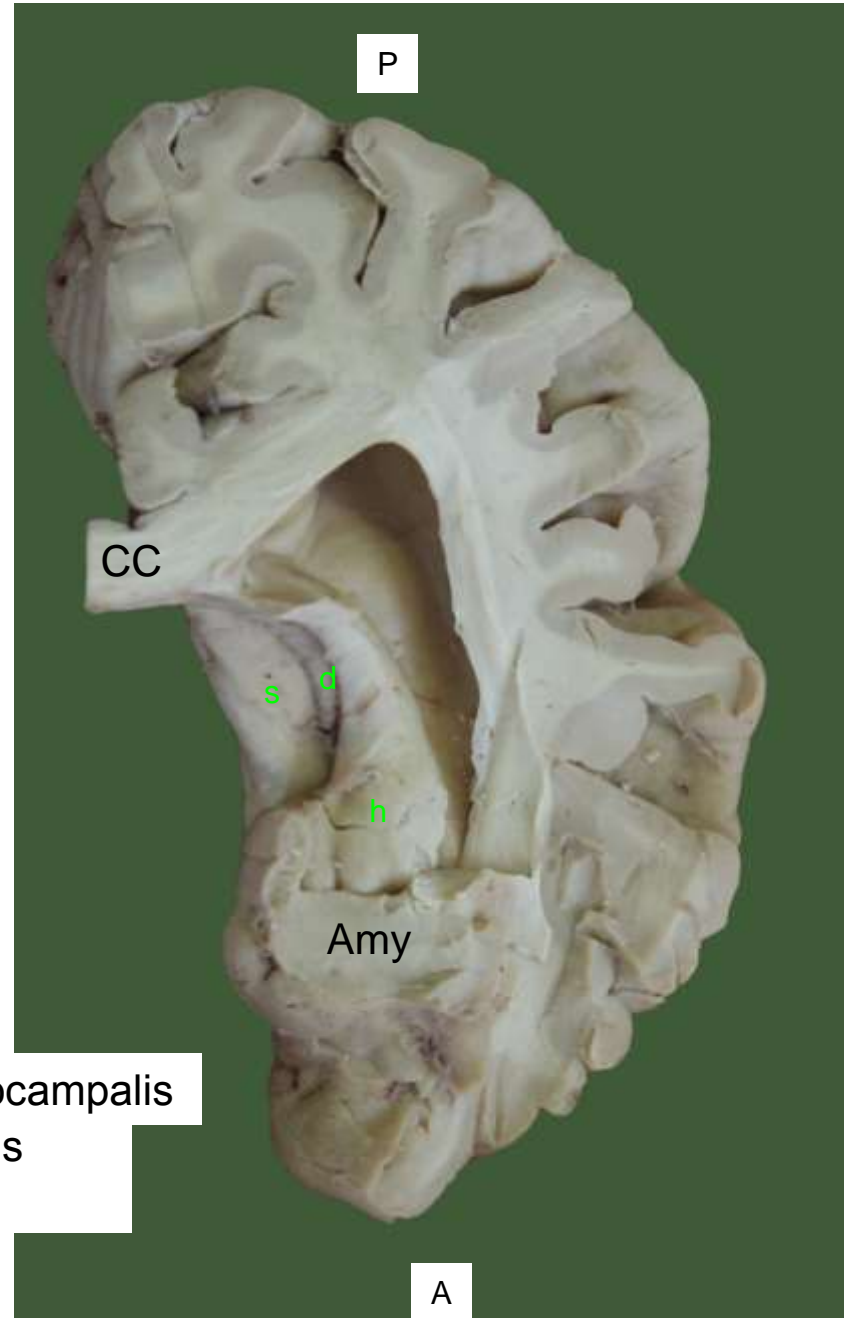


## Hippokampální formace

= archicortex

= Cornu Ammonis + subiculum + g. dentatus

Otevřený  
temporální roh  
laterální komory



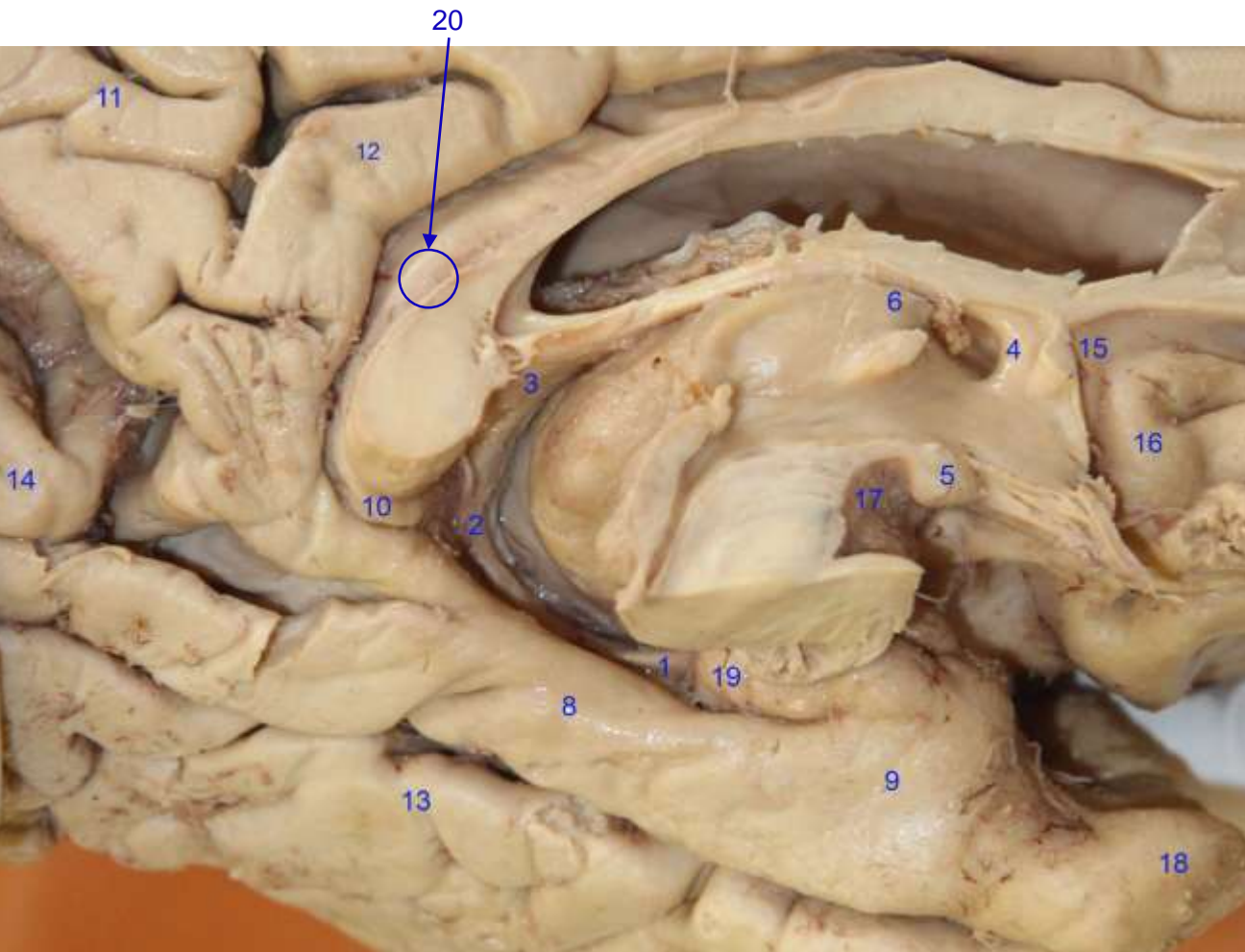
s – subiculum – horní plocha g. parahippocampalis

h - Vlastní hippocampus = Cornu Ammonis

d – gyrus dentatus

Amy – amygdala

CC- splenium corporis callosi



## Limbické struktury na mediální ploše hemisféry

- 1-fimbria fornicis (hippocampi)
- 2-crus fornicis
- 3-commissura fornicis
- 4-columna fornicis
- 5-corpora mammillaria
- 6-tuberculum anterius thalami
- 8-g. parahippocampalis
- 9-area 28
- 10- g. fasciolaris
- 11-precuneus
- 12-g.cinguli
- 13-g. occipitotemporalis lateralis
- 14-g. occipitotemporalis medialis
- 15-g. paraterminalis
- 16-g.subcallosus
- 18-polus temporalis
- 19-uncus (apex+ tenia Giacomini)
- 20-striae longitudinales + indusium griseum

## Pohled z ventrální strany na limbické struktury

1-corpor callosum

2- **commissura fornicis**

3-epiphysis

4-coliculus superior

5-coliculus inferior

6-frenulum veli medullaris sup

7-vellum medullare sup

8-IV.n

9-crura cerebri

10- pulvinar thalami

11- locus coeruleus

12- tegmentum pontis

13-pars basilaris pontis

14-tractus opticus

**15-uncus**

**16-g. parahippocampalis**

**17-sulcus collateralis**

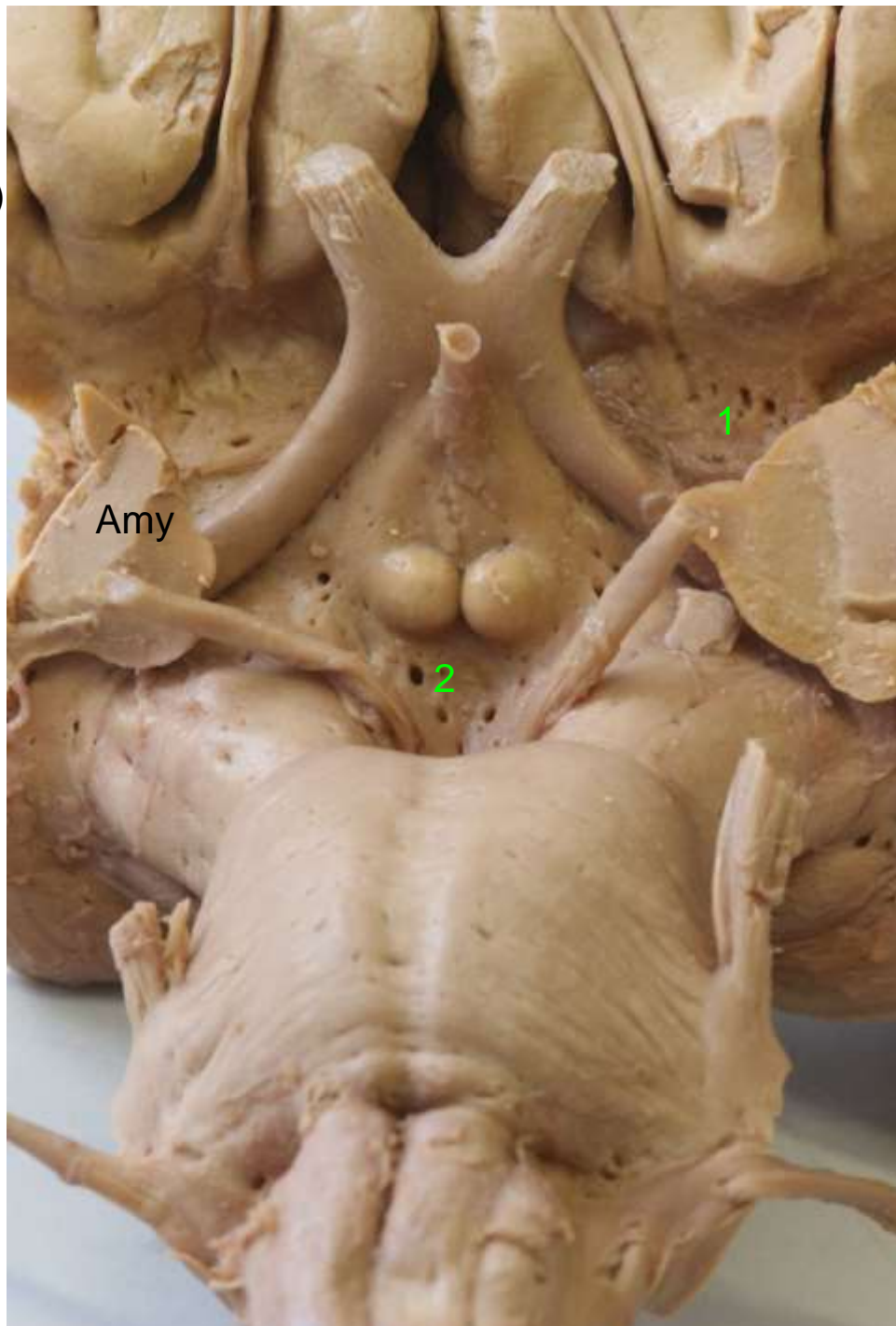
**18 –supracommissurální  
hippocampus**

19- trigonum olfactorium

= area perforata anterior



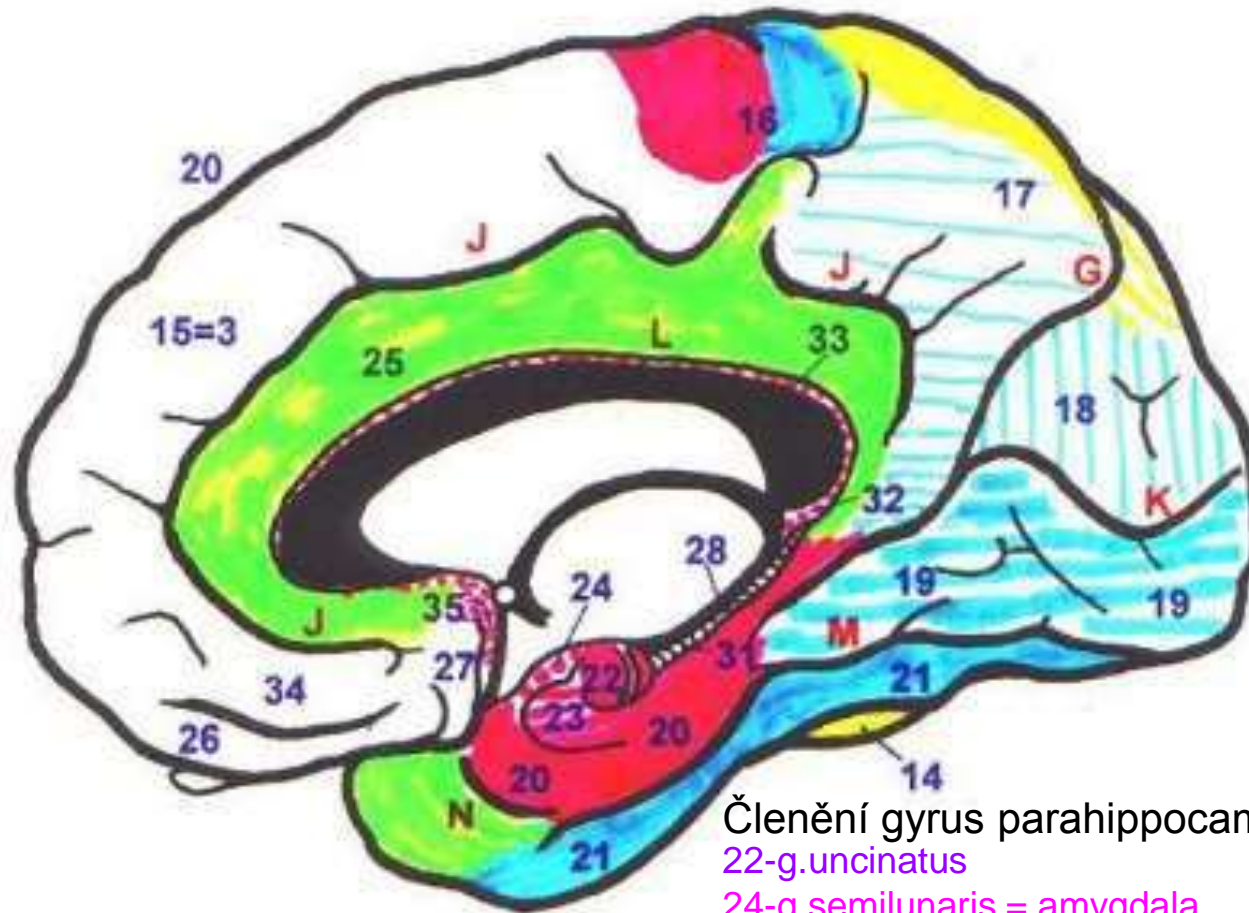
Pohled na area perforata anterior (1)  
a area perforata posterior (2)





# Limbický systém - struktury

- **Archikortex**
- A) **hipokampální formace (g.dentatus, subiculum, cornu Ammonis)** = postkomisurální hipokampus
- B) suprakomisurální hipokampus (**indusium griseum, striae longitudinales**)
- C) prekomisurální hipokampus (**area subcallosa (BA 25)**)
- **Periarchikortex**
- A) **gyrus parahipocampalis BA 28 –entorhinální kůra**, presubiculum (BA 27), parasubiculum (BA 34) area perirhinalis (BA 35,36)
- B) **gyrus cinguli (BA 23,24)**
- **Amygdala corticalis, medialis, centralis, basalis, lateralis**



### Členění gyrus parahippocampalis

22-g.uncinatus

24-g.semilunaris = amygdala

23-g. ambiens =area 51=paleocortex- čich

20-g.parahippocampalis area 28 entorhinální kůra

25-g.cinguli

27-area subcallosa

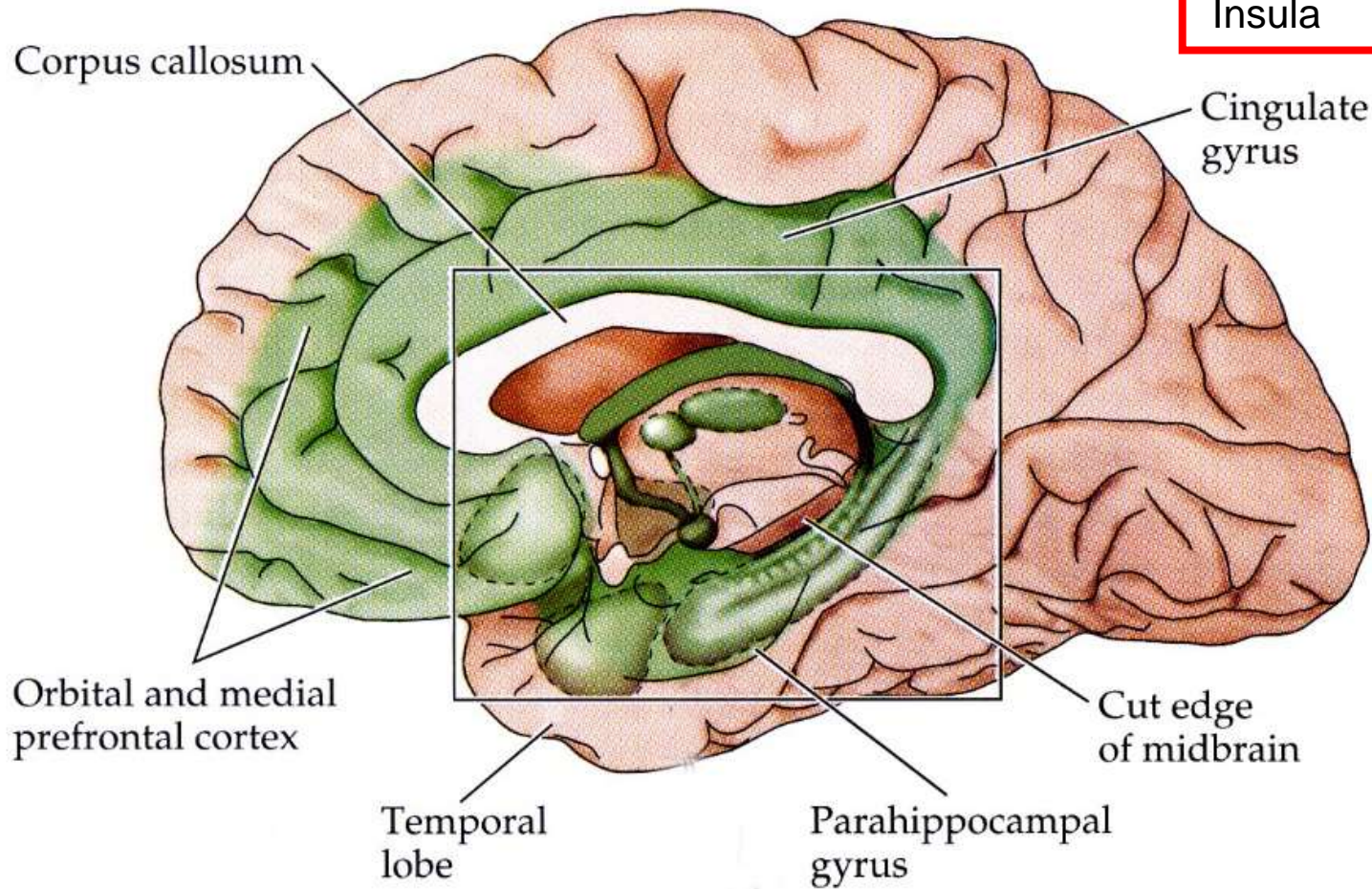
28 fimbria hippocampi

33-indusium griseum

31 g. dentatus

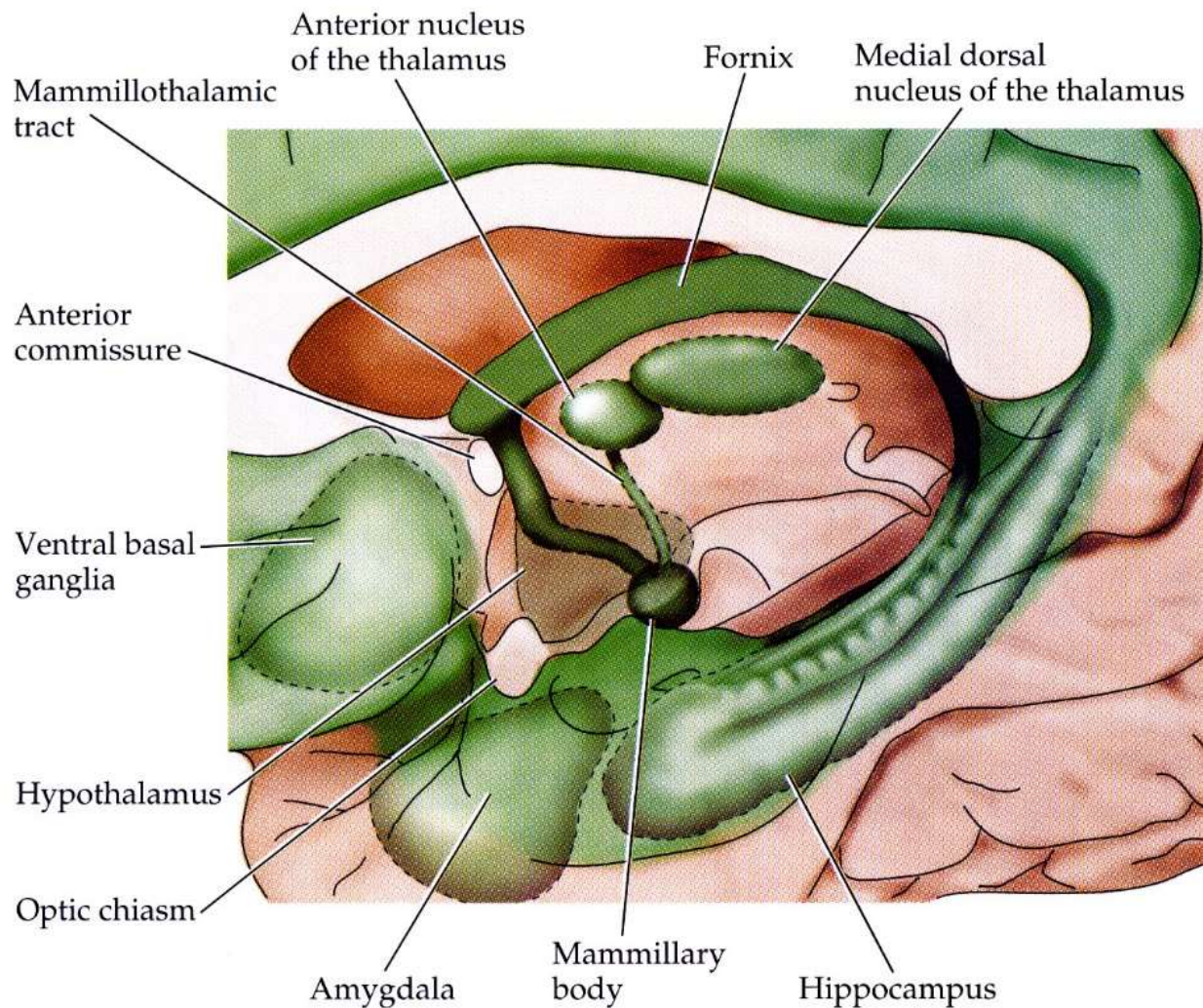
# Nový pohled

+ orbitofrontální  
a mediofrontální cortex  
Striatum ventrale  
Pallidum ventrale  
Th (A.,MD)  
Hypothalamus (CM)  
Insula



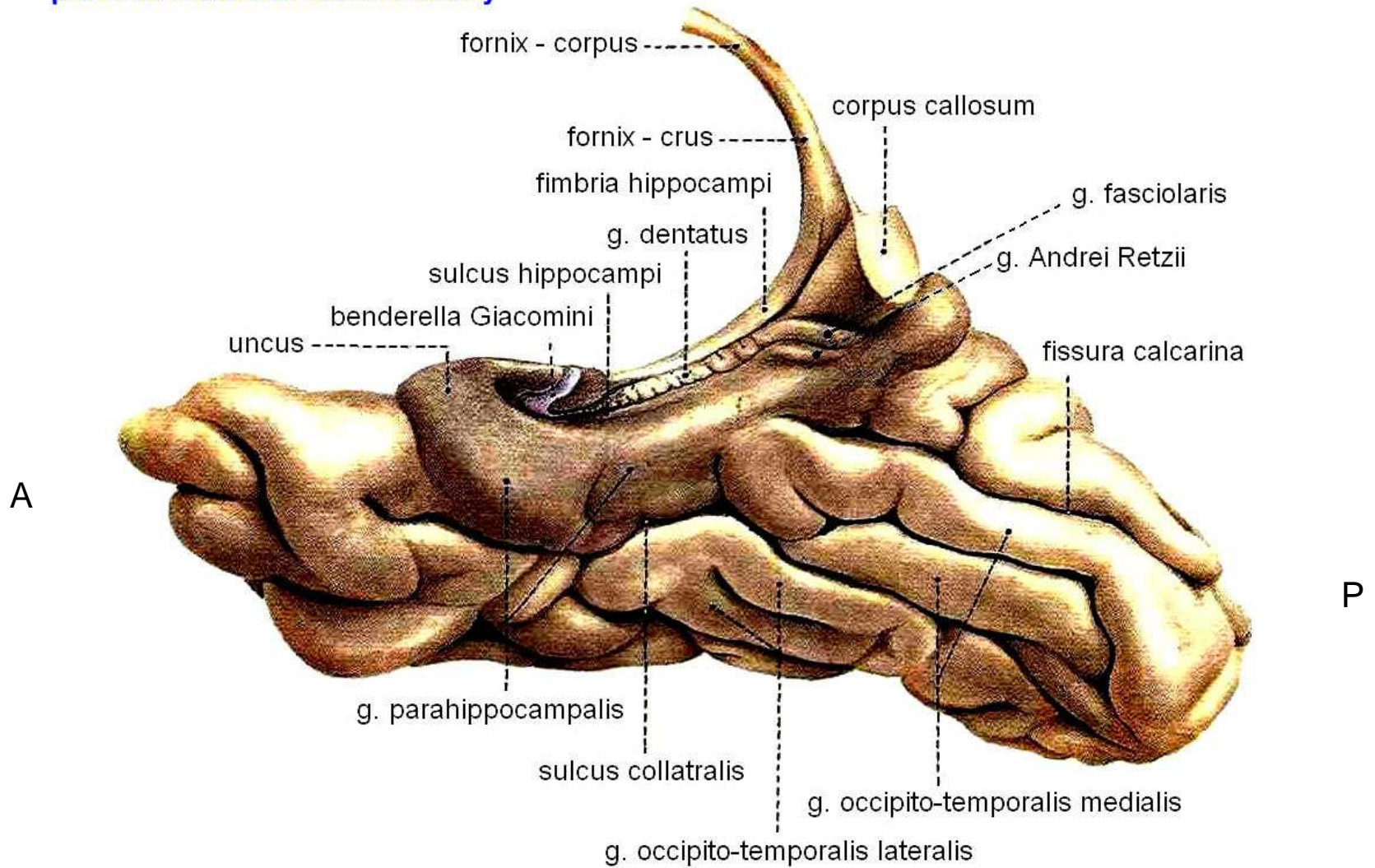
# Nový pohled

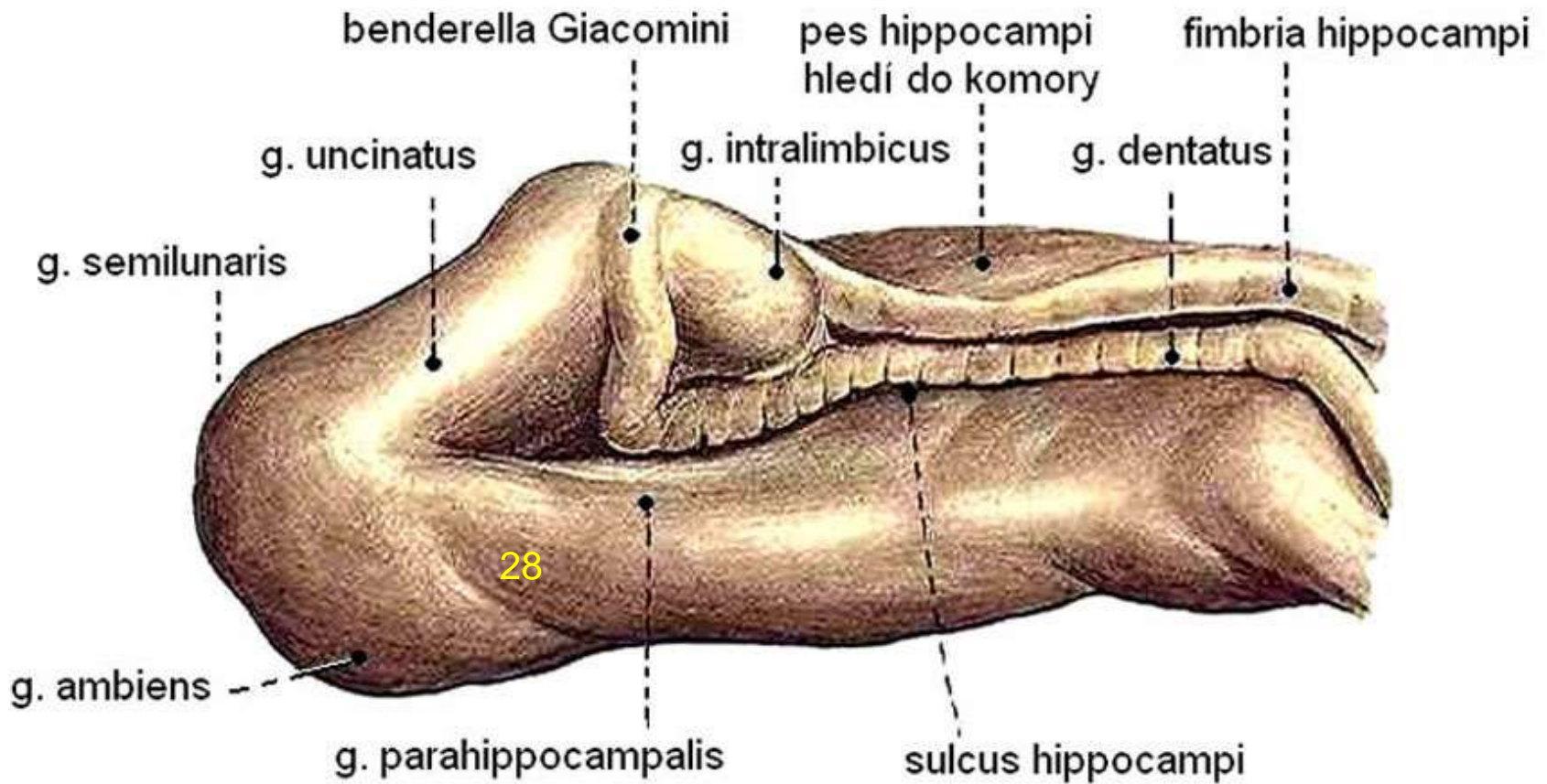
+ orbitofrontální  
a mediofrontální cortex  
Striatum ventrale  
Pallidum ventrale  
Th (A.,MD)  
Hypothalamus (CM)  
Habenula





pravá hemisféra z mediální strany





## Detail z předchozího obrázku

Přední část unku:

g. Semilunaris = amygdala

g. Ambiens = paleokortex

Area 28 = entorhinální kůra

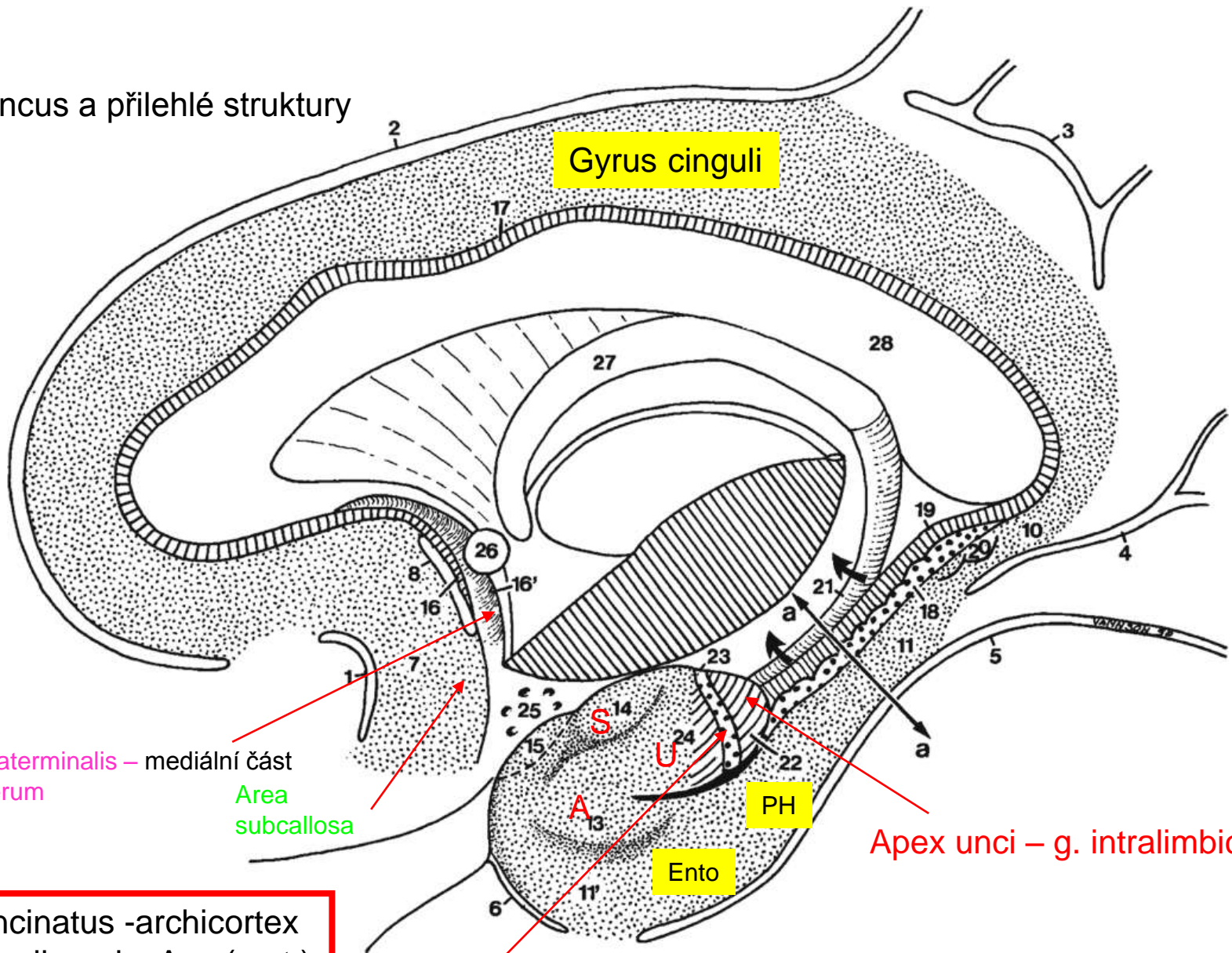
Zadní část unku archikortex:

g. Uncinatus - hippocampus

Banderella Giacomini – g. dentatus

g. intralimbicus

Uncus a přilehlé struktury



Gyrus paraterminalis – mediální část septum verum

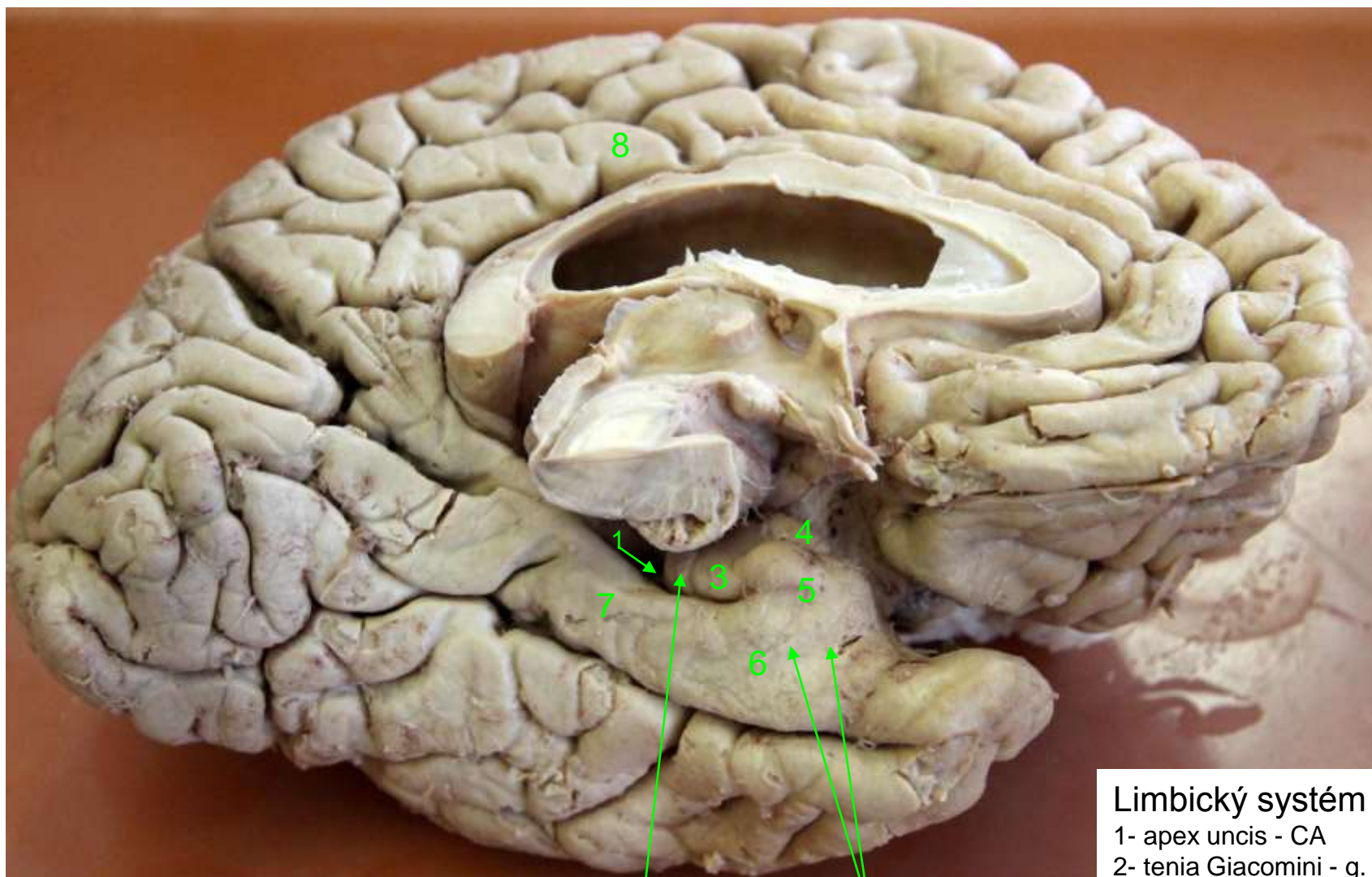
Area subcallosa

Apex unci – g. intralimbicus

- U- g. uncinatus -archicortex
- S- g. semilunaris- Amy(cort.)
- A- g. ambiens-paleocortex
- Ento – area 28 -mesocortex

Tenia Giacomini = g. dentatus





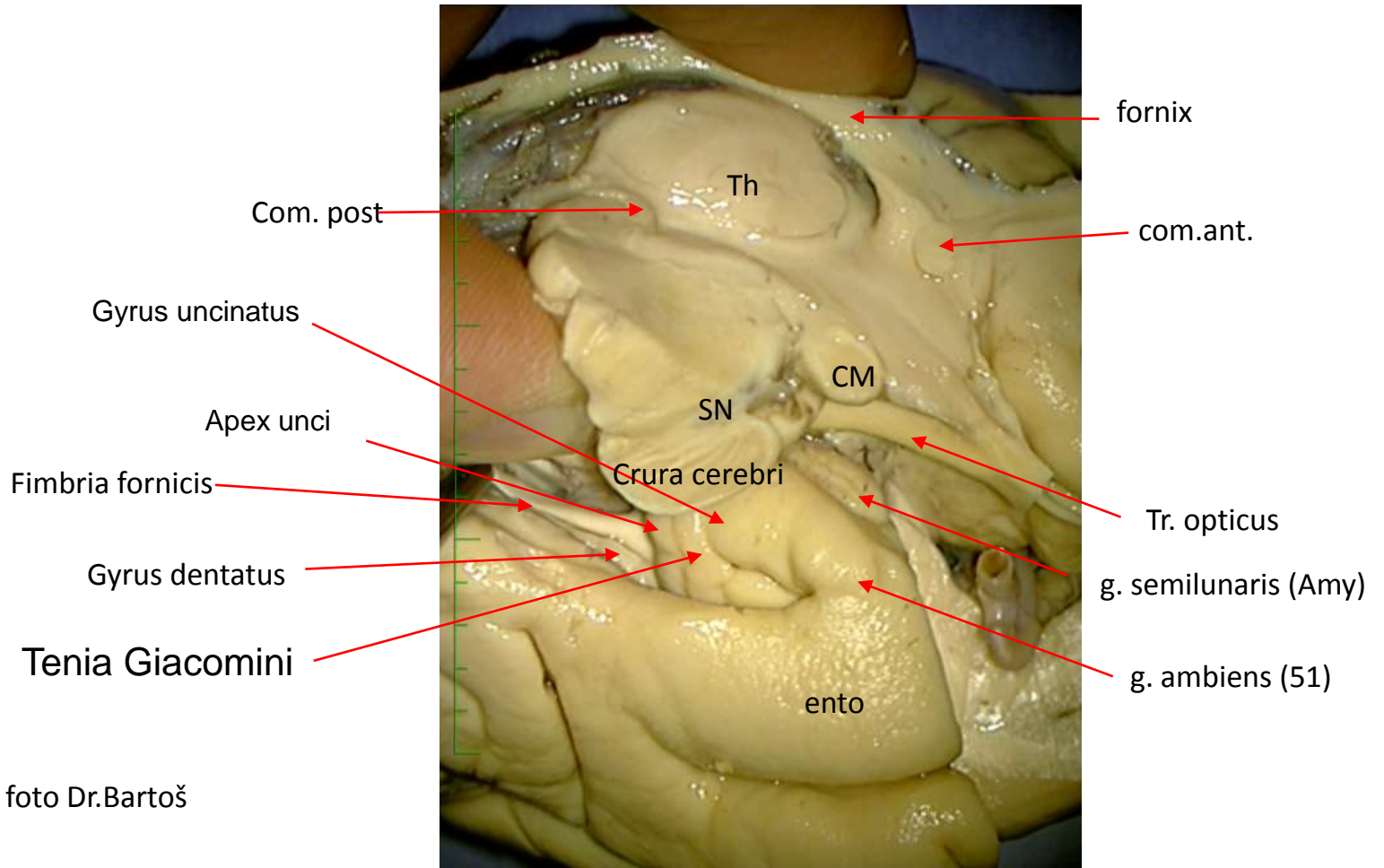
2

otisk po tentorium cerebelli

### Limbický systém - uncus

- 1- apex uncis - CA
- 2- tenia Giacomini - g. dentatus
- 3-g. uncinatus - CA
- 4-g. semilunaris - ncl. corticalis Amy
- 5-g. ambiens - paleocortex
- 6-area entorhinalis - mesocortex
- 7-g. parahippocampalis
- 8-g. cinguli

# Uncus a crura mesencephali



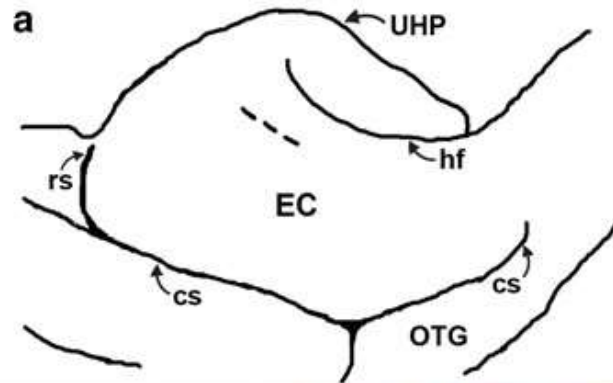
Preparace a foto Dr.Bartoš

Entorhinální kůra = **area 28 verrucae areae entorhinalis**



## Verrucae areae entorhinalis

- Prominující ostrůvky buněk 2. vrstvy entorhinální kůry



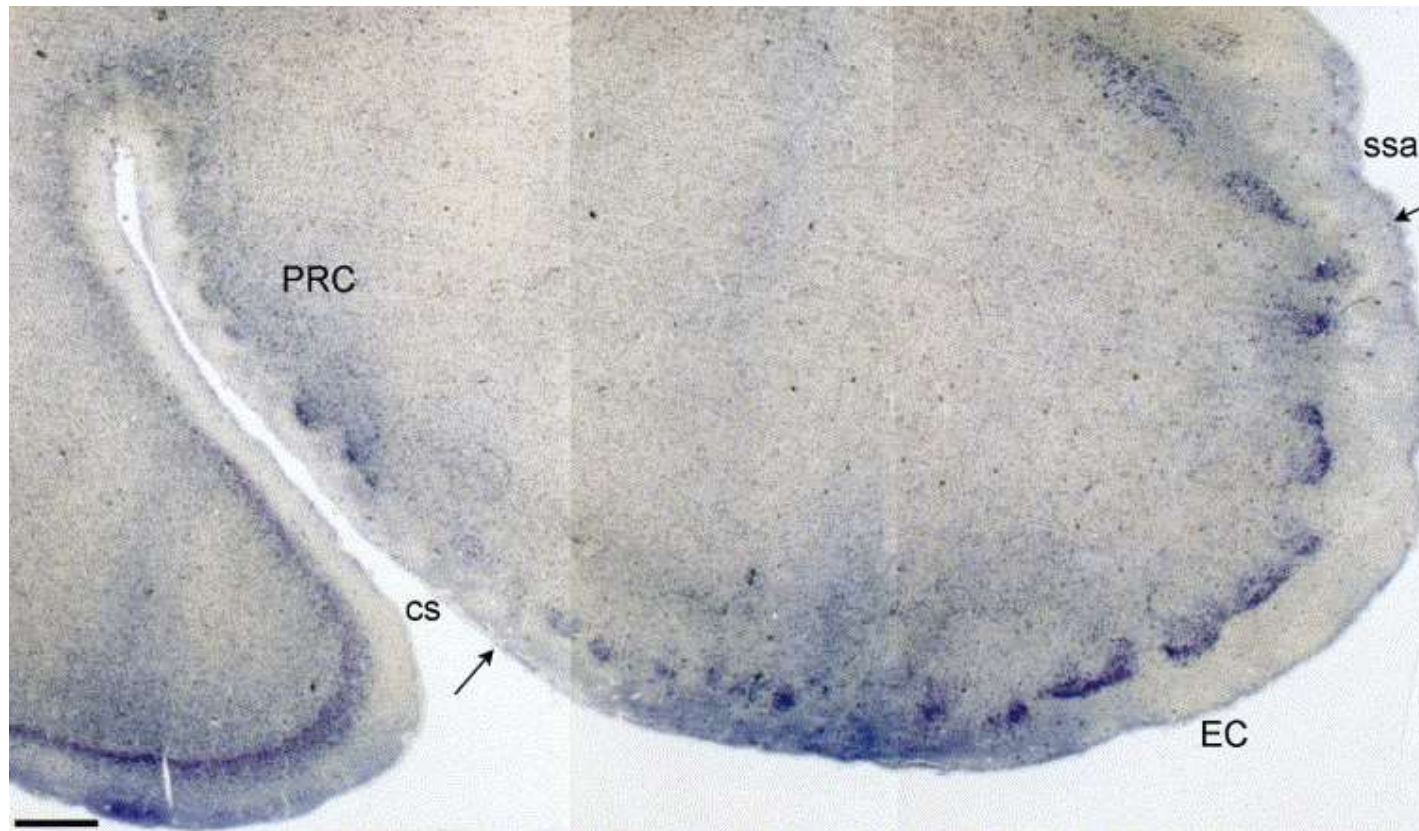
Entorhinal verrucae geometry is coincident and correlates with Alzheimer's lesions: a combined neuropathology and high-resolution ex vivo MRI analysis

Jean C. Augustinack • Kristen E. Huber • Gheorghe M. Postelnicu • Sita Kakunoori • Ruopeng Wang • Andre' J. W. van der Kouwe • Lawrence L. Wald • Thor D. Stein • Matthew P. Frosch • Bruce Fischl

B- velké veruky prominují  
C- hodně malých a středních  
D- méně malých a středních  
E- skoro nejsou vidět  
F - žádné

Ostrůvky buněk v area 28 podmiňující zvenčívání viditelné verrucae areae entorhinalis

Buňky jako první odumírají během stárnutí a u AD,  
Negativní korelace mezi věkem a velikostí oblasti s verrukami

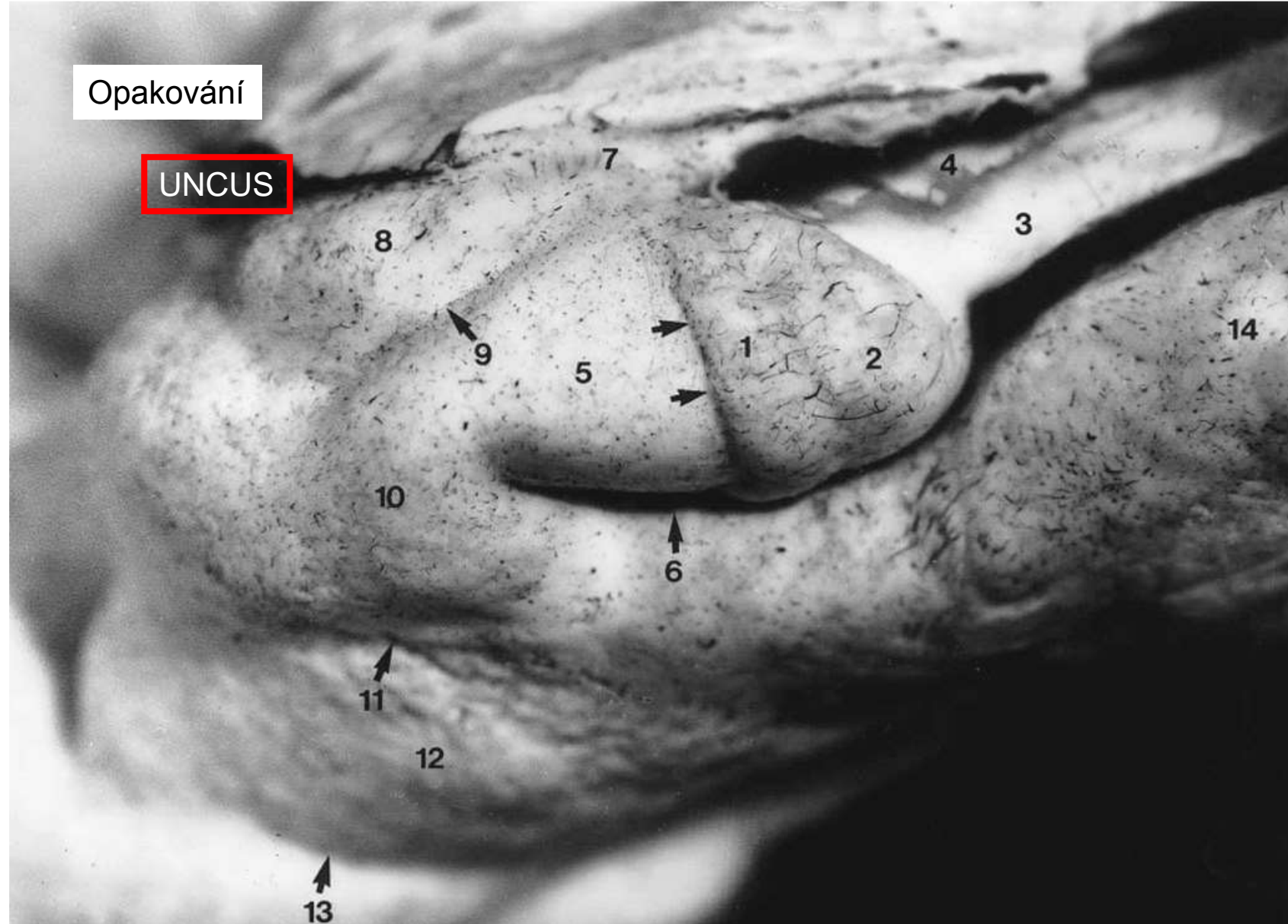


**Hemispheric asymmetry, modular variability and age-related changes in the human entorhinal cortex, 2004**

• [G. Simic<sup>a</sup>](#), [S. Bexheti<sup>a</sup>](#), [Z. Kelovic<sup>a</sup>](#), [M. Kos<sup>b</sup>](#), [K. Grbic<sup>a</sup>](#), [P.R. Hof<sup>c</sup>](#), [I. Kostovic<sup>a</sup>](#)

Opakování

UNCUS



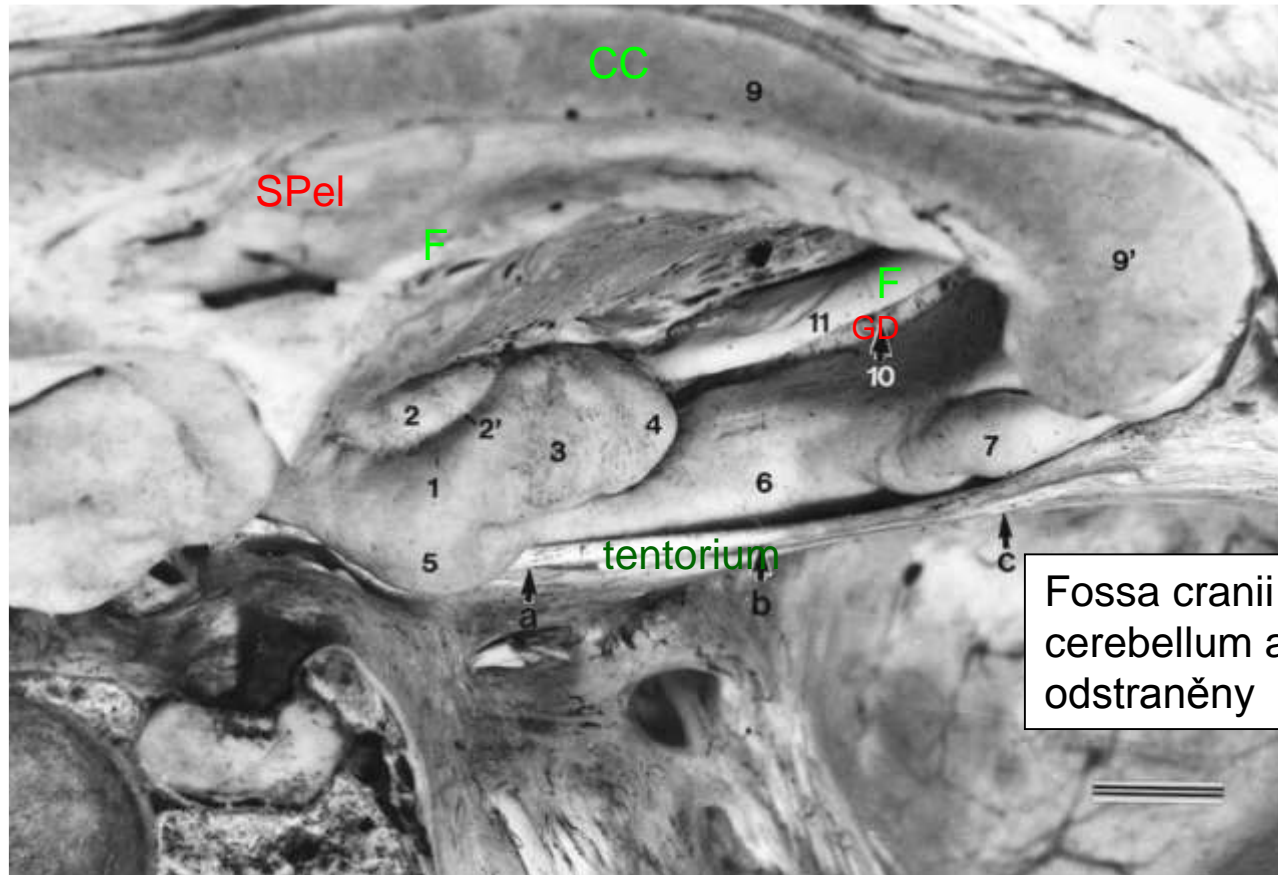
**Přední segment piriformní**

8 *g. semilunaris*, 9 *s. semianularis*, 10 *g. ambiens*, 11 uncal notch produced by the free edge of the tentorium cerebelli, 12 *area entorhinalis* a *verrucae gyri hippocampi*, 13 *s. rhinalis*, 14 *g. parahippocampalis*

**Zadní segment - hippocampus:**

1 *tenia Giacomini*, 2 *apex uncis*, 3 *fimbria*, 4 *fissura choroidea* (odstraněn *plexus choroideus*), 5 *g. uncinatus*, 6 *s. uncalis*

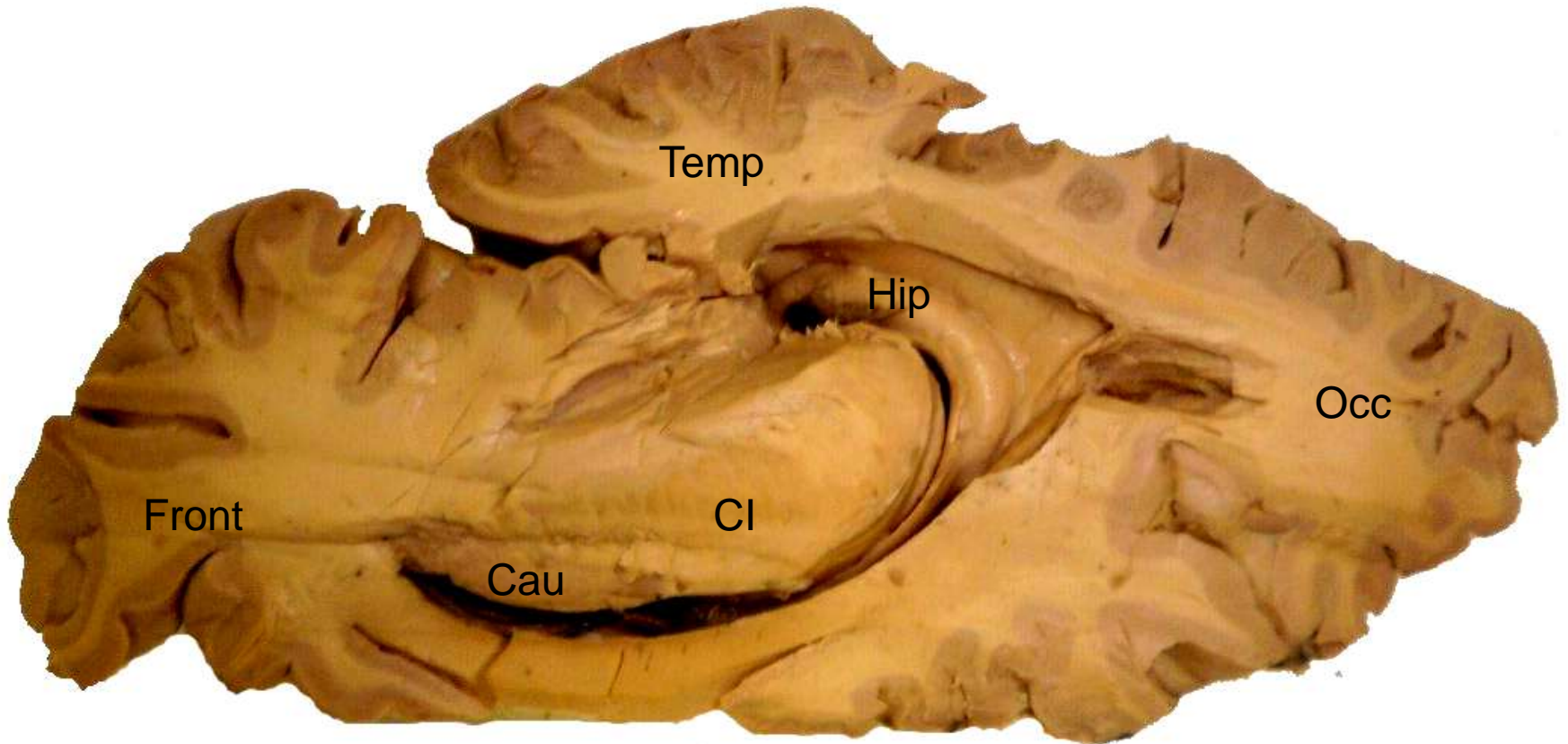
# Poloha uncus a tentorium cerebelli



Fossa cranii posterior -  
cerebellum a kmen  
odstraněny

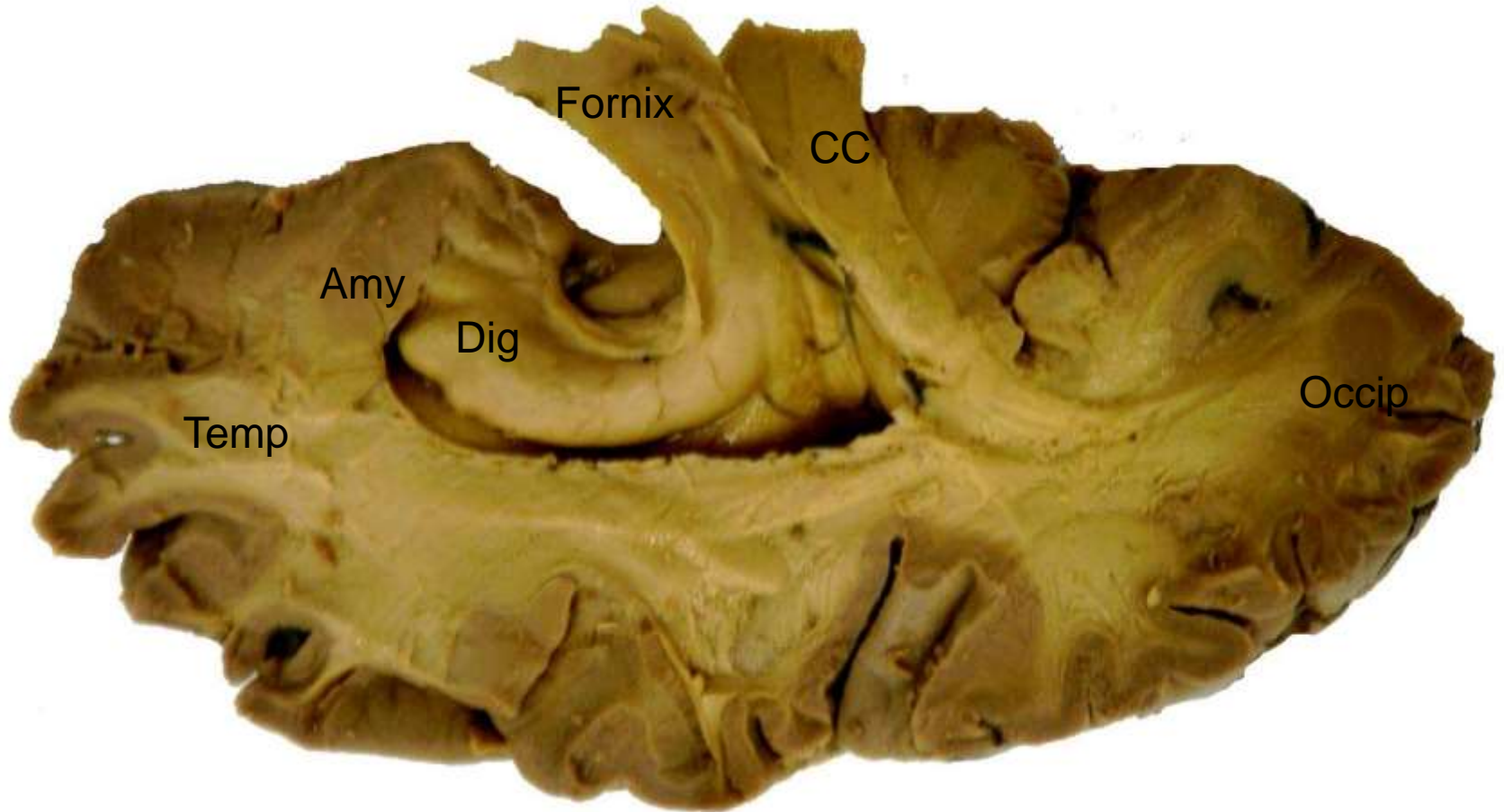
1 medial surface of uncus, 2 semilunar gyrus, 2' semilunar sulcus, 3 uncinat gyrus, 4 uncal apex, 5 ambient gyrus overlying the free edge of the tentorium cerebelli ( *arrow a* ), 6 middle part of the parahippocampal gyrus far from the free edge ( *arrow b* ), 7 posterior part of the parahippocampal gyrus (isthmus) in close contact with the free edge ( *arrow c* ), 8 posterior cranial fossa, 9 corpus callosum, 9' splenium, 10 margo denticulatus, 11 fimbria

# Hippocampus v komoře

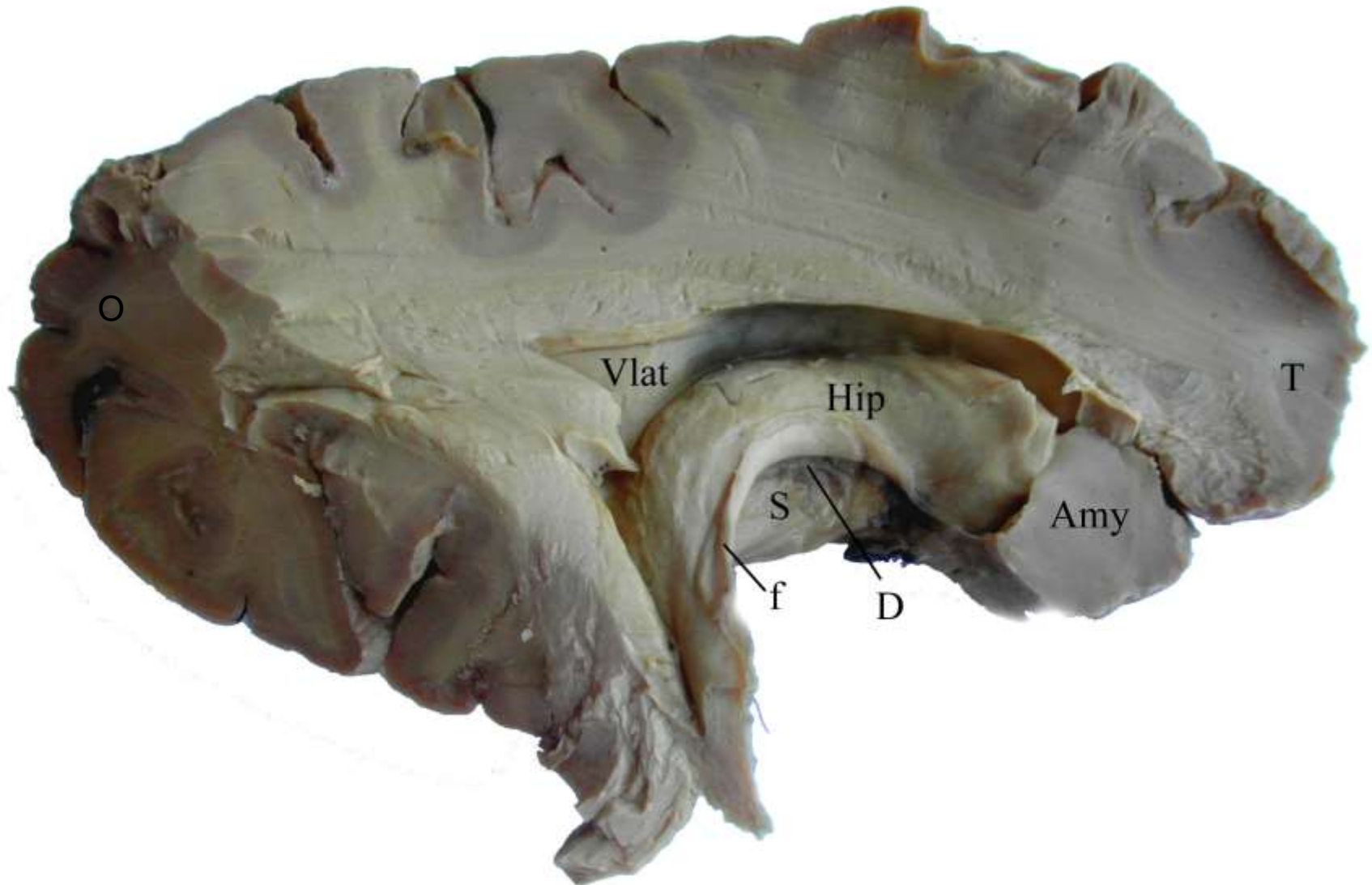




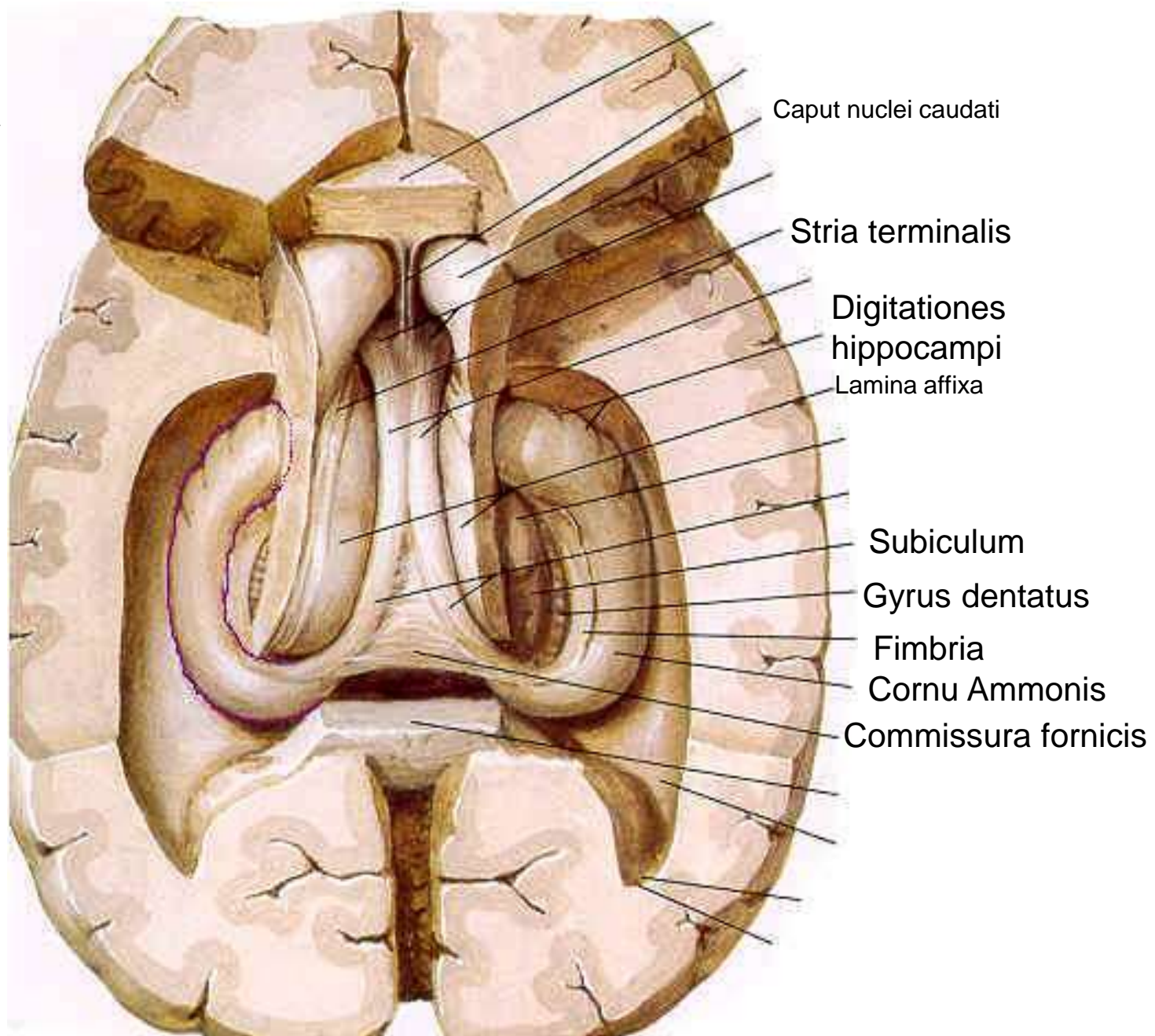
# Hipocampus a amygdala

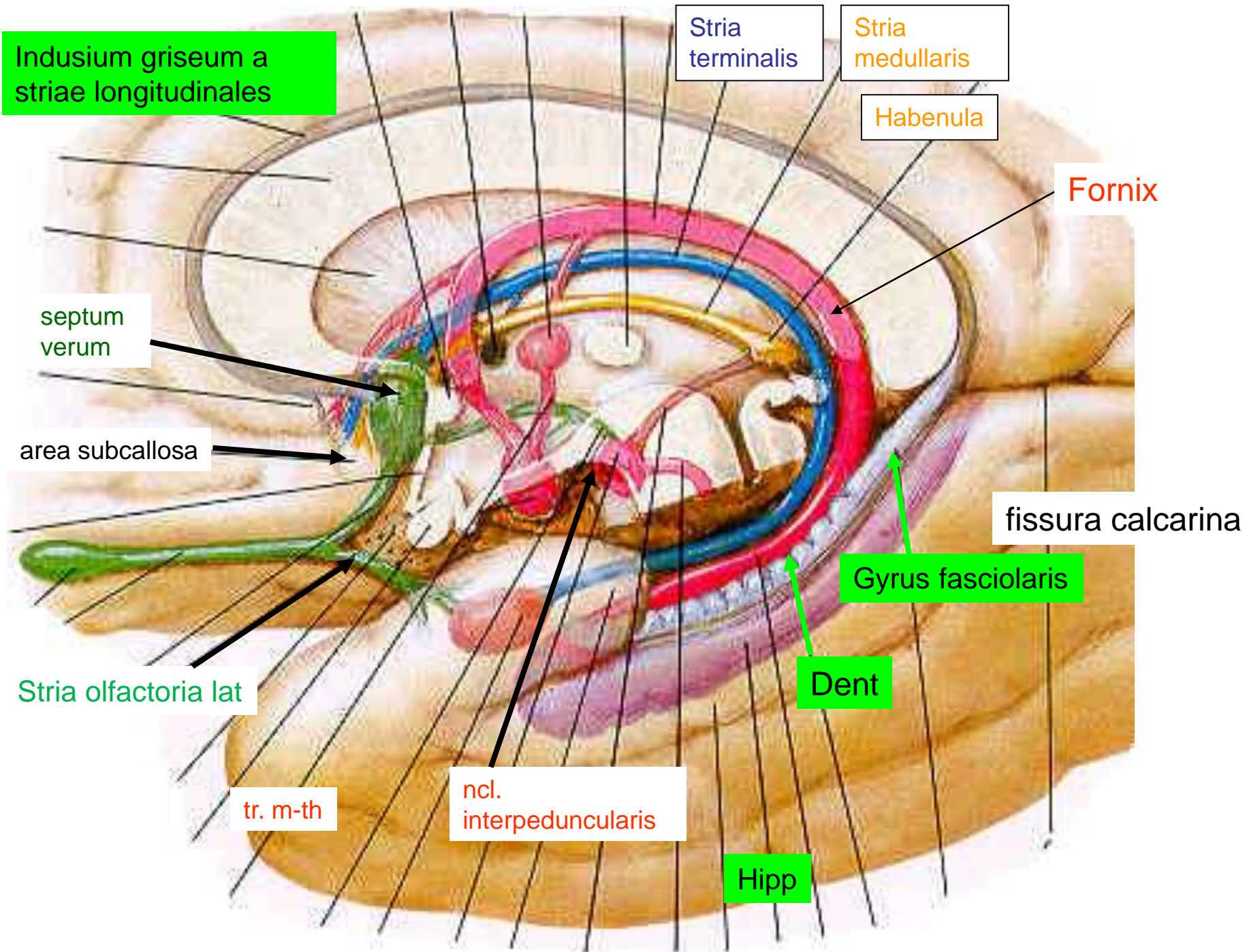


# Hipocampus a amygdala

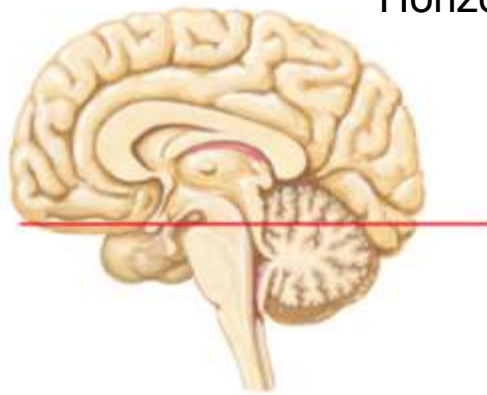


Pohled shora na  
hippokampální  
formaci

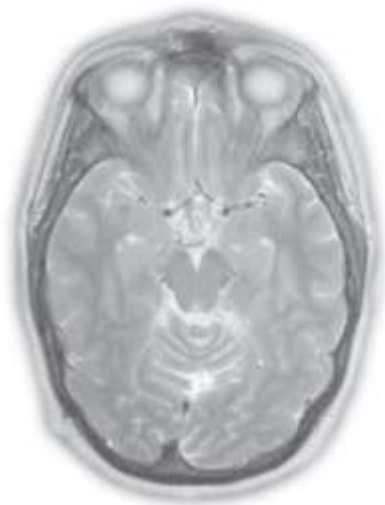
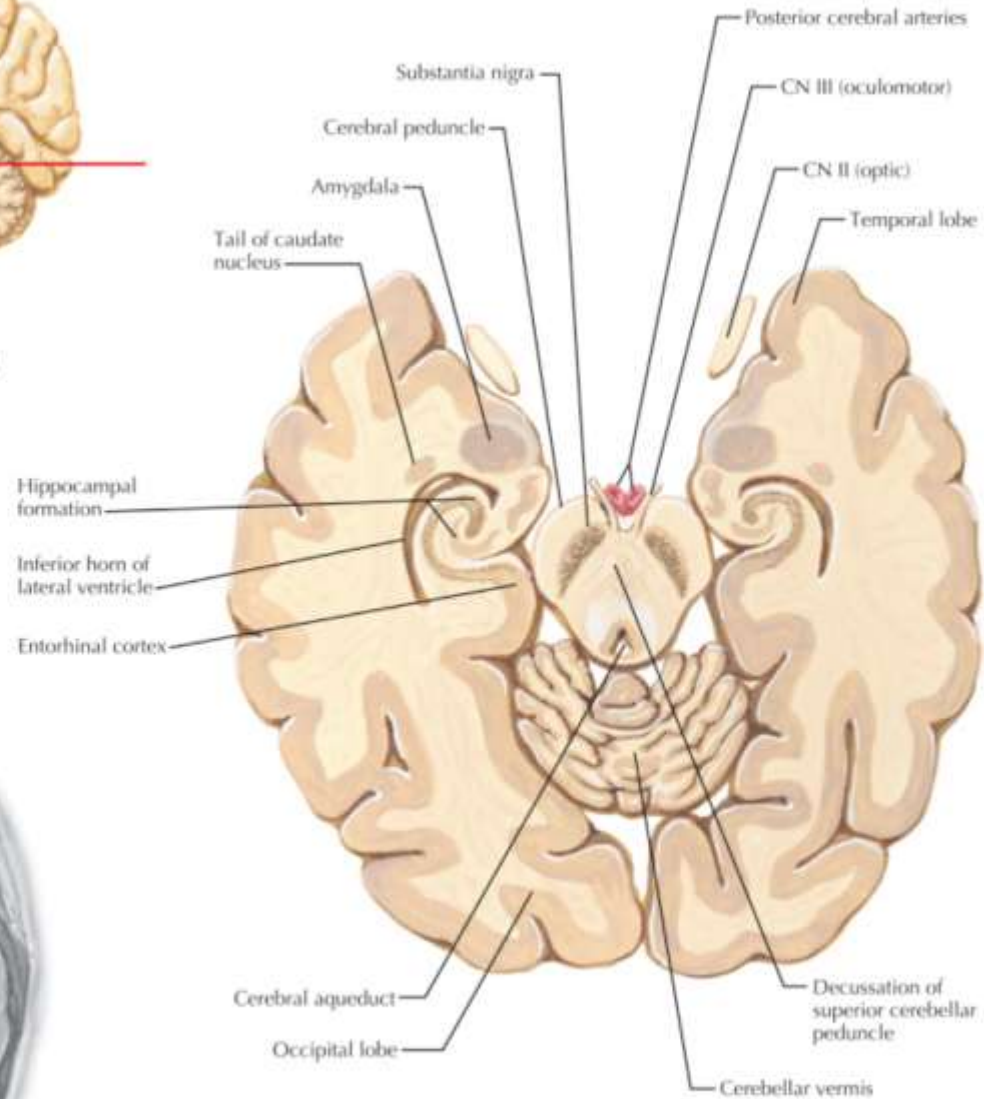


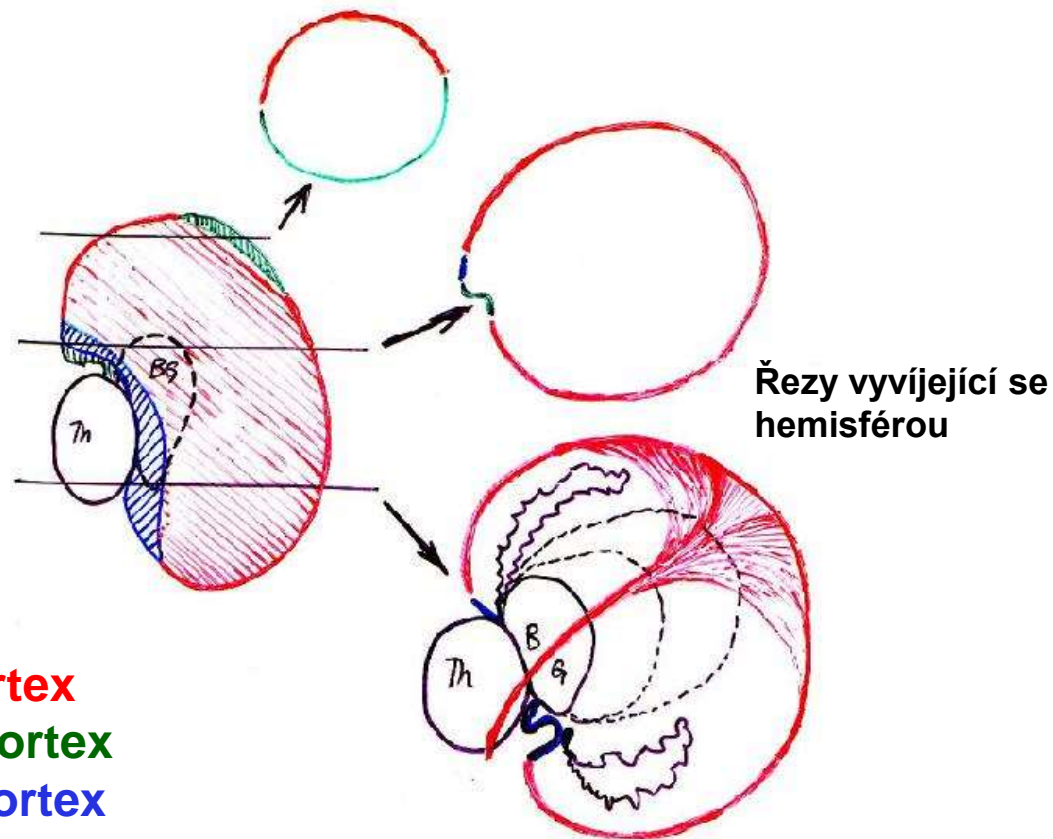


# Horizontální řez mozkiem v úrovni mesencephala



Level of section  
(midbrain)

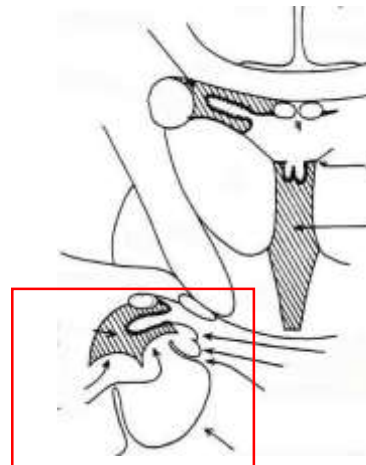




**Neocortex**  
**Paleocortex**  
**Archicortex**

**Vývoj kůry telencephalického váčku pozdější v  
časném embryonální období ( Petrovický)**

# Vývoj hippokampální formace



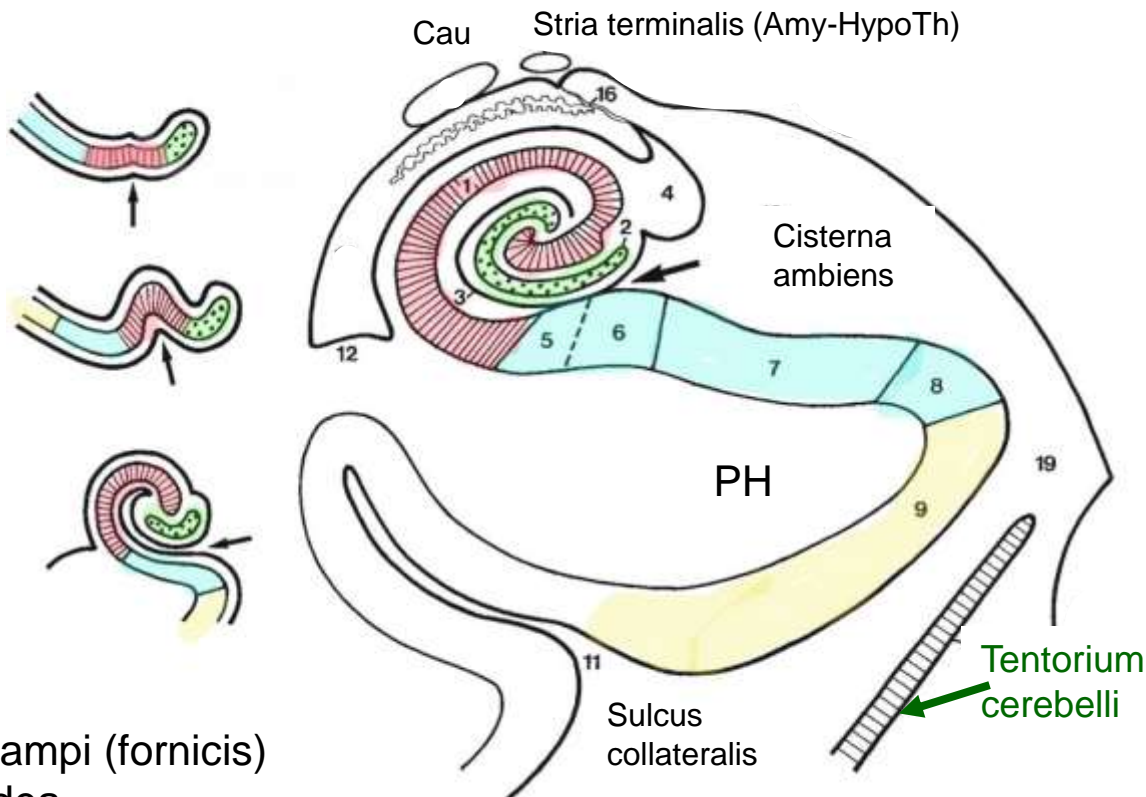
CA

Gyrus dentatus

Subiculum

Area 28

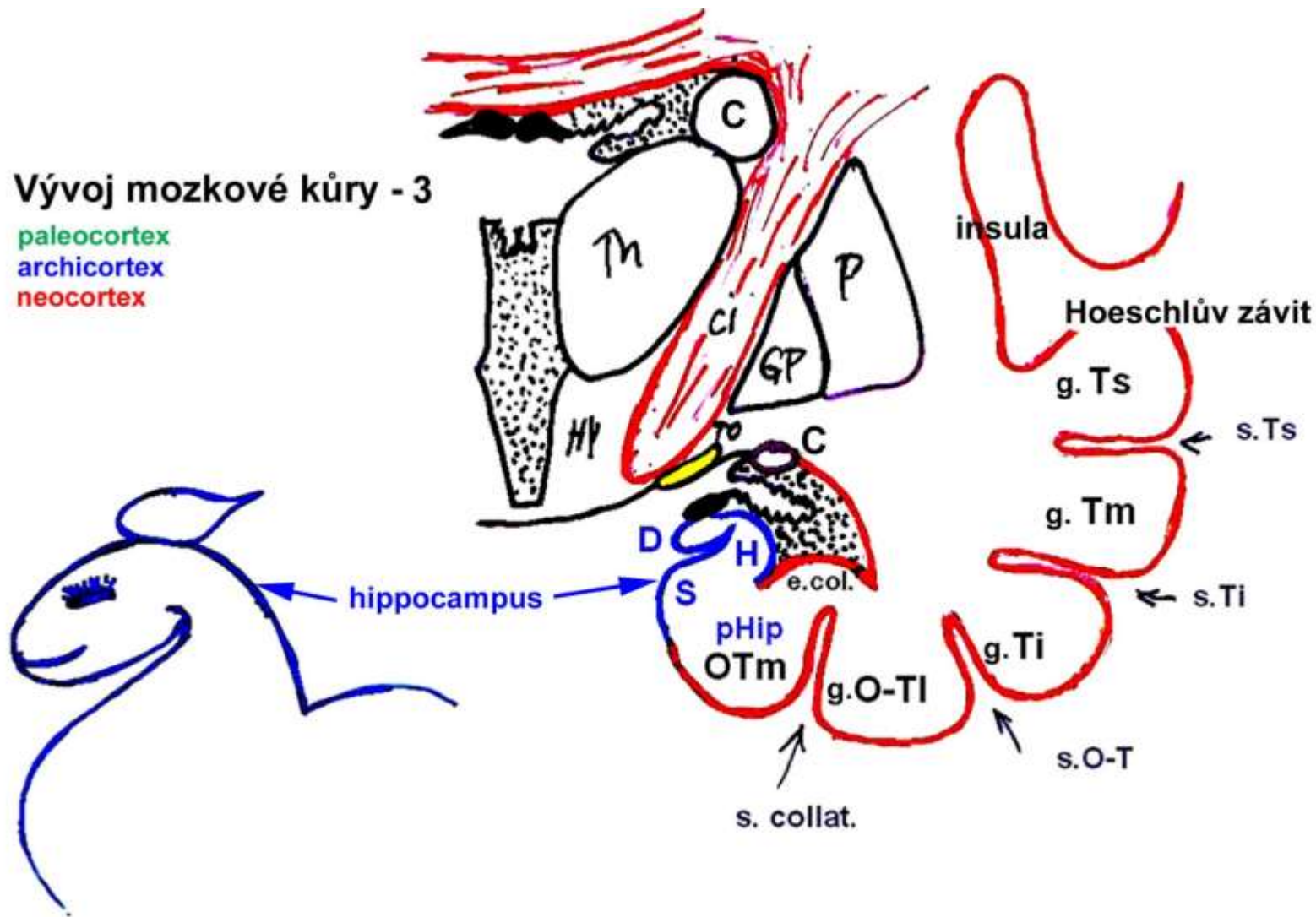
Sulcus hippocampi ↑



4 – fimbria hippocampi (fornicis)  
16- fissura choroidea

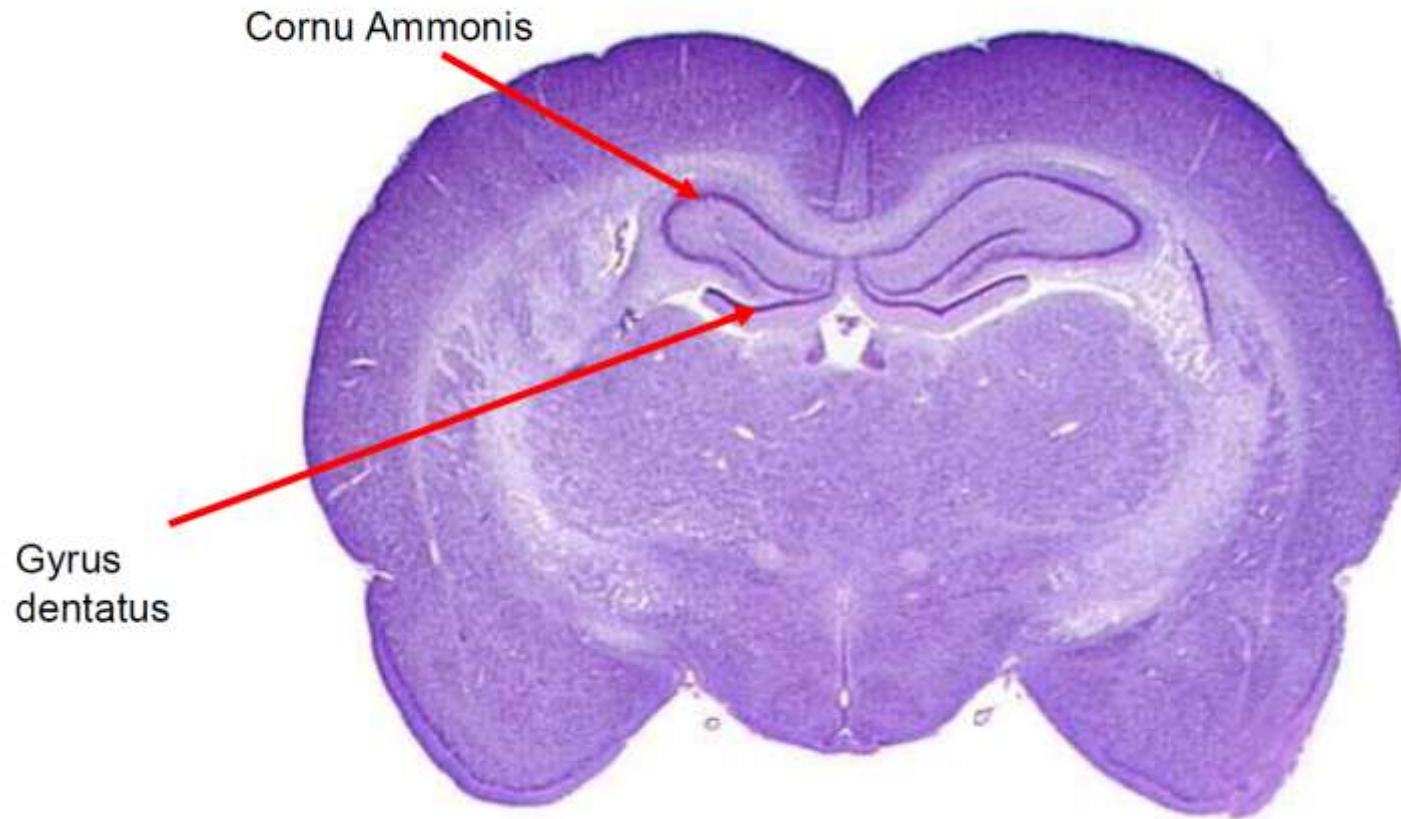
### Vývoj mozkové kůry - 3

paleocortex  
archicortex  
neocortex

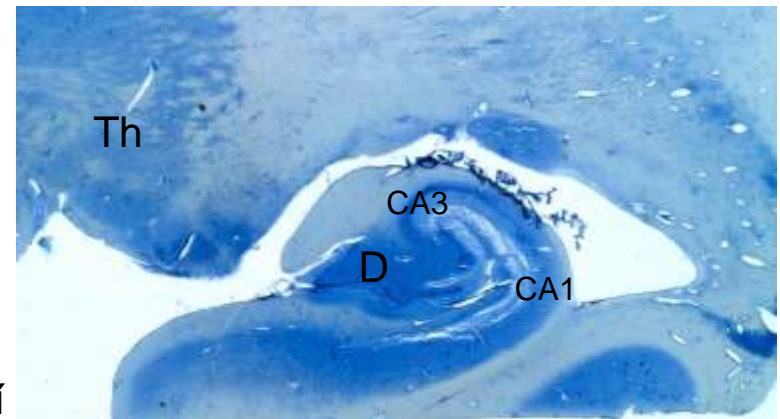
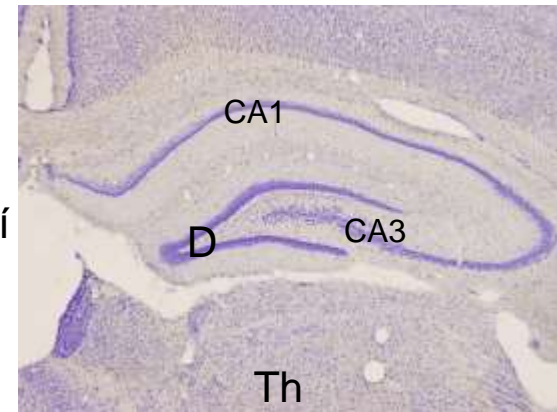
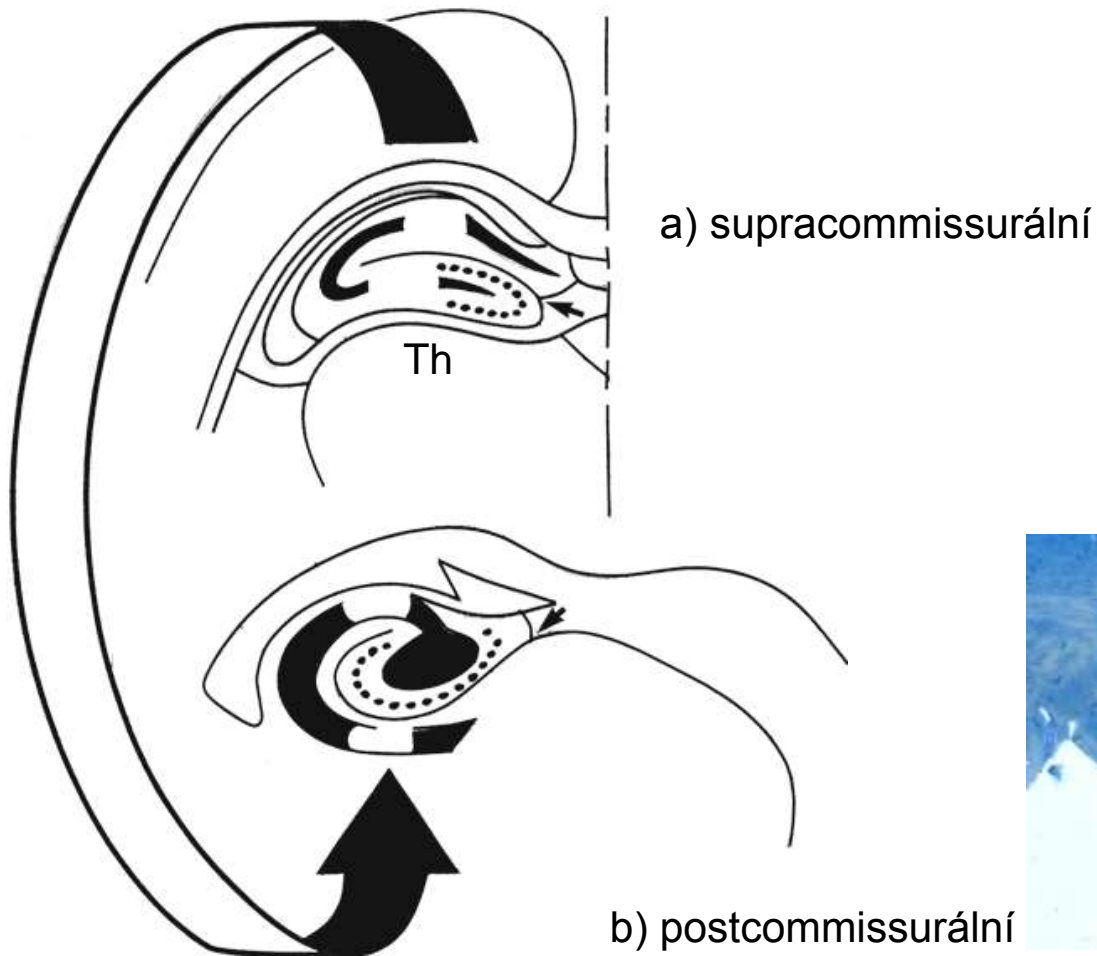




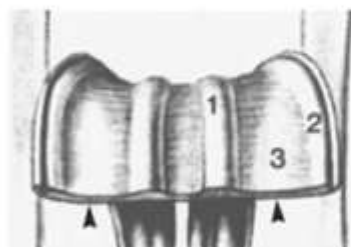
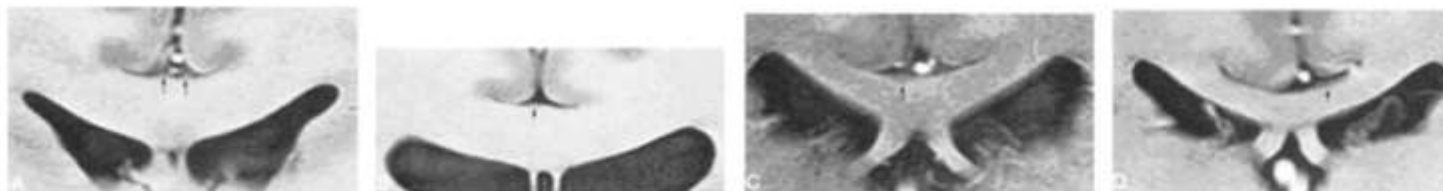
# Suprakomissurální hippocampální formace - potkan



# Hippocampální formace potkana (a) a člověka (b)



# Suprakomissurální hippocampus člověk



1) Stria longitudinalis medialis ; 2) Stria longitudinalis lateralis  
a 3) indusium griseum. (Reprinted from: Nieuwenhuys R, Voogd J, van Huijzen C.  
*The Human Central Nervous System*. Berlin: Springer-Verlag 1988:300, with permission.)



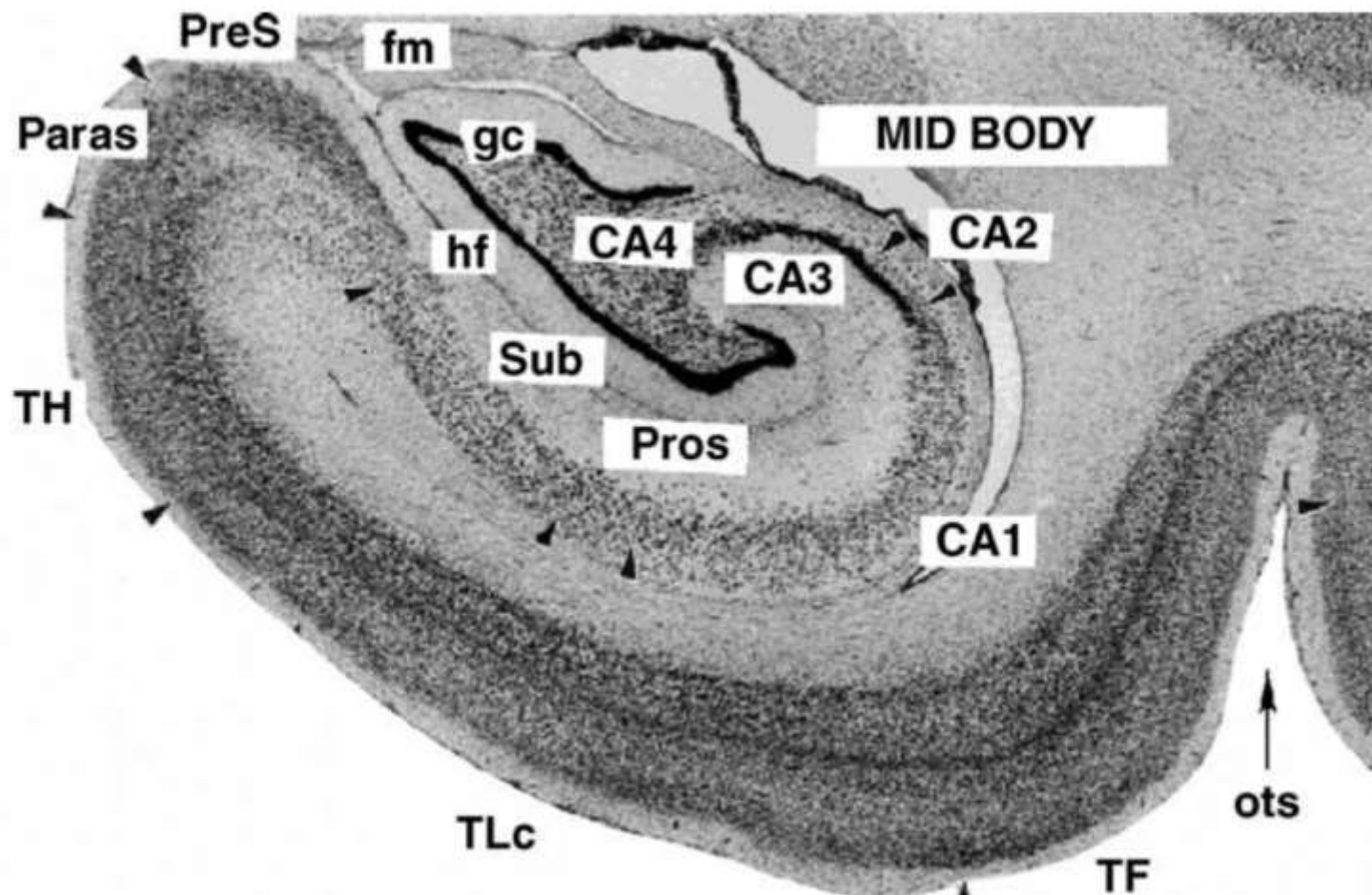
Representative MR images of the IG classical, symmetric two-strip (A), symmetric, but centrally fused (B), lateralized, single-strip (C), and thin-layer (D) patterns.fig 2. The medial and lateral longitudinal striae of Lancisii.

# Části archikortexu a periarchikortexu na frontálním řezu mozem opice

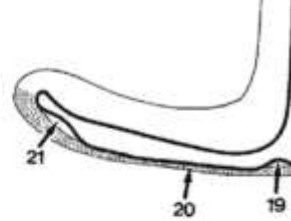
*E.T. Rolls / Behavioural Brain Research 174 (2006) 289–303*

Fig. 1. Thionin-stained coronal section through the monkey hippocampal formation (HF), including the adjacent parahippocampal gyrus. CA1–CA4: hippocampal subfields; fm: fimbria; gc: granule cells in the dentate gyrus; hf: hippocampal formation; ProS: prosubiculum; Sub: subiculum; PreS: presubiculum (PreS); ParaS: parasubiculum; TF, TH, TL: areas of the parahippocampal gyrus; ots: occipitotemporal sulcus. (After Blatt and Rosene [4].)

lation of

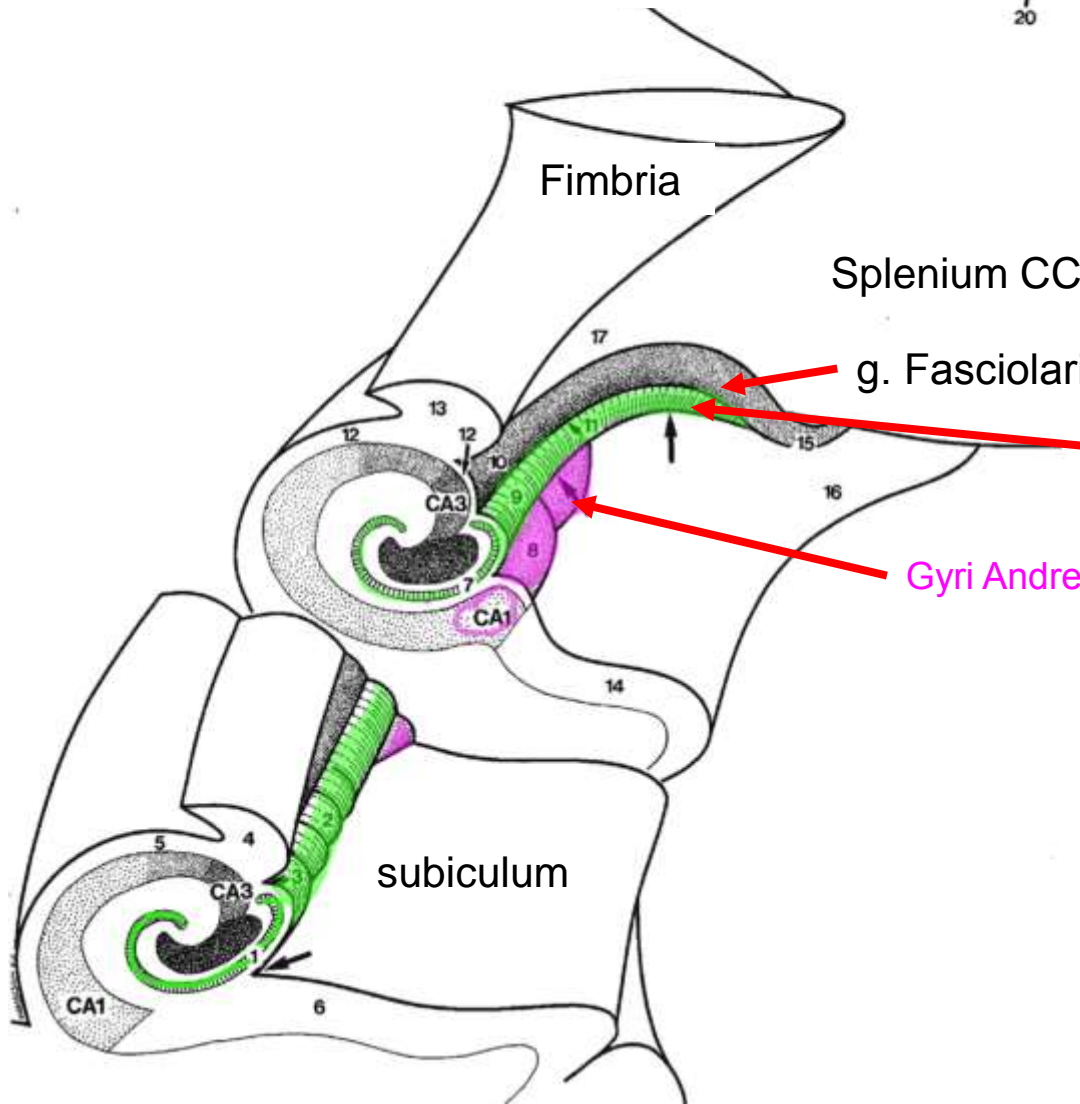


Schema hipokampální formace  
(zadní část – cauda hippocampi)  
pohled zepředu



suprakomisurální hippocampus

19 stria longitudinalis medialis  
20 indusium griseum,  
21 stria longitudinalis lateralis



g. Fasciolaris zadní část CA3

Fasciola cinerea zadní část g. dentatus

Gyri Andrease Retziuse (zadní část CA1)

postkomisurální hippocampus

1,7 gyrus dentatus,  
4, 13 fimbria,  
5, 12 alveus,  
6, 14 subiculum.  
8 gyri Andrease Retziuse (CA1)  
9 fasciola cinerea = prodloužení margo denticulatus,  
10 gyrus fasciolaris (CA3) =hippocampus  
inversus,  
11 sulcus dentatofasciolaris,

# Frontální řez mozkiem přes splenium CC



1 corpus callosum, 2 splenium, 3 crus of fornix, 4 subcallosal trigone, 5 gyrus fasciolaris, 6 fasciola cinerea, 7 the subsplenic gyrus, an extension of the gyrus fasciolaris, 8 isthmus, 9 parahippocampal gyrus

## Pohled z ventrální strany na limbické struktury

1-corpora callosa

2- **commissura fornicis**

3-epiphysis

4-colliculus superior

5-colliculus inferior

6-frenulum veli medullaris sup

7-velum medullare sup

8-IV.n

9-crura cerebri

10- pulvinar thalami

11- locus coeruleus

12- tegmentum pontis

13-pars basilaris pontis

14-tractus opticus

15-uncus

16-g. parahippocampalis

17-sulcus collateralis

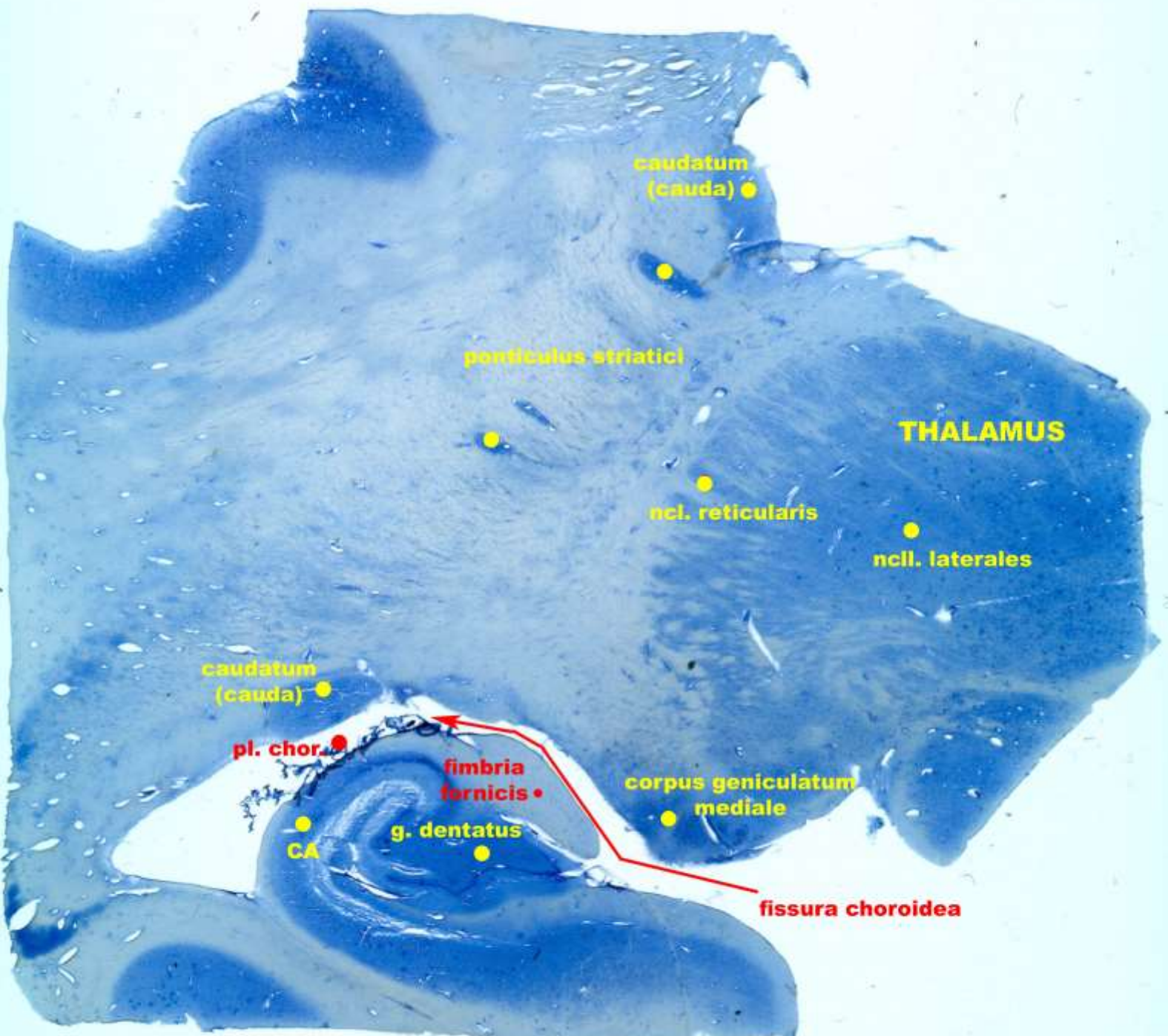
18 –**supracommissurální**

**hippocampus**

19- trigonum olfactorium

= area perforata anterior





caudatum  
(cauda) ●

ponticulus striatici ●

**THALAMUS**

ncl. reticularis ●

ncll. laterales ●

caudatum  
(cauda) ●

pl. chor. ●

fimbria  
fornix ●

corpus geniculatum  
mediale ●

g. dentatus ●

CA ●

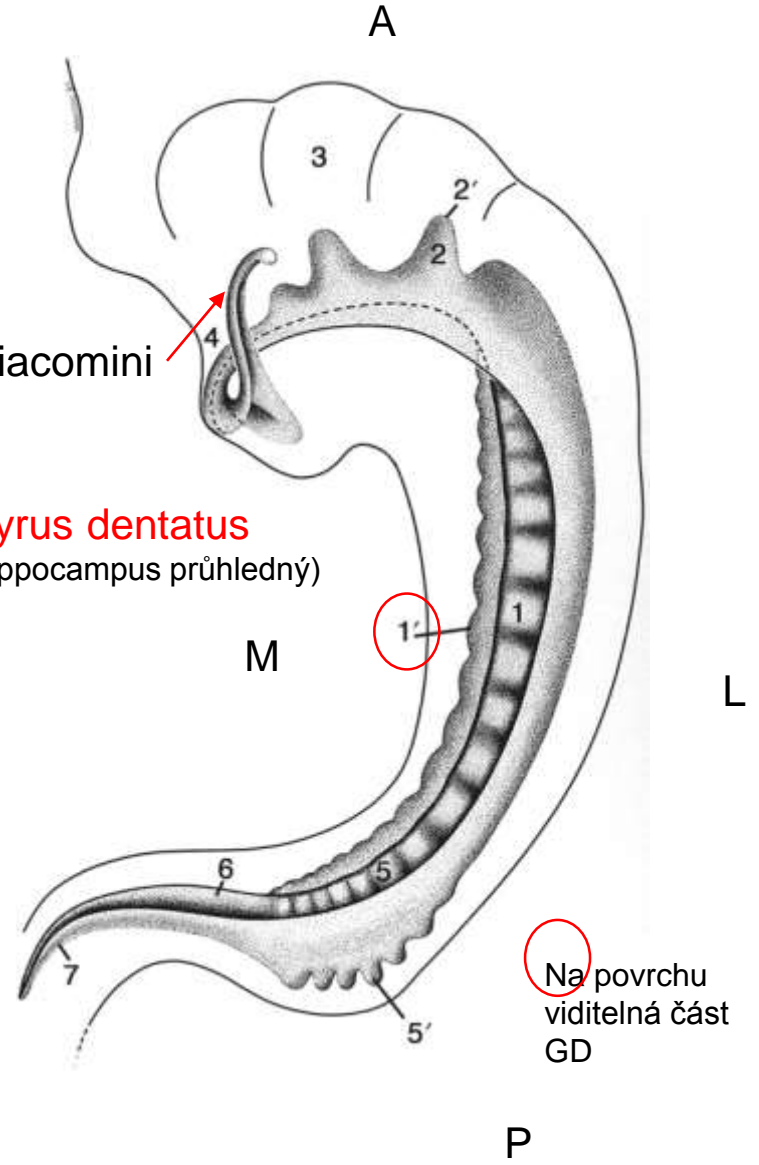
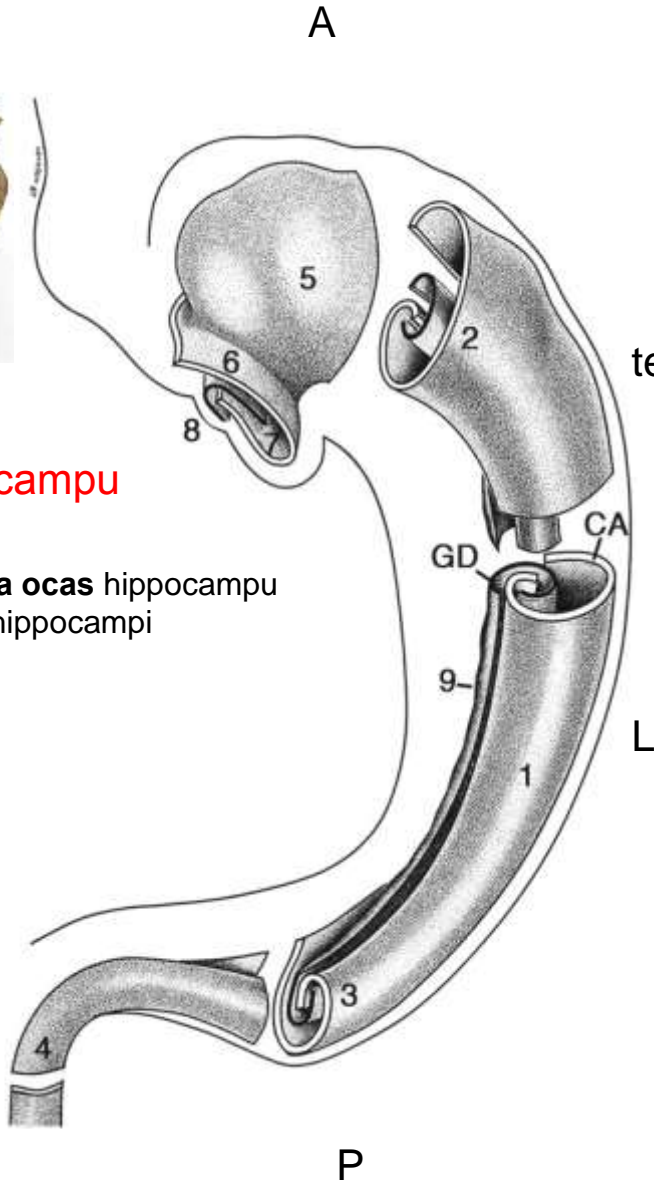
fissura choroidea





### Části hippocampu

1-4- hlava, tělo a ocas hippocampu  
 5,6-digitationes hippocampi

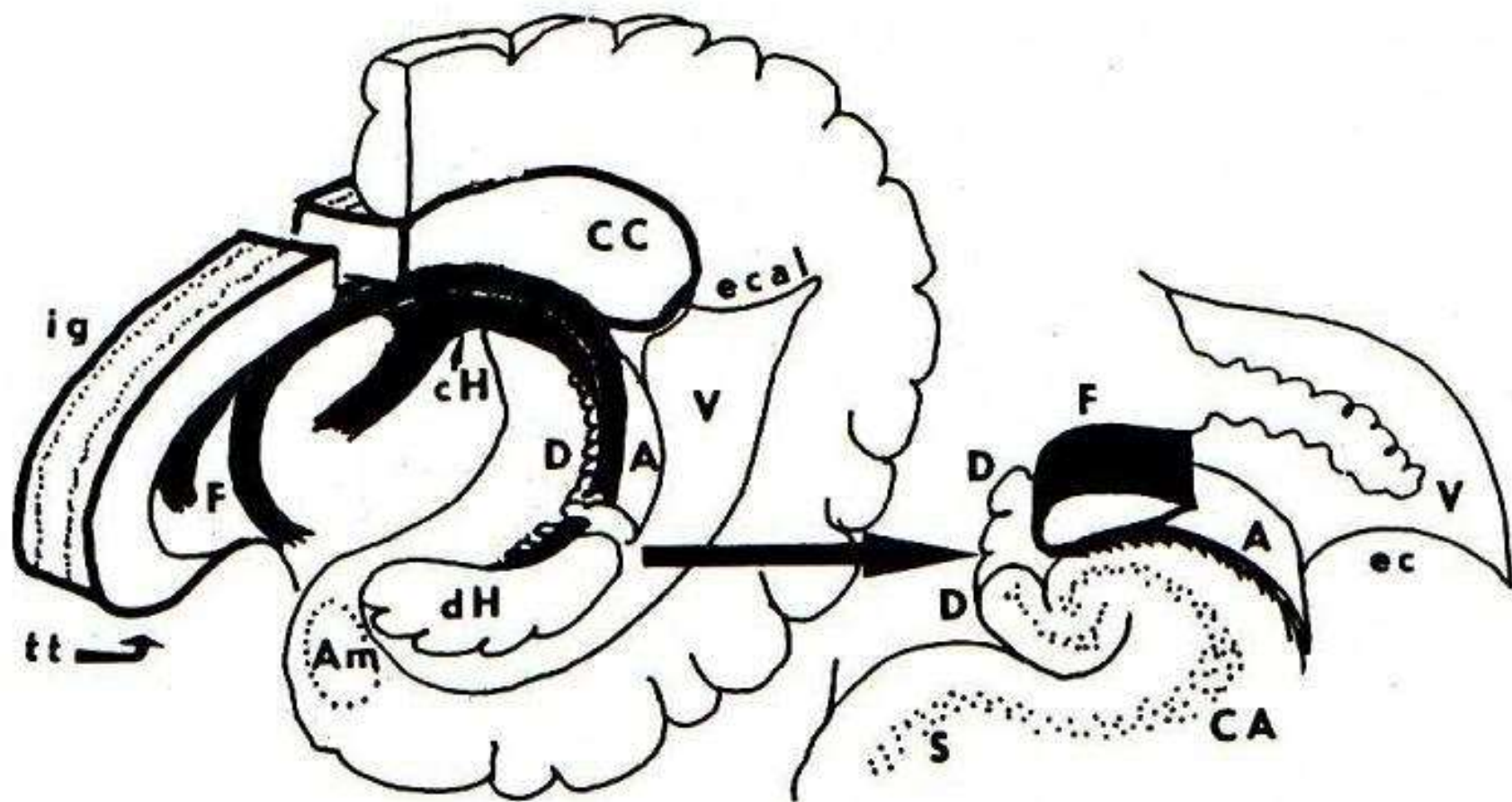


tenia Giacomini

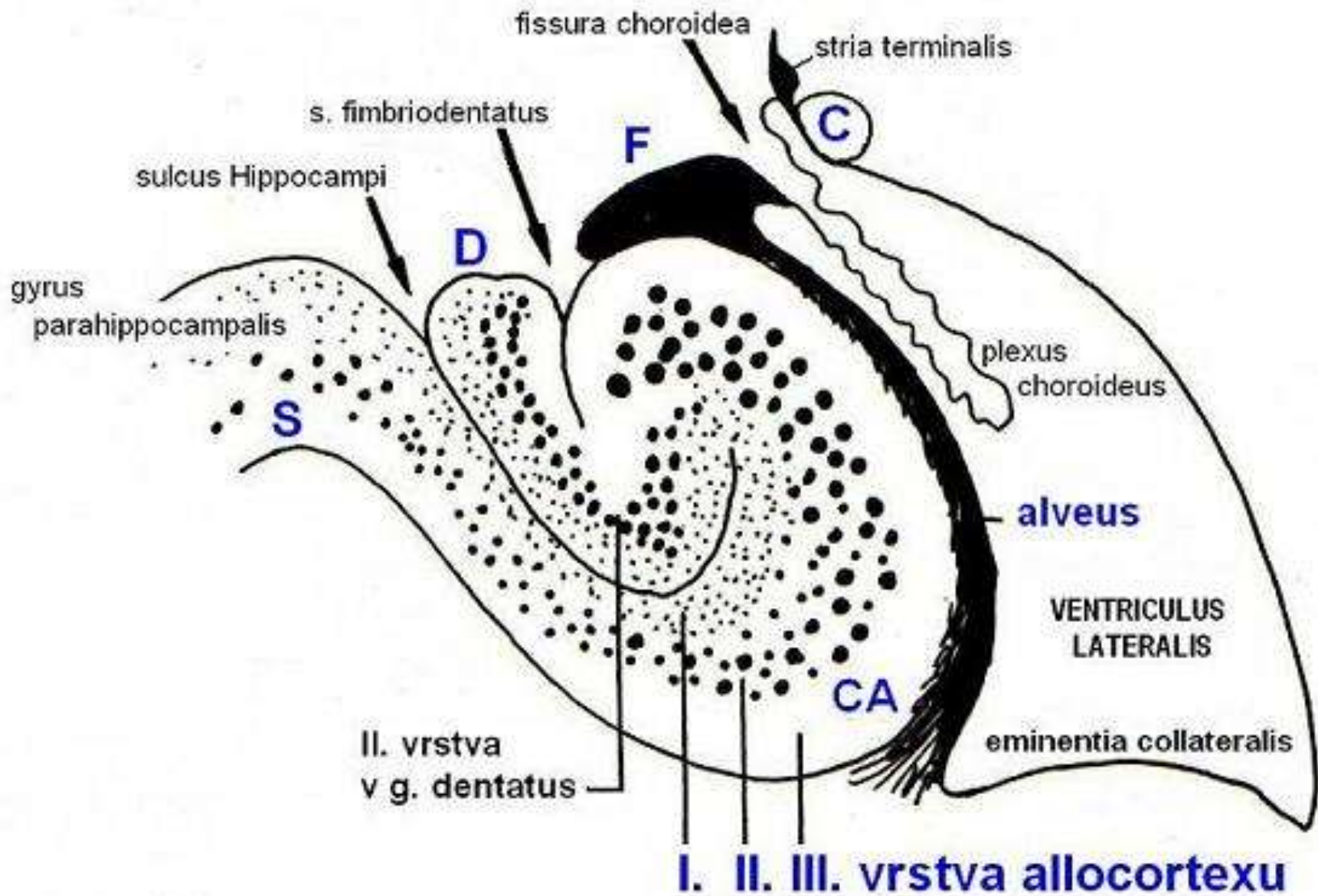
Gyrus dentatus  
 (hippocampus průhledný)

Na povrchu  
 viditelná část  
 GD

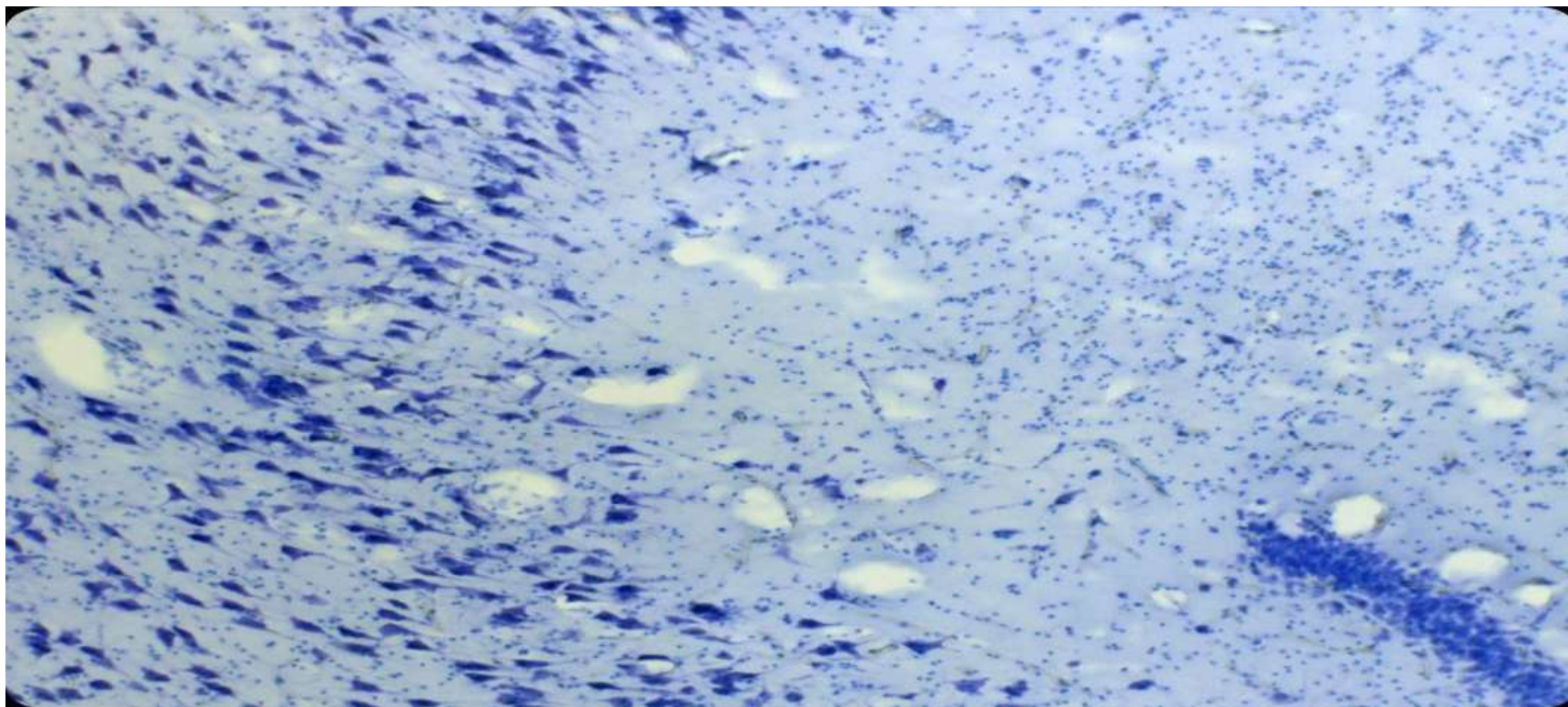
4- tenia Giacomini



Obr 42.: Pohled na vypreparovaný hippocampus a jeho výřez.  
 Vysvětlivky u obr. 43.

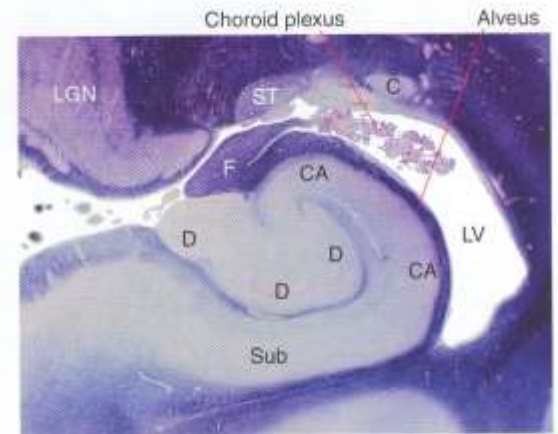
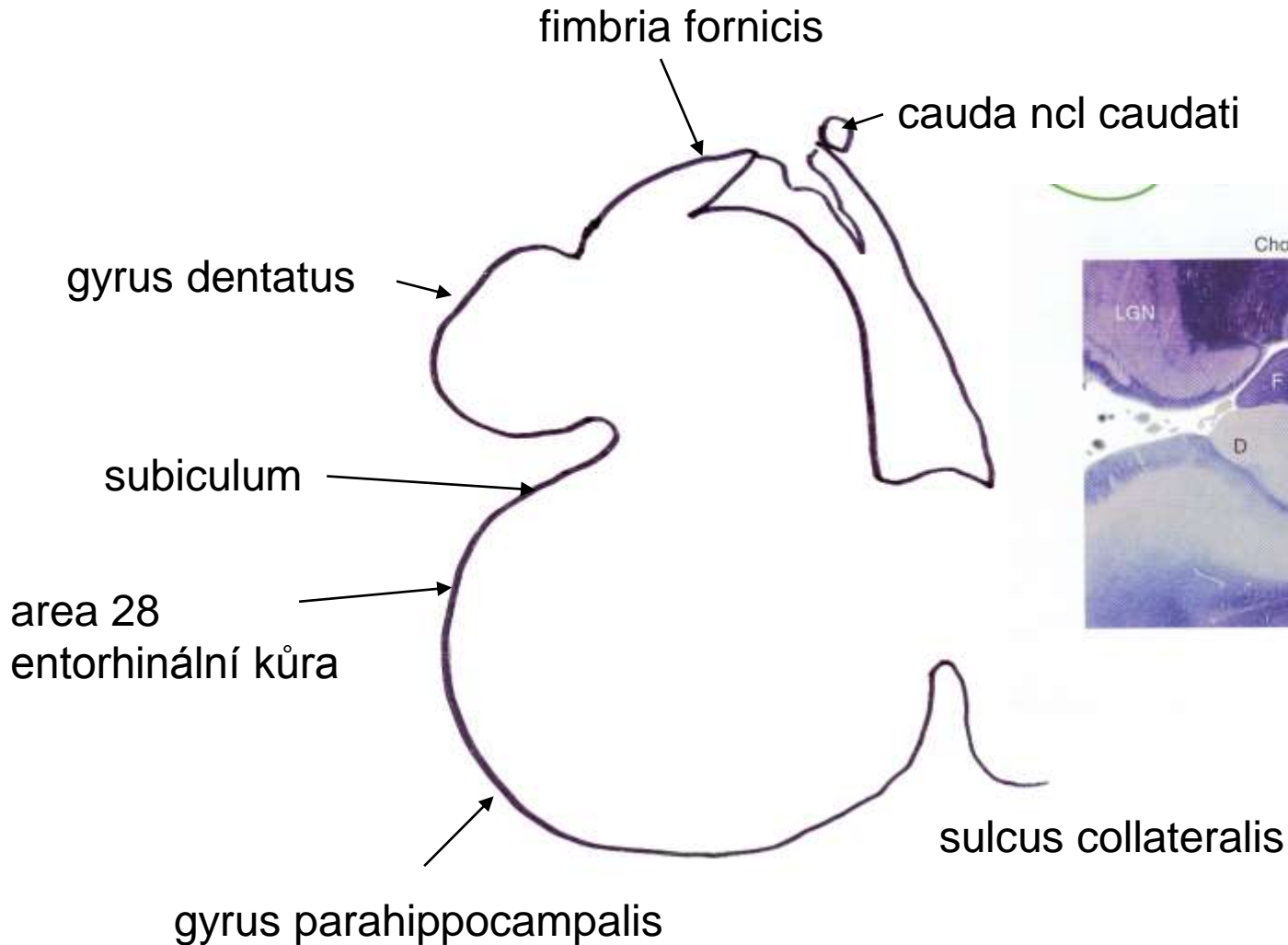


CA a subiculum - pyramidové bb.



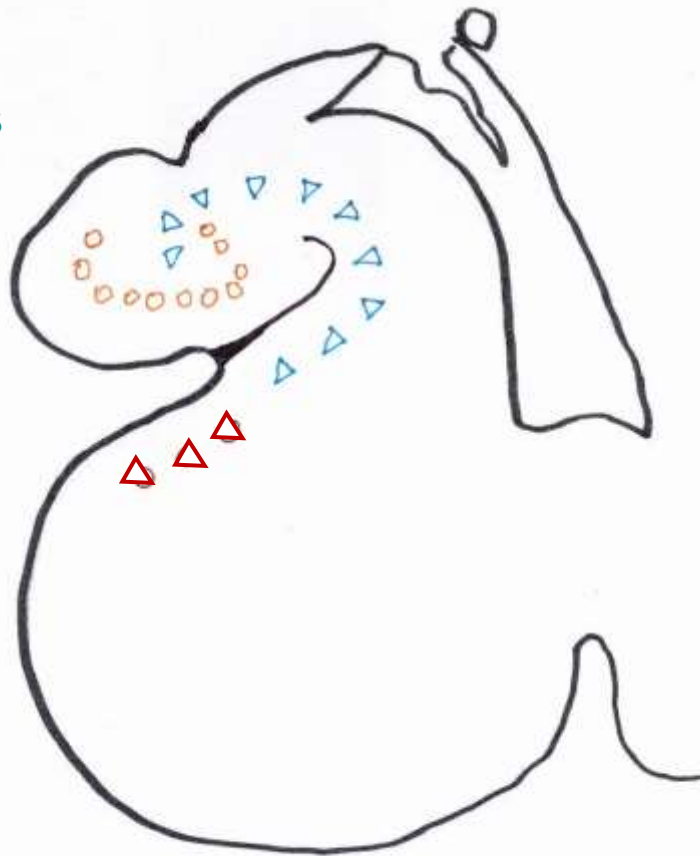
g. dentatus –  
granulární bb.

# Frontální řez hippocampem



# Archicortex - hippocampální formace

- 3 části
  - gyrus dentatus
  - cornu Ammonis
  - subiculum

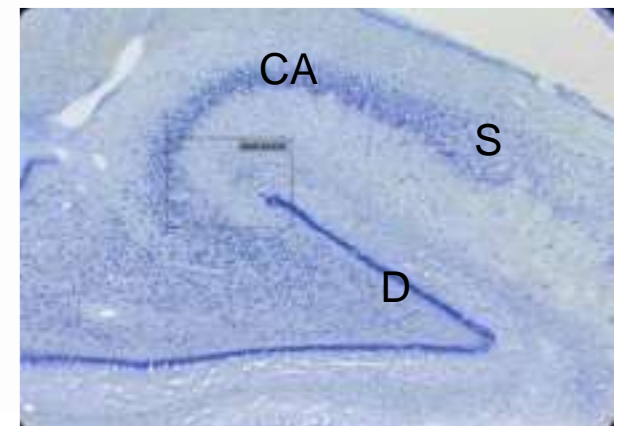


## 3 vrstvy

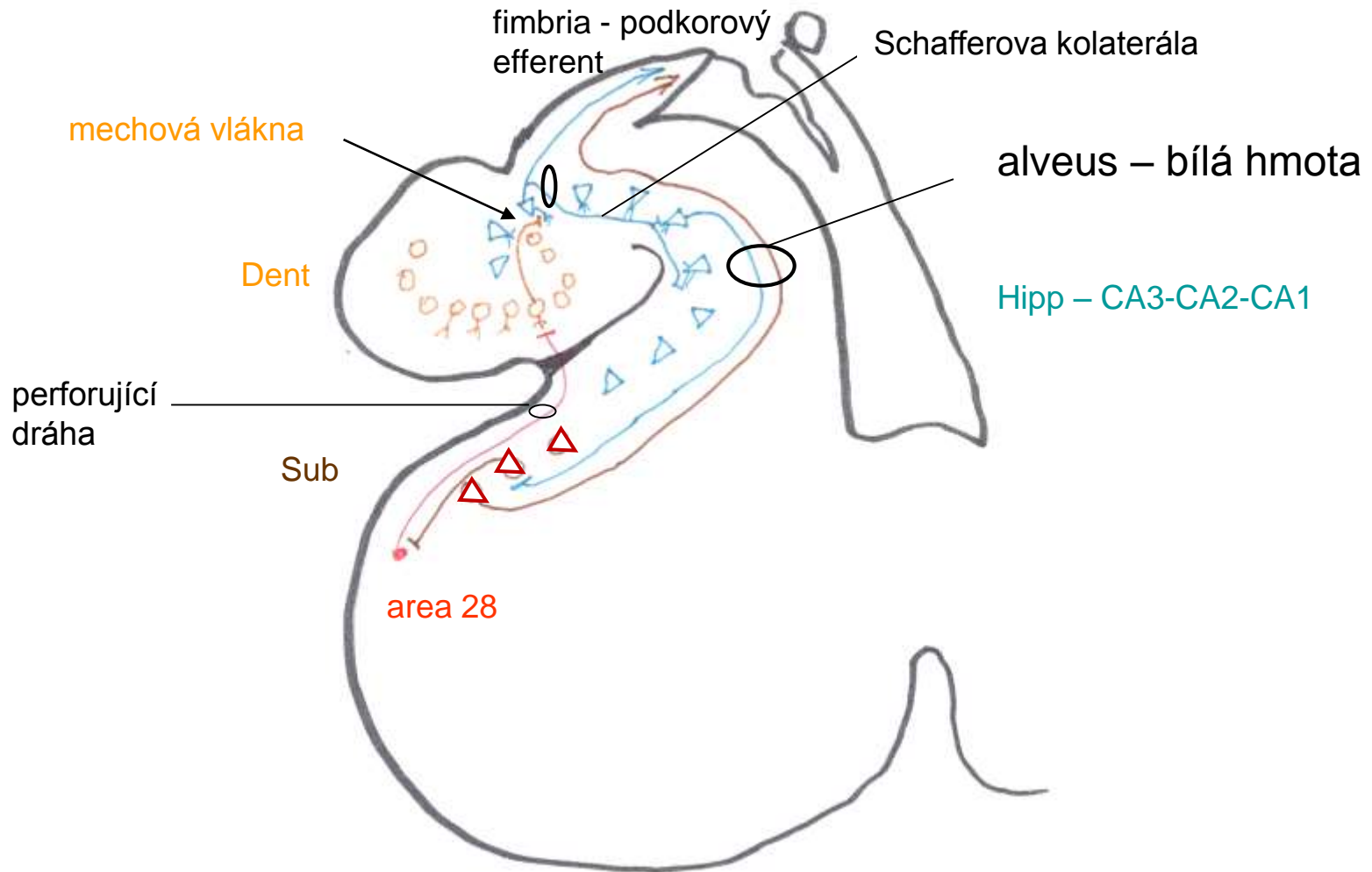
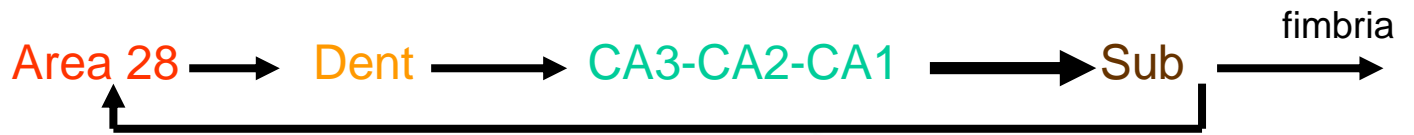
stratum  
moleculare

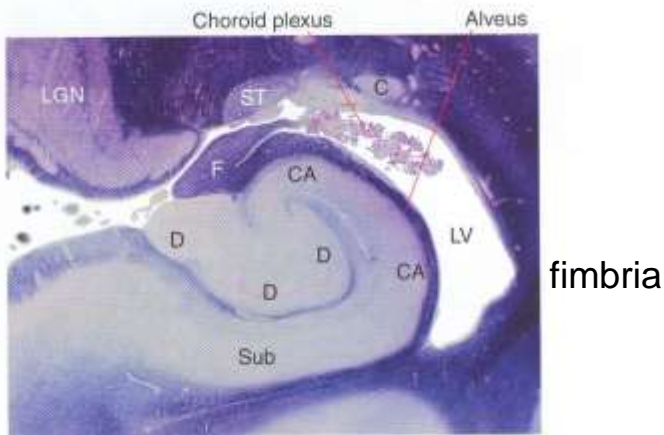
stratum  
pyramidale

stratum  
polymorfofum

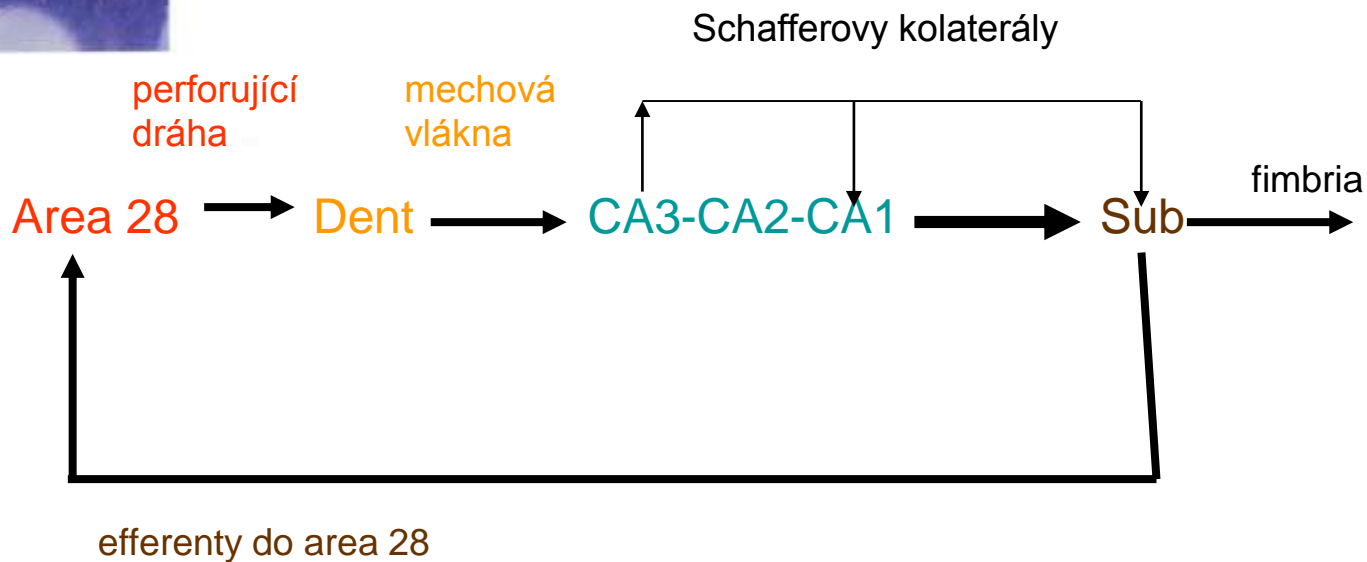


# Andersenův okruh – vnitřní hippokampální





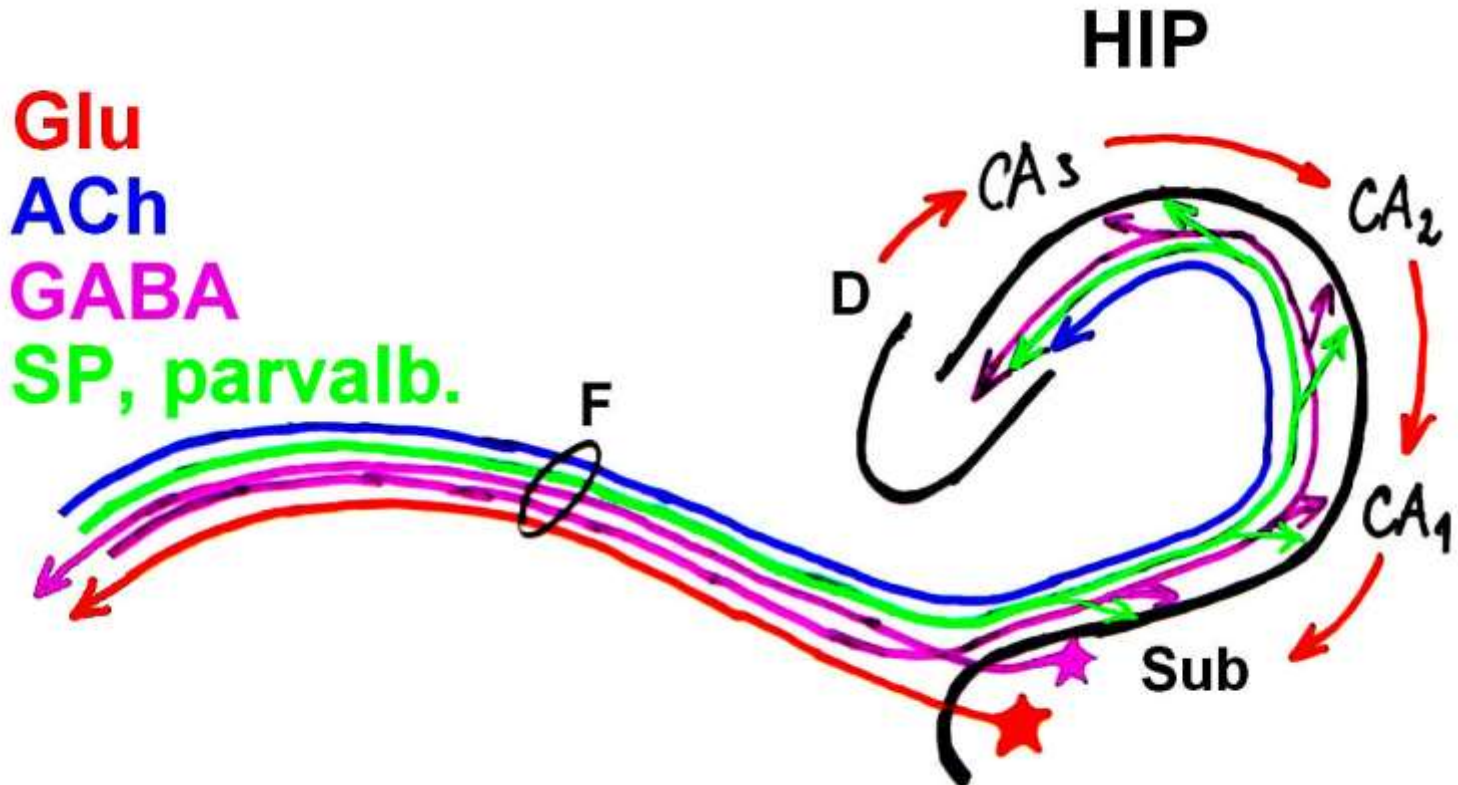
## Andersenův okruh – vnitřní hippocampální



Všechny spoje  
excitační - glutamát



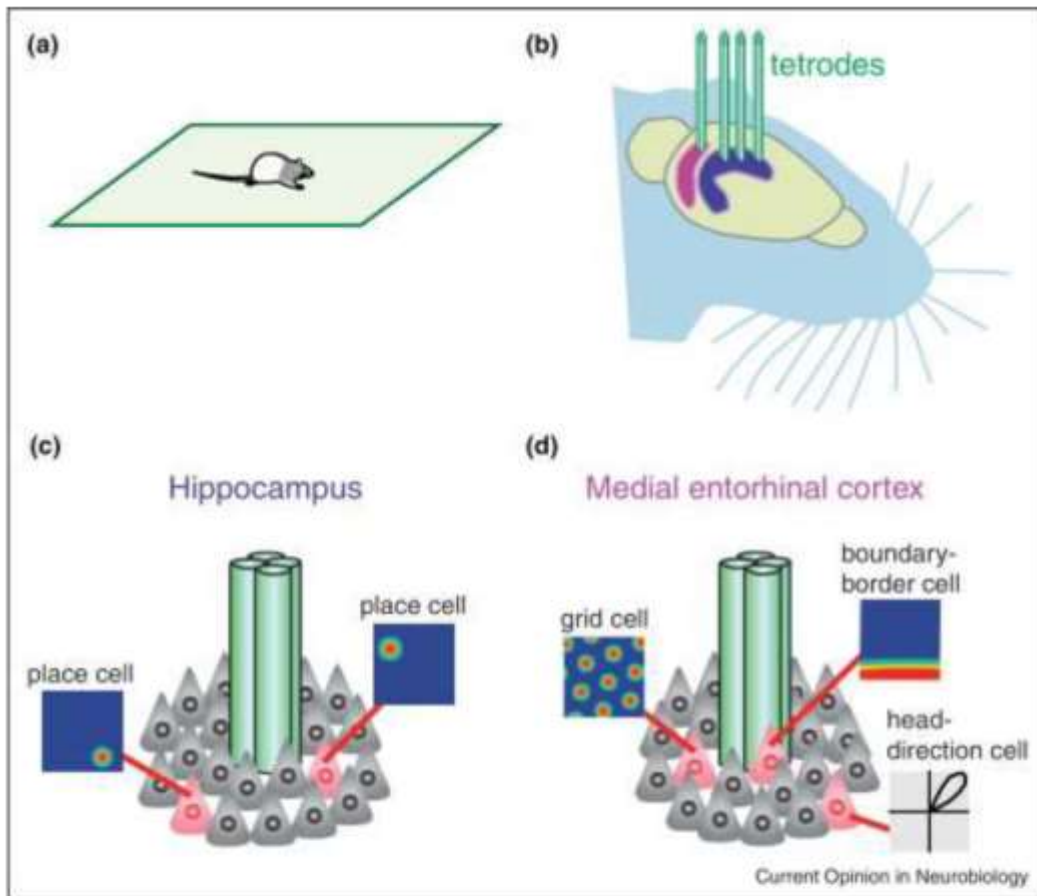
# Neurotransmitters ve vláknech fornixu



Fornix podkorový eferent hipp formace běží v něm i aferentní vlákna ze septa (ACh)

# Význam hippocampu a entorhinální kůry pro prostorovou orientaci

- **Poziční (místové) neurony (place cells)** hippocampu – mapy prostředí- John O'Keef
- **Neurony prostorové mřížky (grid cells) area 28** – síť souřadnic - Moserová Moser
- **Neurony směru hlavy** (head position cells) area 28
- **Hraniční neurony** (boundary cells) area 28 subiculum, pre- and parasubiculum reagují na přítomnost překážky v prostředí



## Spatial and memory circuits in the medial entorhinal cortex

- [Takuya Sasaki<sup>1</sup>](#),
- [Stefan Leutgeb<sup>1, 2</sup>](#),
- [Jill K Leutgeb](#)

**(a)** While rats explore an environment the activity patterns of populations of neurons can be monitored using large-scale recording techniques. **(b)** Recording arrays with multiple independently moveable electrode bundles that each consist of four electrodes (*i.e.*, tetrodes) allow for the sampling of large brain regions within the rodent brain. Here, the medial entorhinal cortex (MEC) is shown in purple and the hippocampus in blue. **(c)** and **(d)** The four electrodes that comprise a tetraode can record the action potentials of dozens of neurons located in close proximity to the electrode tip. This method, used in awake-behaving rats, has revealed distinct functional cell types in MEC and in hippocampus and has been critical for determining network computations by simultaneously monitoring the activity patterns of a large number of neurons. (c) Hippocampal principal neurons are spatially tuned and fire action potentials at distinct locations in an environment that an animal actively explores (see (a)). Firing rate maps are shown for two active place cells (highlighted in pink). For rate maps, peak rates are indicated in red, zero firing in blue. (d) Grid cells, border cells, and head-direction cells comprise a large fraction of the cells in MEC.

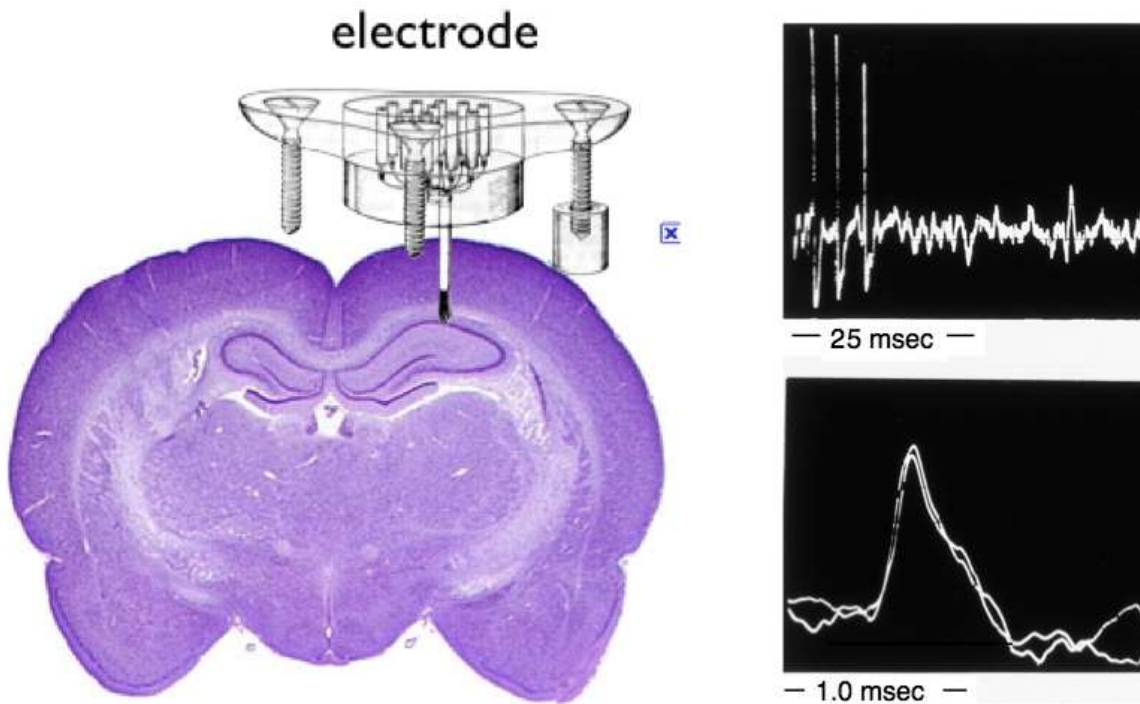
- 1) Objev "**Place-cells**" John O'Keefe, 1971  
Buňky hippocampu reagující na místo v prostoru
- 2) Objev „**grid cells**“ Edward and May-Britt Moser, 2005  
Buňky v mediální entorhinální kůře k měření vzdálenosti a směru (užívané k hrubému odhadu polohy)



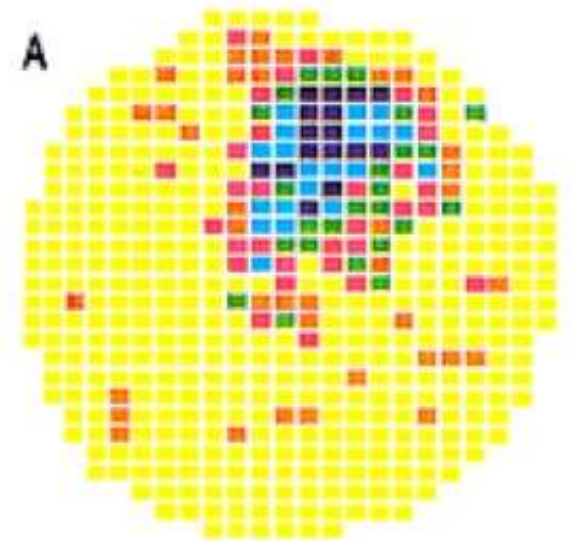
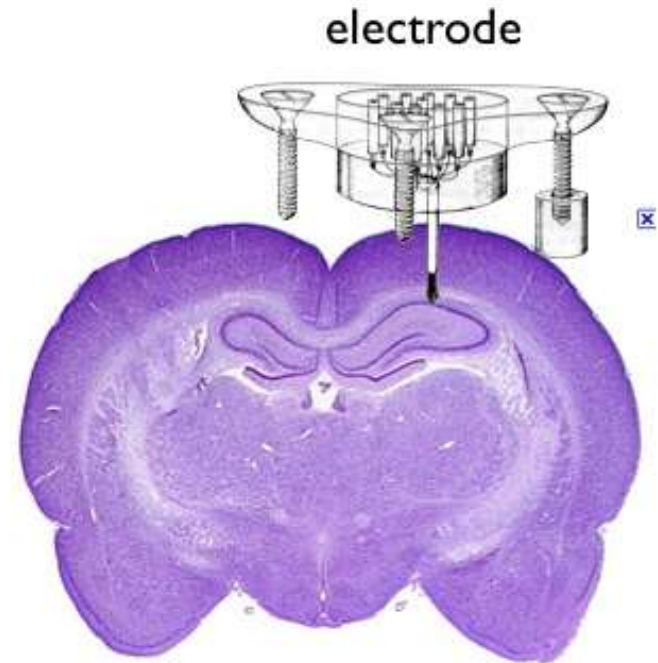
O'Keefe + Nadel

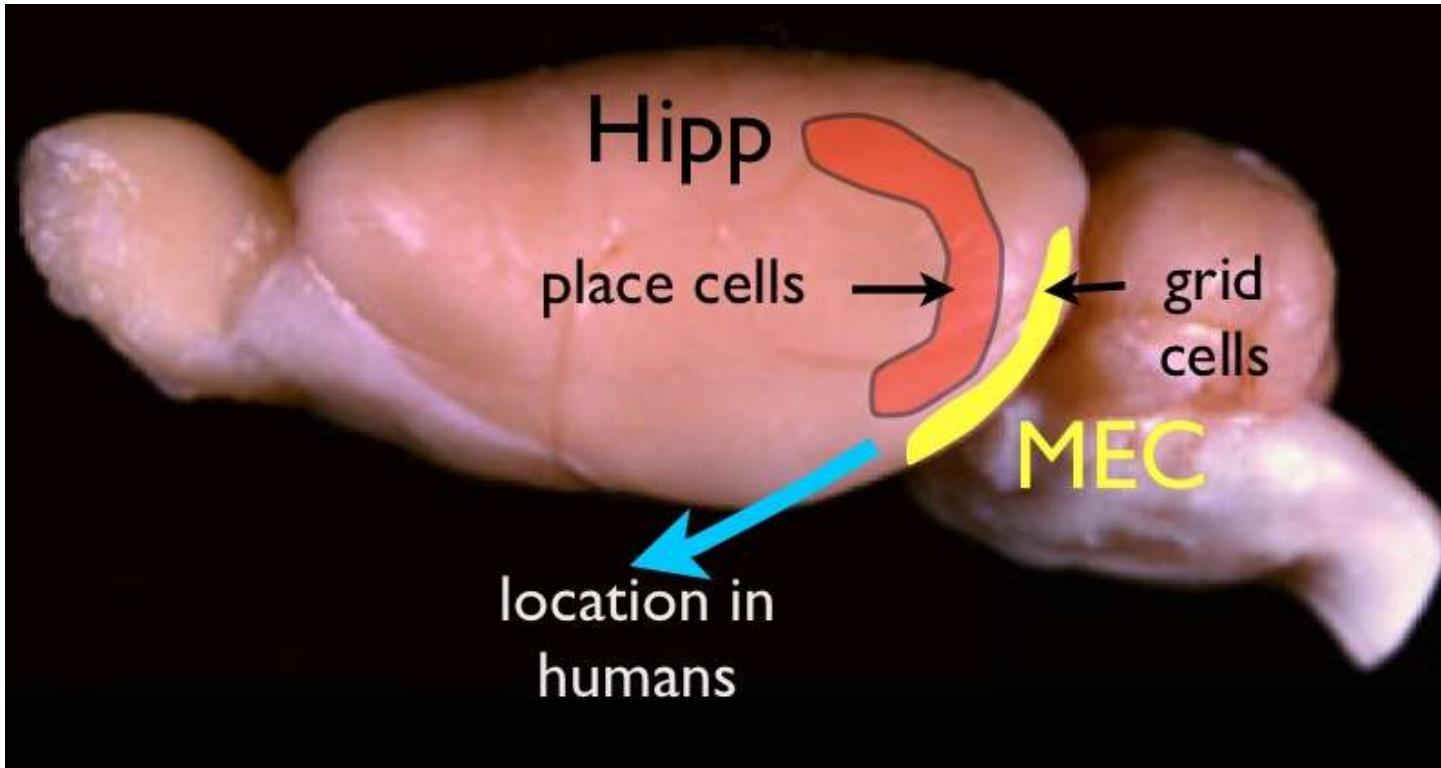


Edward and May-Britt Moser

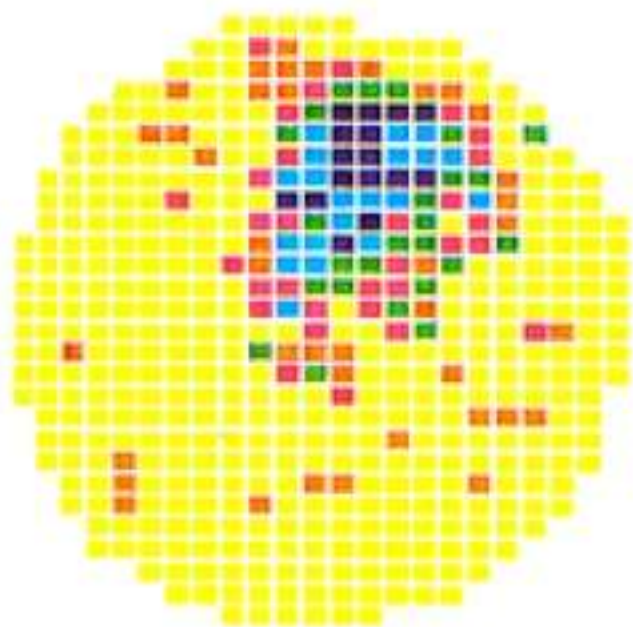


# Place Cell Recording

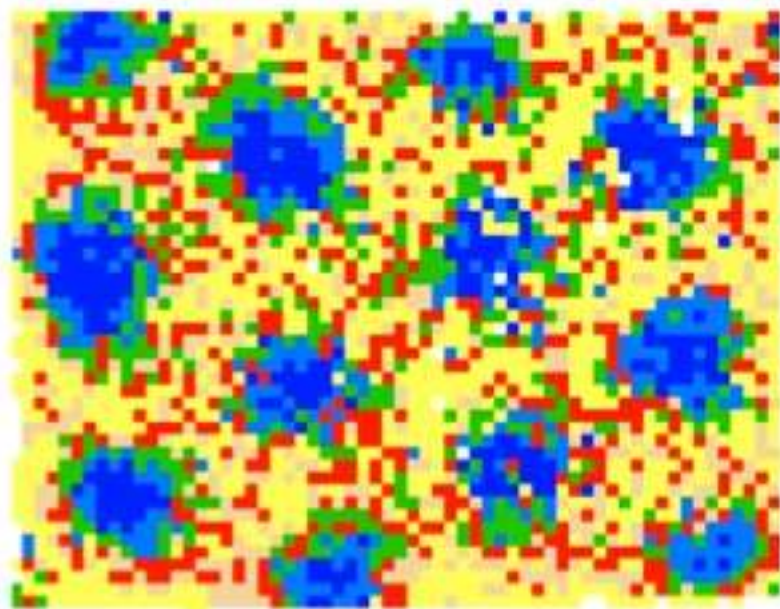




Thelma

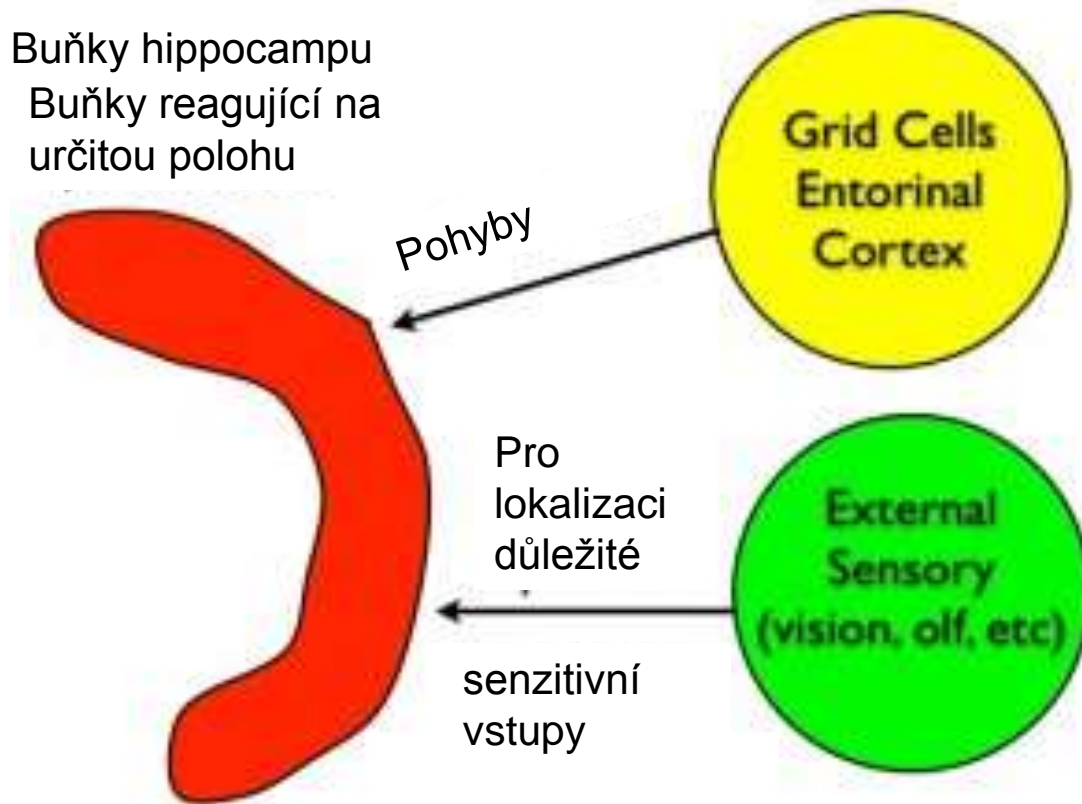


place cell



grid cell

Hippocampus („PLACE CELLS“ ) – navigátor. sbírá informace:  
z „grid cells“ ENTO (AREA 28) – mřížka – hrubý odhad polohy  
a ze senzitivních vstupů zrak, čich, sluch apod.  
TVORBA COGNITIVNÍ MAPY





# Lidé mají také „grid buňky“

Neurochirurgičtí pacienti - dobrovolníci s implantovanou elektrodou v hippocampu před operací

Při hraní na laptopu fungovala virtuální realita a při procházení „vesničkou“ se vytvořila při snímání z buněky entorhinální kůry „mřížka“

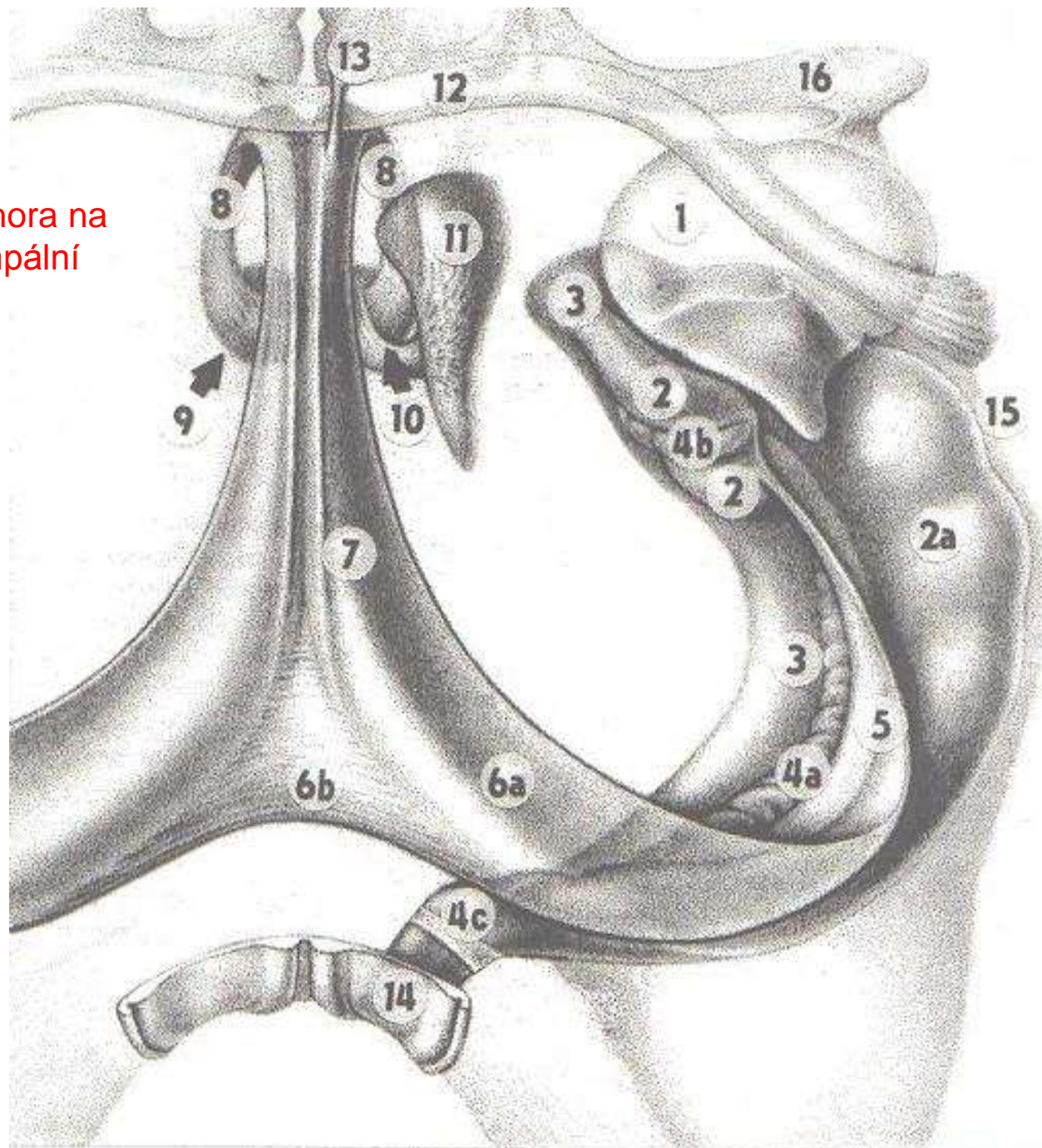
Michael Kahana of Penn, and Itzhak Fried of UCLA

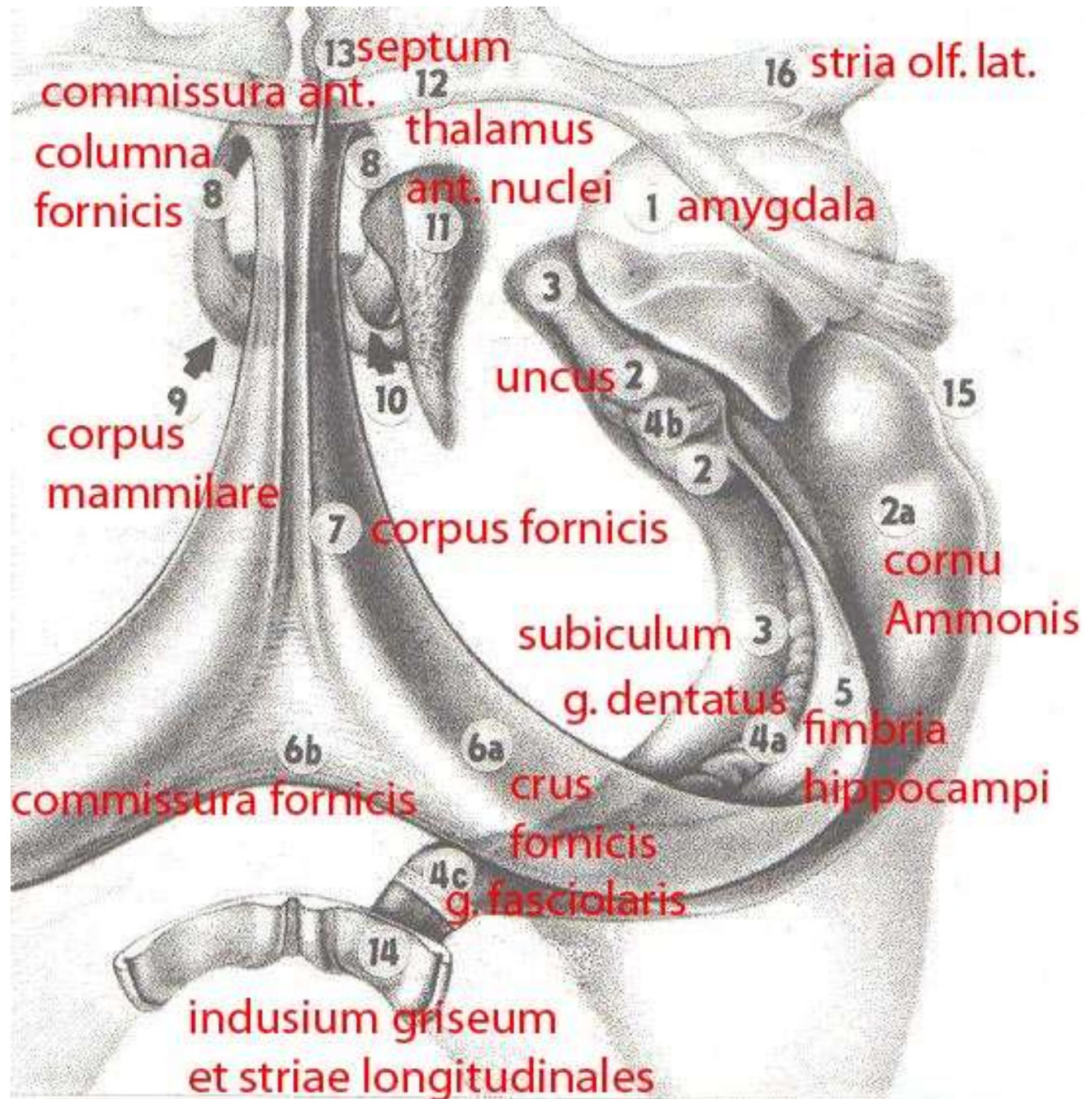


V entorhinální kůře „**path cells**“ – pálí při pohybu po nebo proti směru hodinových ručiček  
a **grid cells**  
V hippocampu – „**place cells**“

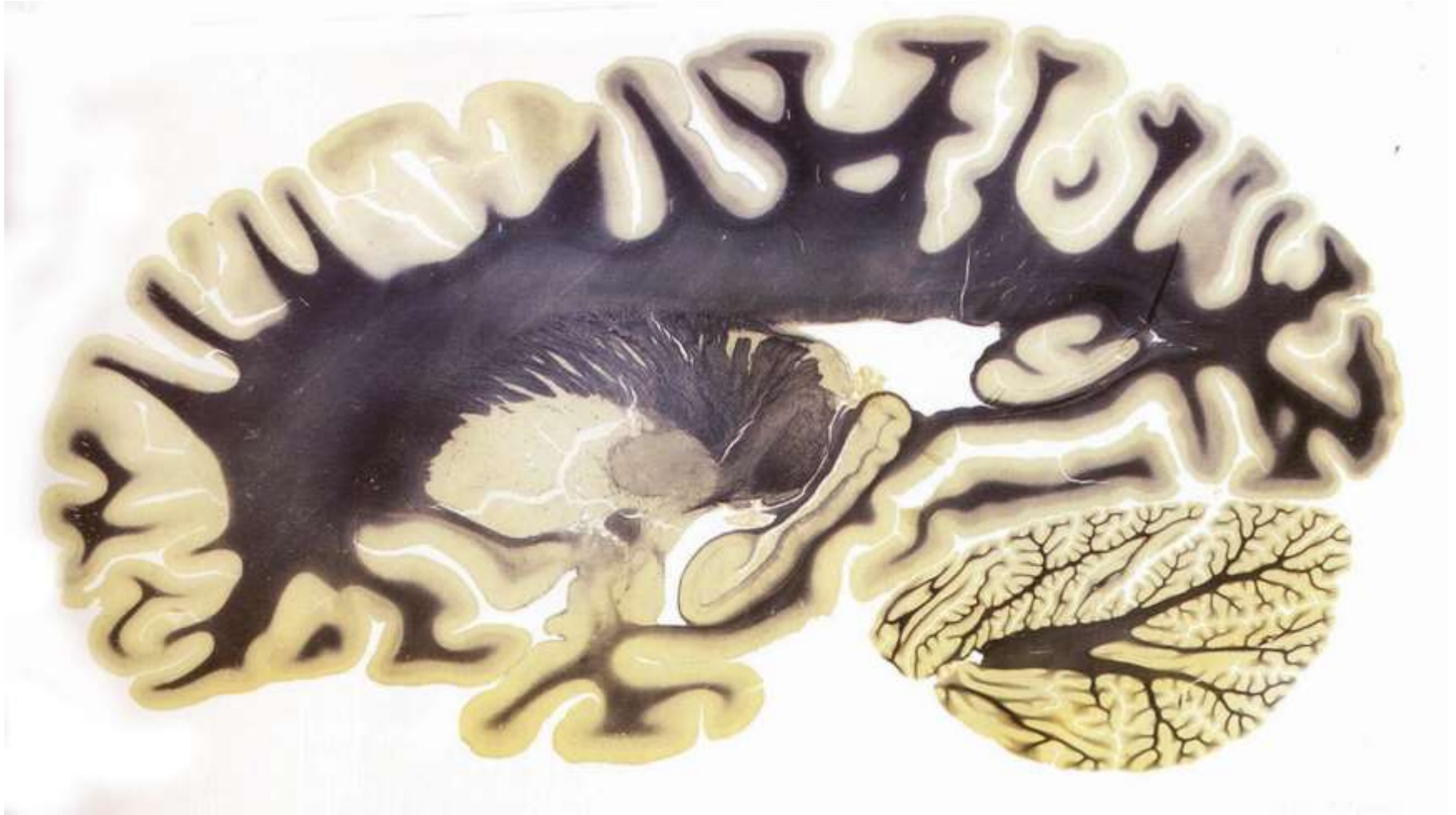
<http://www.foxnews.com/science/2013/08/05/grid-cells-help-humans-navigate/#>

Pohled shora na  
hippokampální  
formaci

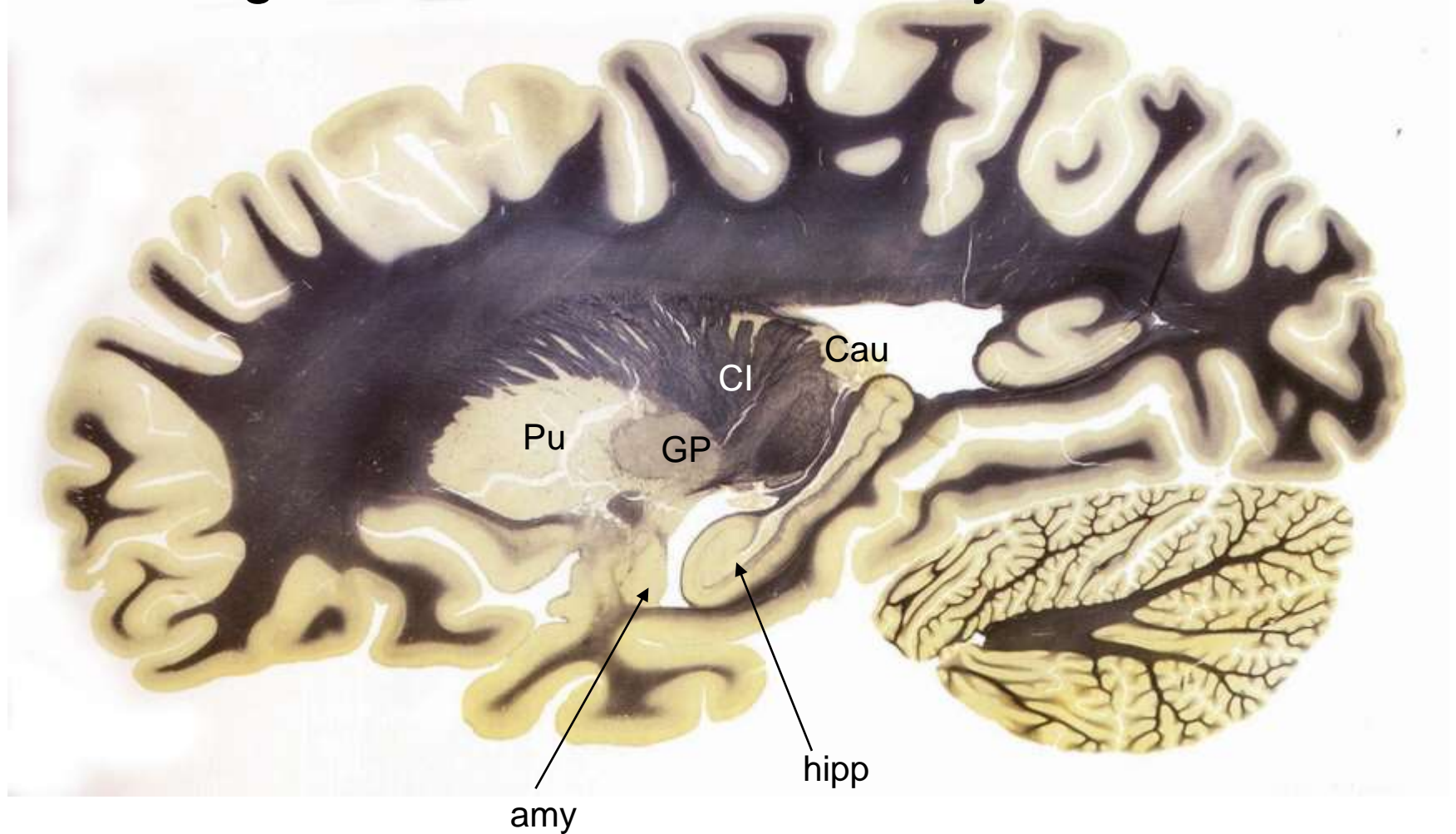


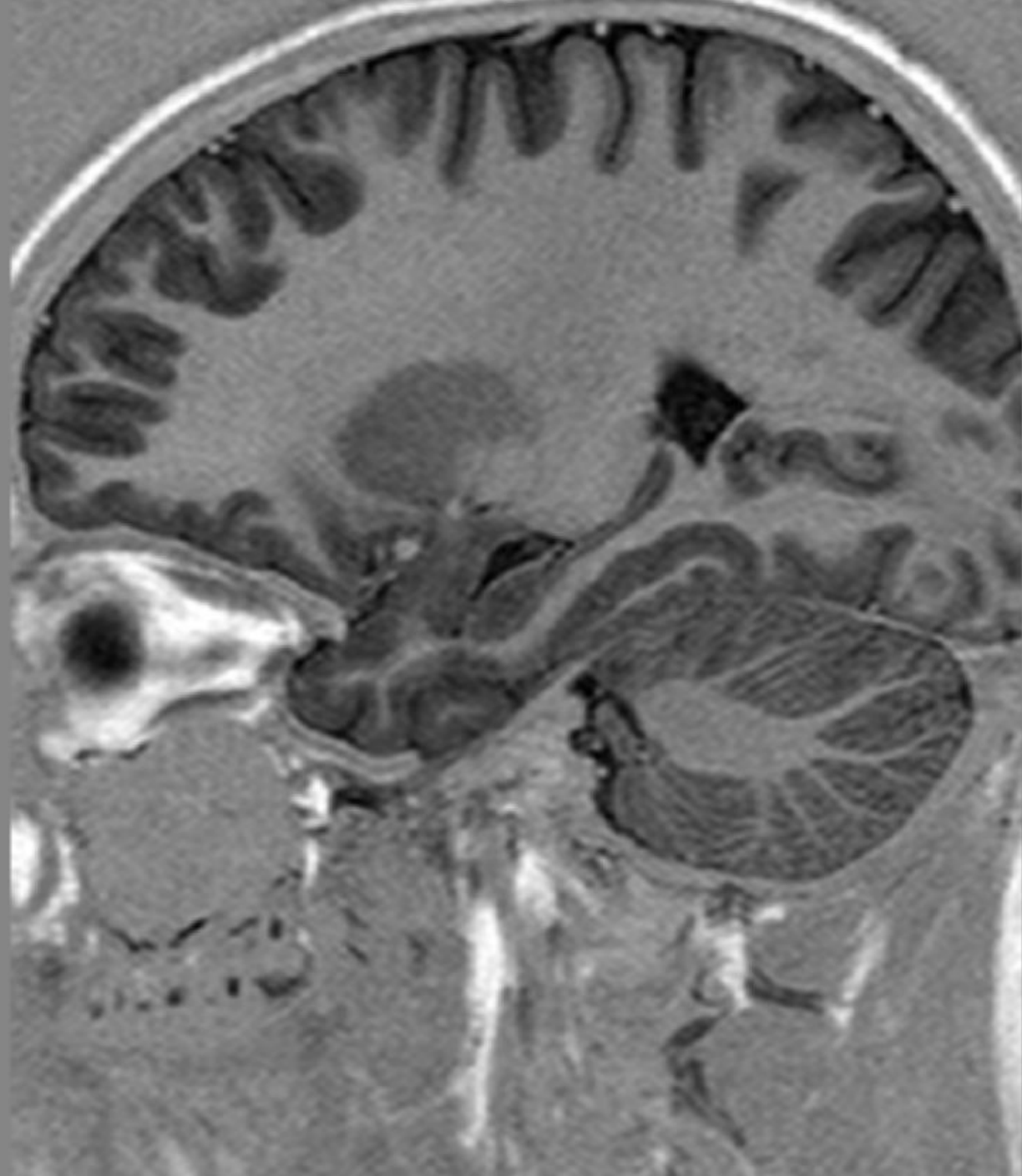


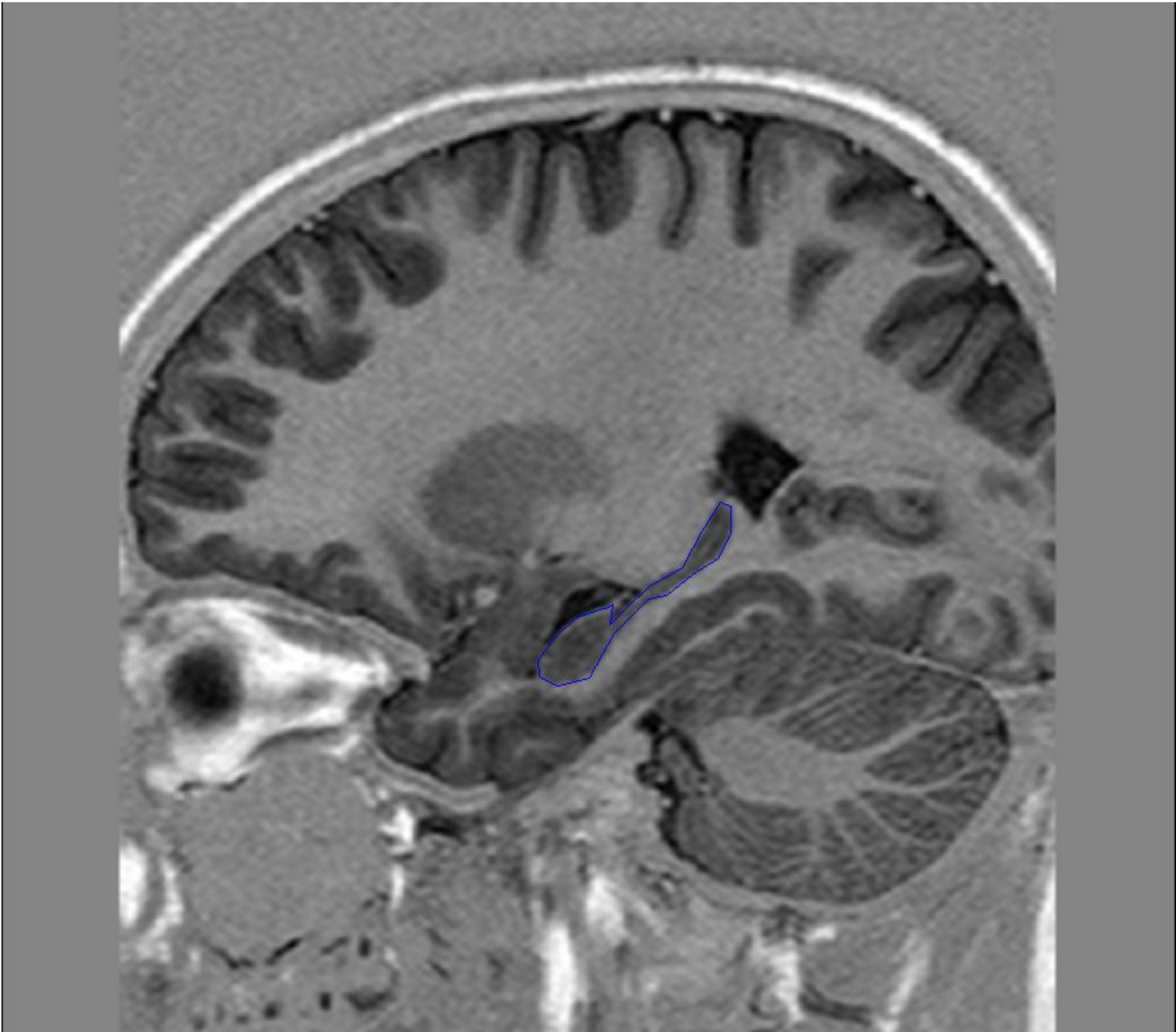
???



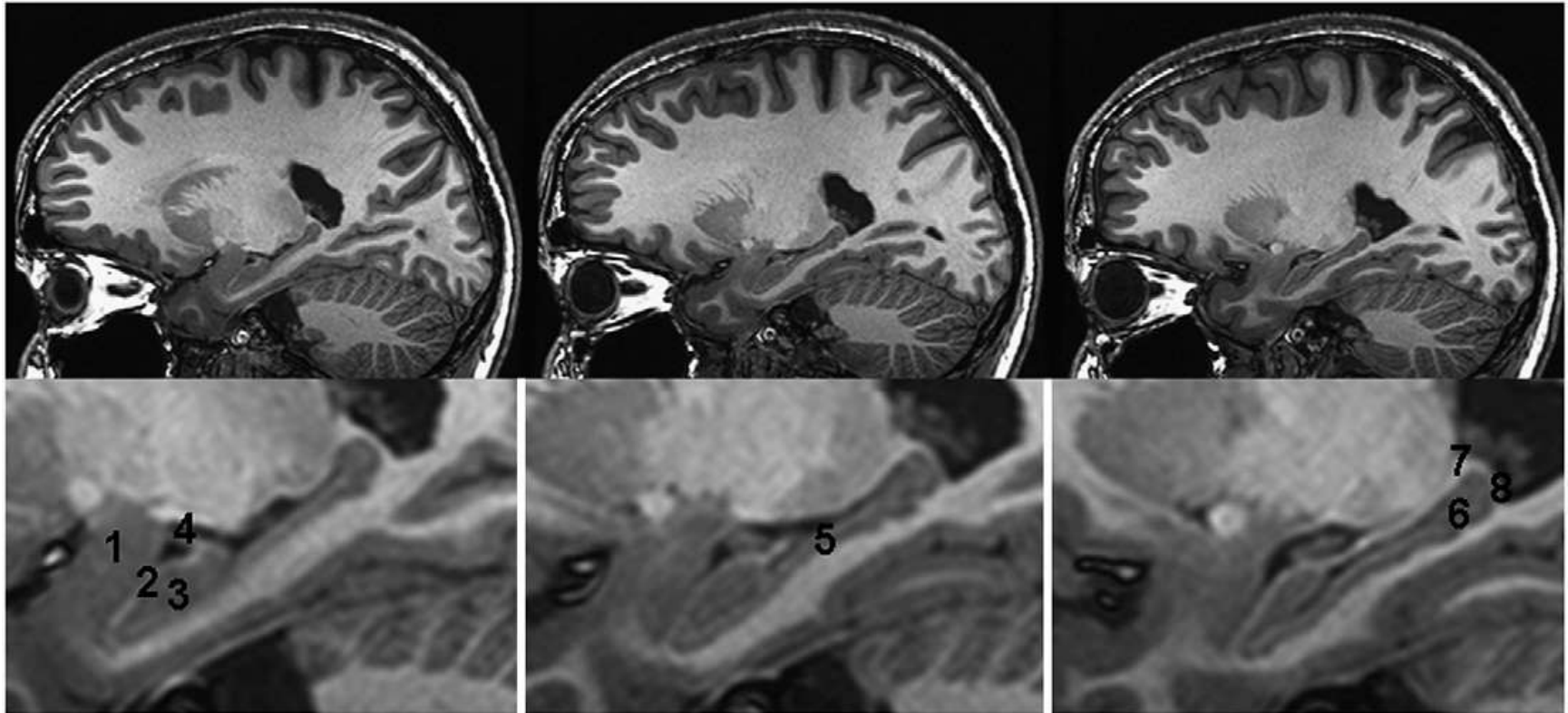
# Sagitální řez mozkiem barvený na vlákna







Hipp

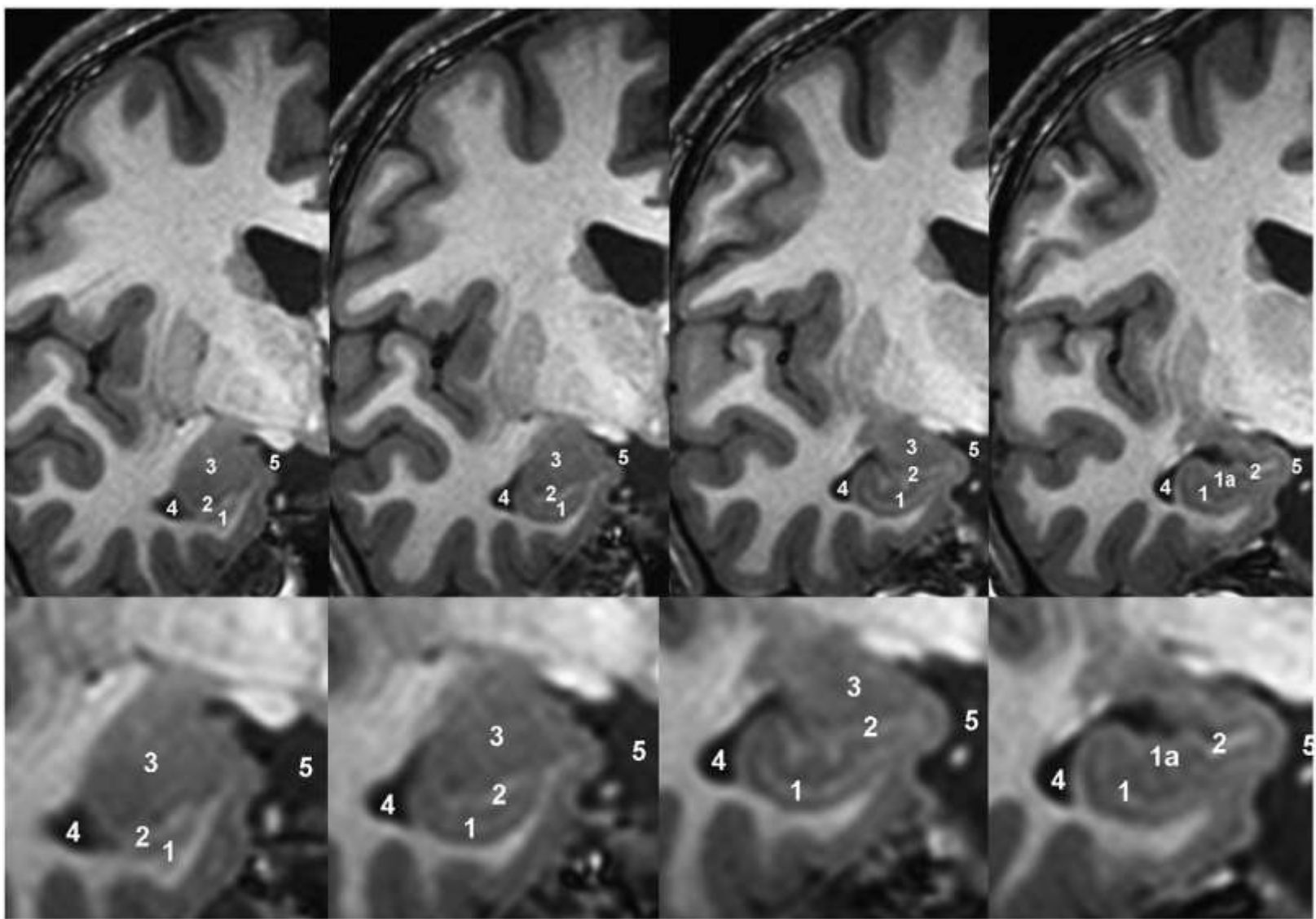


1=amygdala, 2=alveus, 3=hippocampal head, 4=temporal horn of the lateral ventricle and fimbria, 5=hippocampal body, 6=hippocampal tail, 7=fimbria, 8=alveus. The images displays the average image of three MR images of a young healthy male acquired using a  $0.5 \times 0.5 \times 0.5 \text{mm}^3$  resolution after zero filling at 3 T field strength (Gyrosan Intera 3.0 T, Philips, Best, NL). Raw images are a courtesy of Dr. H. Schiffbauer.

**Defining the human hippocampus in cerebral magnetic resonance images—An overview of current segmentation protocols**

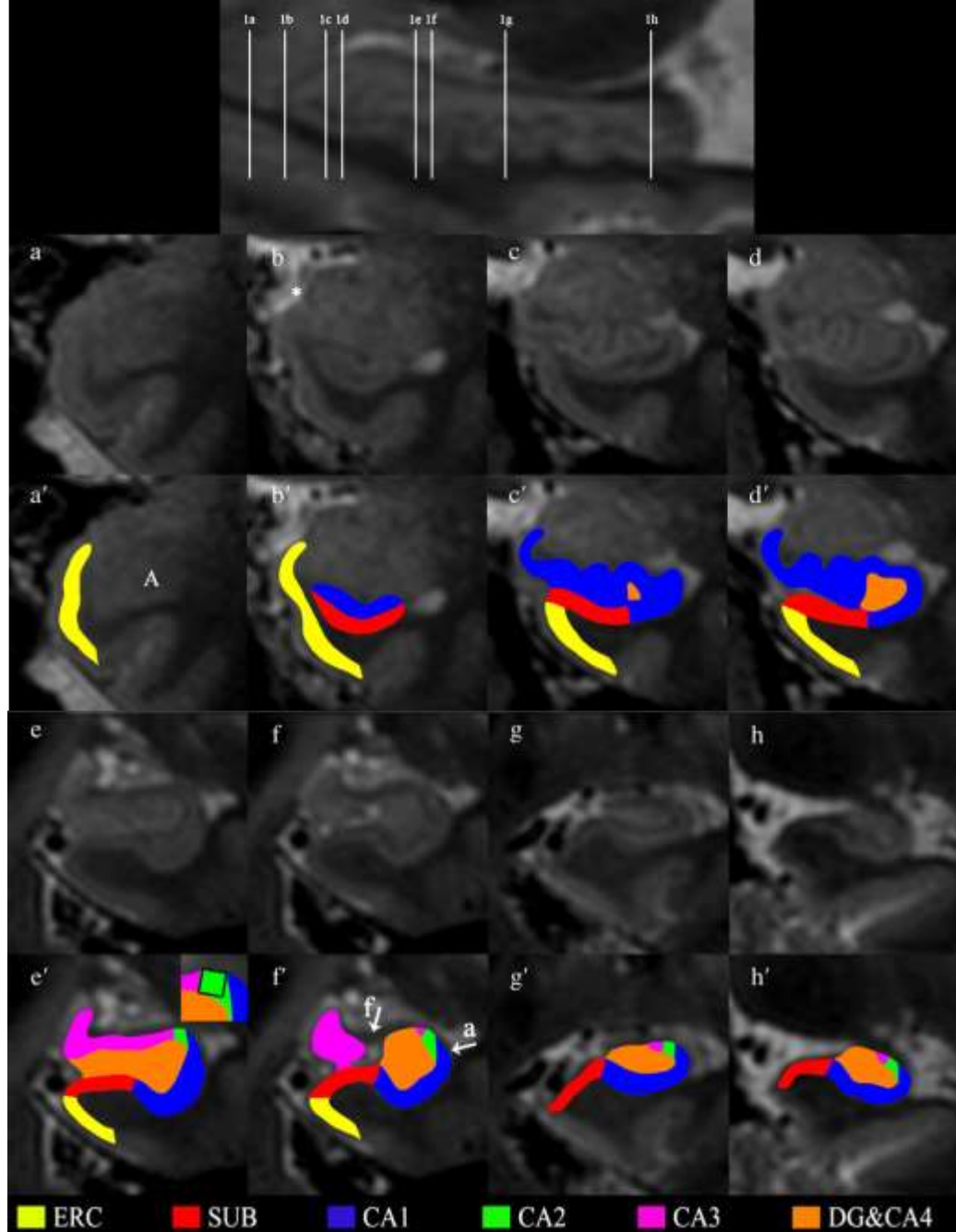
C. Konrad a,b,c,□,1, T. Ukas a,b,1, C. Nebel a,b, V. Arolt a, A.W. Toga d, K.L. Narr d, 2009





- 1- hippocampus – head
- 1a – digitationes hippocampi
- 2 – alveus
- 3-amygdala
- 4-cornu temporale
- 5- cisterna ambiens

Části hippokampální formace  
na MR – frontální řezy



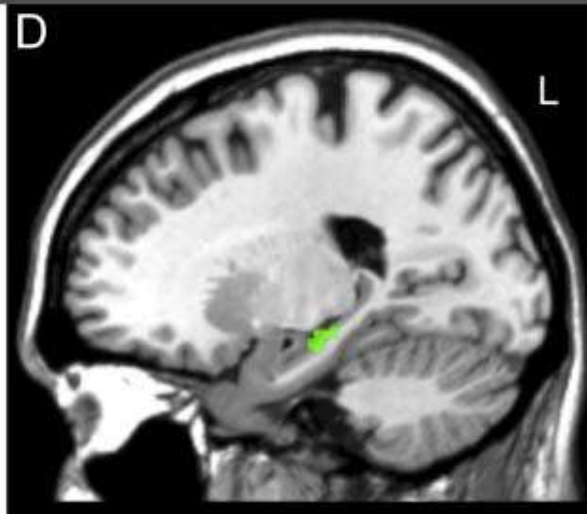
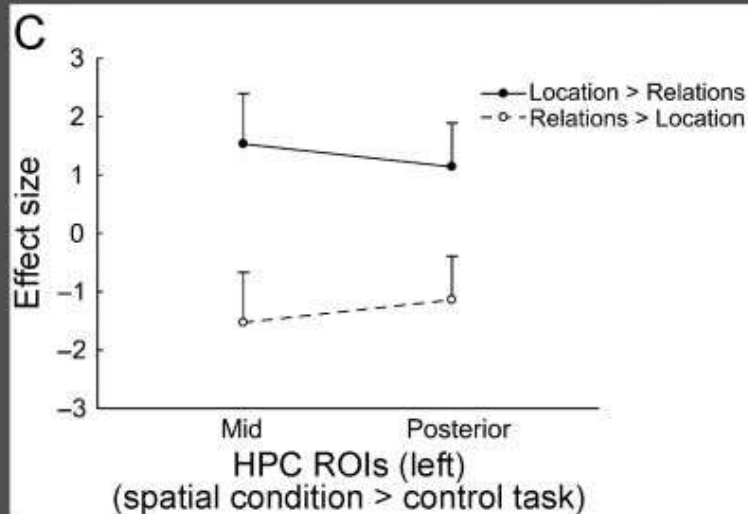
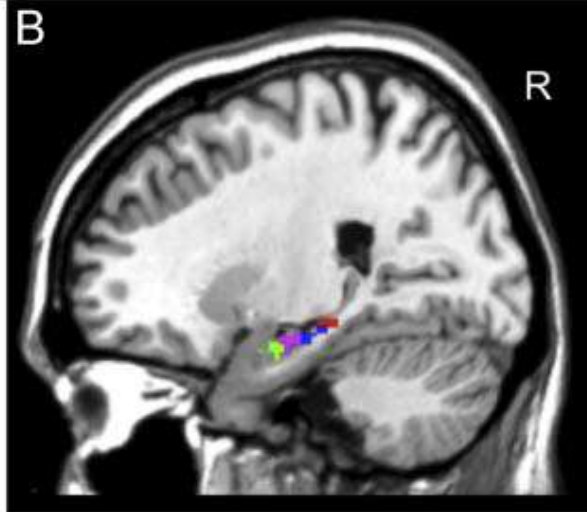
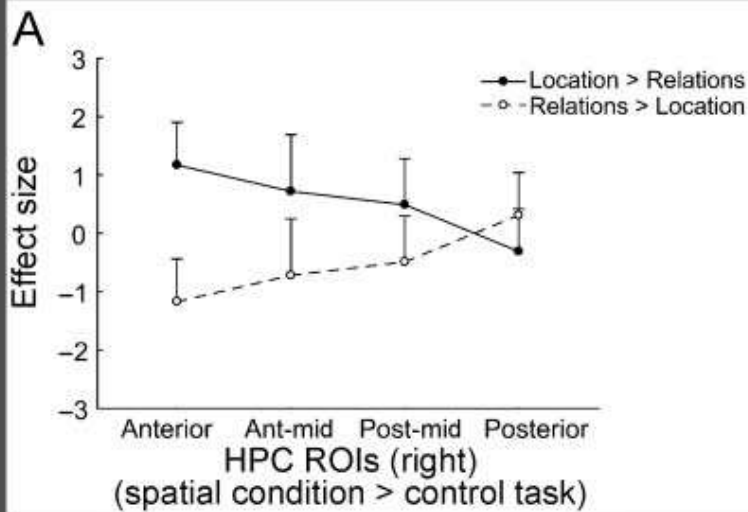
fMRI studie

## Spatial Cognition and the Hippocampus: The Anterior–Posterior Axis

Lynn Nadel<sup>1</sup>, Siobhan Hoscheidt<sup>2</sup>, and Lee R. Ryan<sup>1</sup>

Aktivace  
zadního hipp  
Informace o  
prostorových  
vztazích

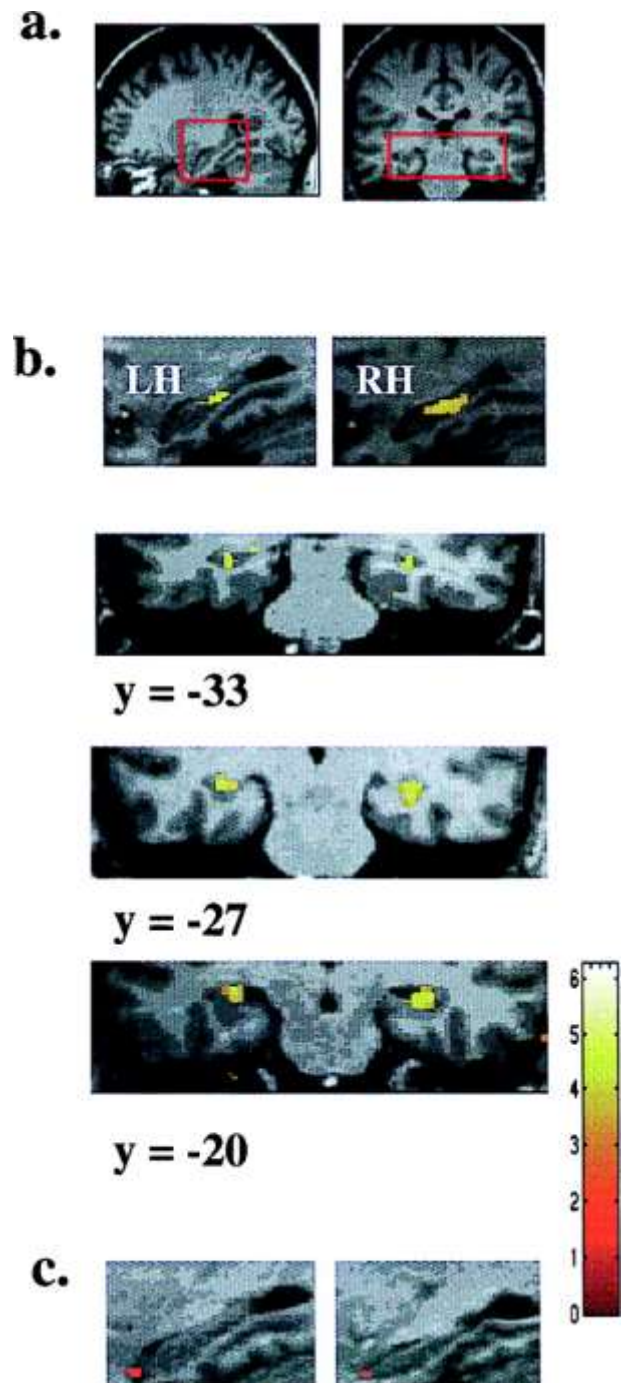
Aktivace  
předního hipp  
Informace o  
místě nebo  
kontextu



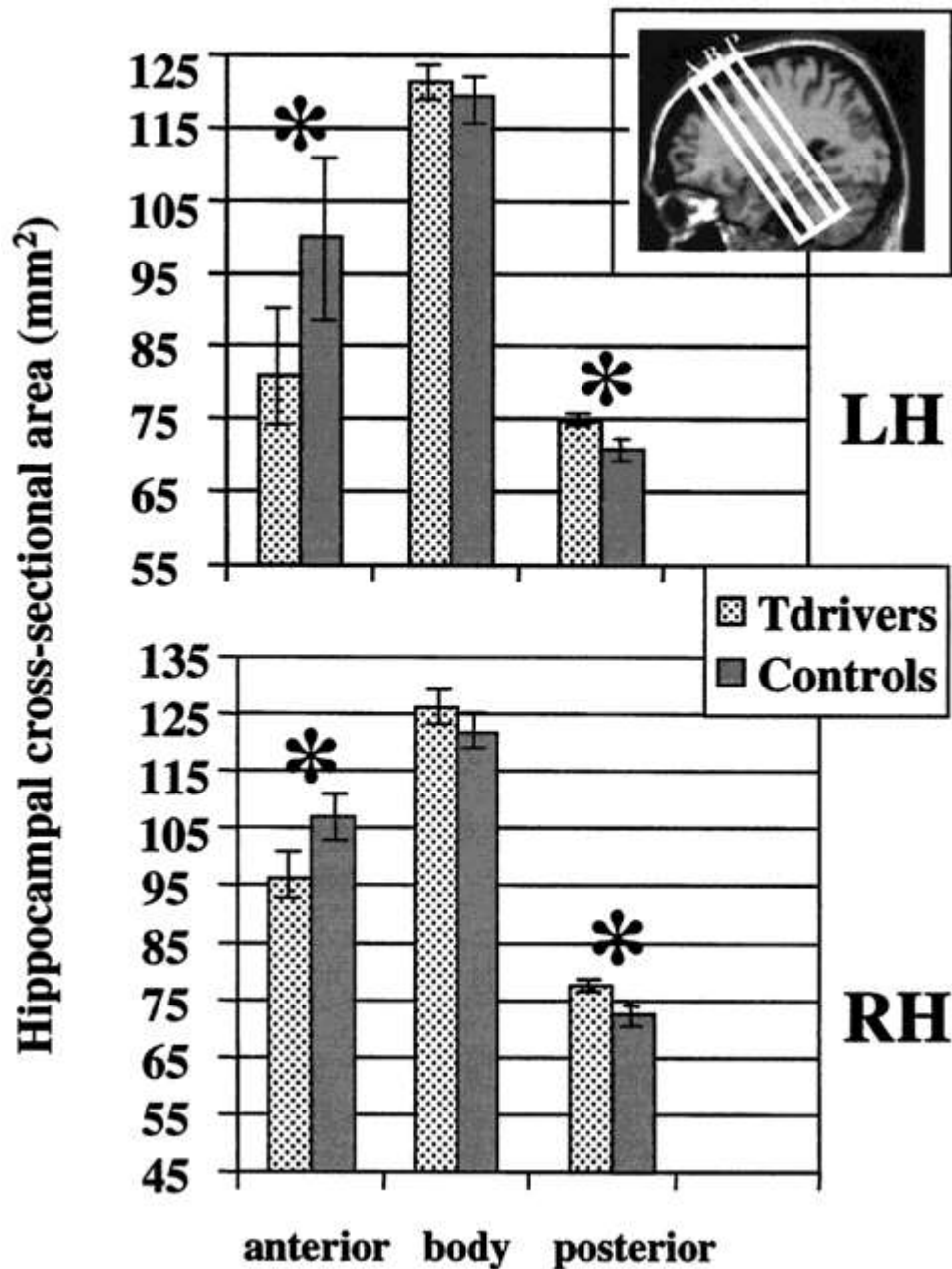
location-specific = green,  
relations-specific = red, overlapping = violet and blue

## VBM findings.

- (a Left) Sagittal section of an MRI scan with the hippocampus indicated by the red box. (a Right) Coronal section through the MRI scan, again with the hippocampi indicated.
- (b). **Increased gray matter volume in the posterior of the left and right hippocampi (LH and RH, respectively) of taxi drivers relative to those of controls**, shown in the top of the figure in sagittal section. Underneath, the areas of gray matter difference are shown in coronal sections at three different coordinates in the y axis to illustrate the extent of the difference down the long axis of the hippocampus.
- (c) **Increased gray matter volume in the anterior of the left and right hippocampi of controls relative to those of taxi drivers**, shown in sagittal section.



Maguire E A et al. PNAS 2000;97:4398-4403



Londýnští **taxikáři mají** **signifikantně větší zadní část hippocampu** než věkově jim odpovídající skupina dobrovolníků, ale **mají menší přední část hippocampu**

HIPPOCAMPUS JE KLÍČOVÝ PRO UKLÁDÁNÍ KOGNITIVNÍCH MAP OKOLNÍHO PROSTŘEDÍ

OBJEM PRAVÉHO HIPPOCAMPUSU JE TÍM VĚTŠÍ, ČÍM DÉLE TAXIKÁŘ JEZDÍ – TEDY ZÍSKANÝ – LOKÁLNÍ PLASTICITA



Henry Molaison

V 7 letech pád z kola, potom trpěl těžkými epileptickými záchvaty

Ve 27 letech bilaterálně odstraněn temporální laloky

Anterográdní amnézie

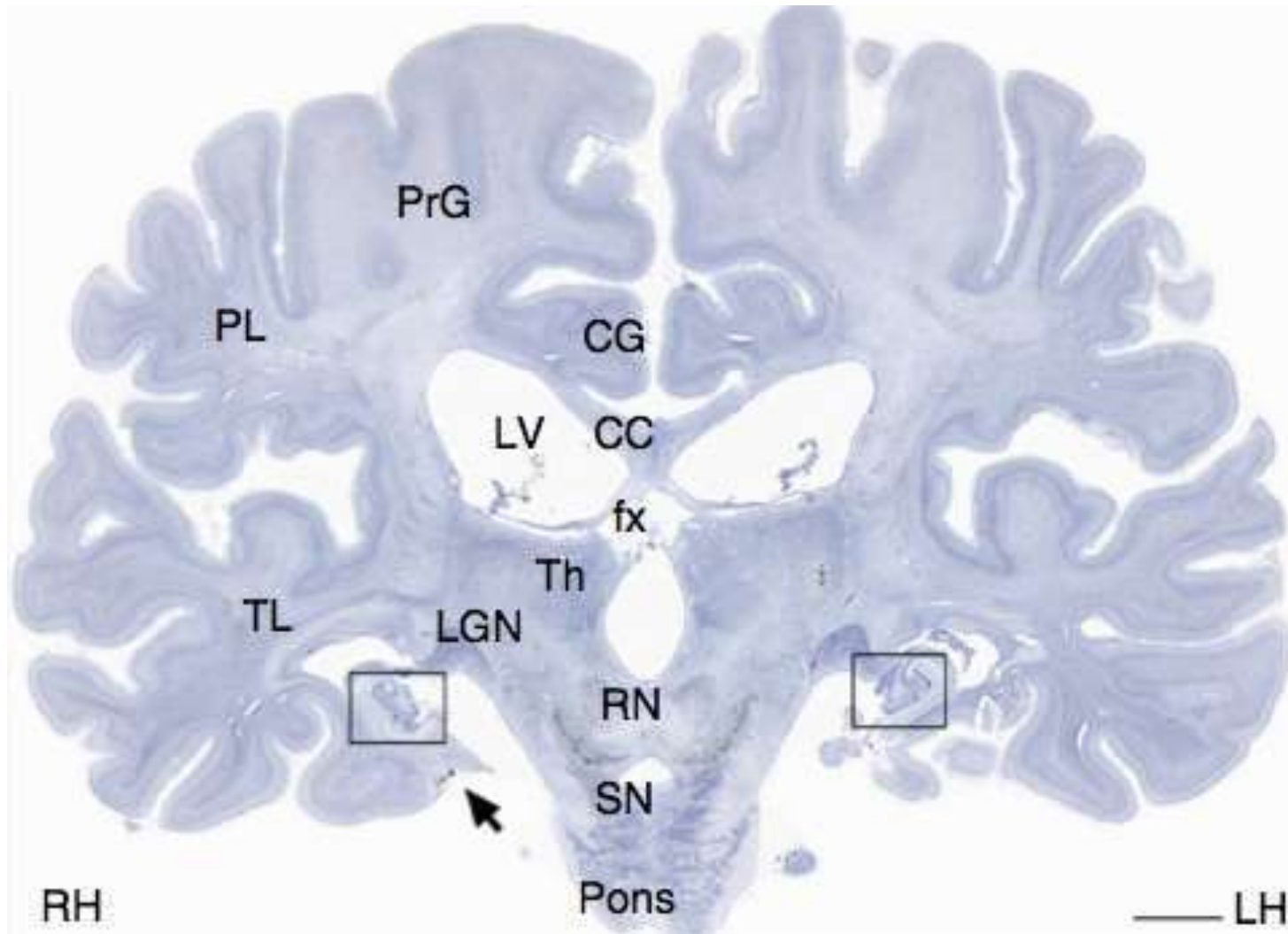
Ale luštil křížovky

Zemřel v 83 letech

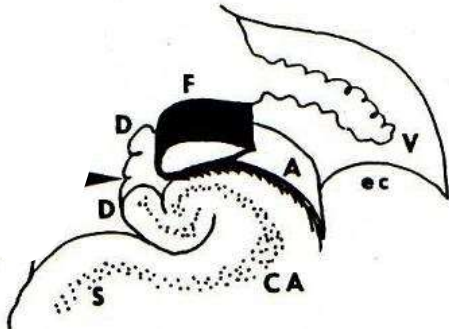
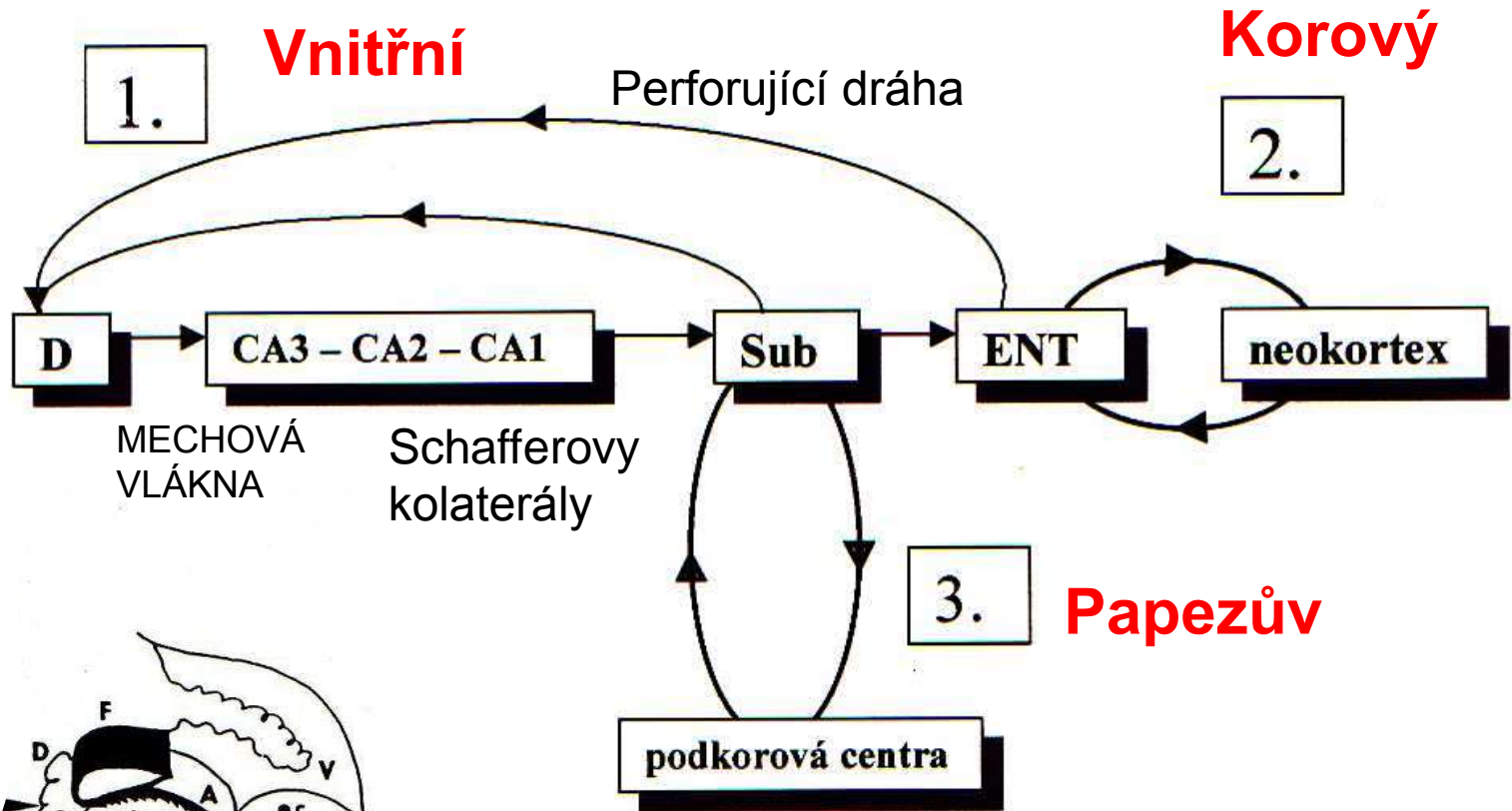
## Pacient H.M.



Patient H.M.

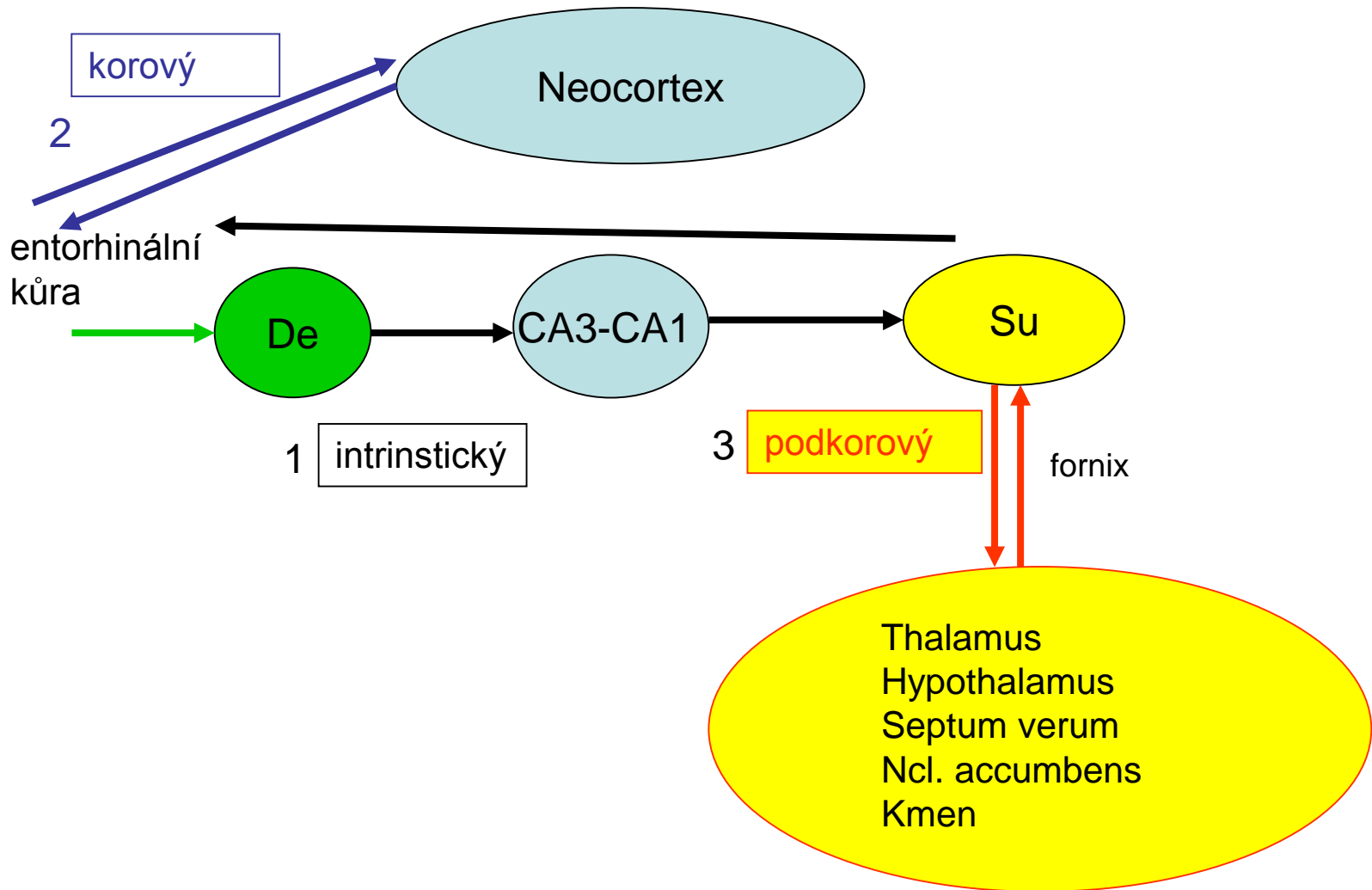


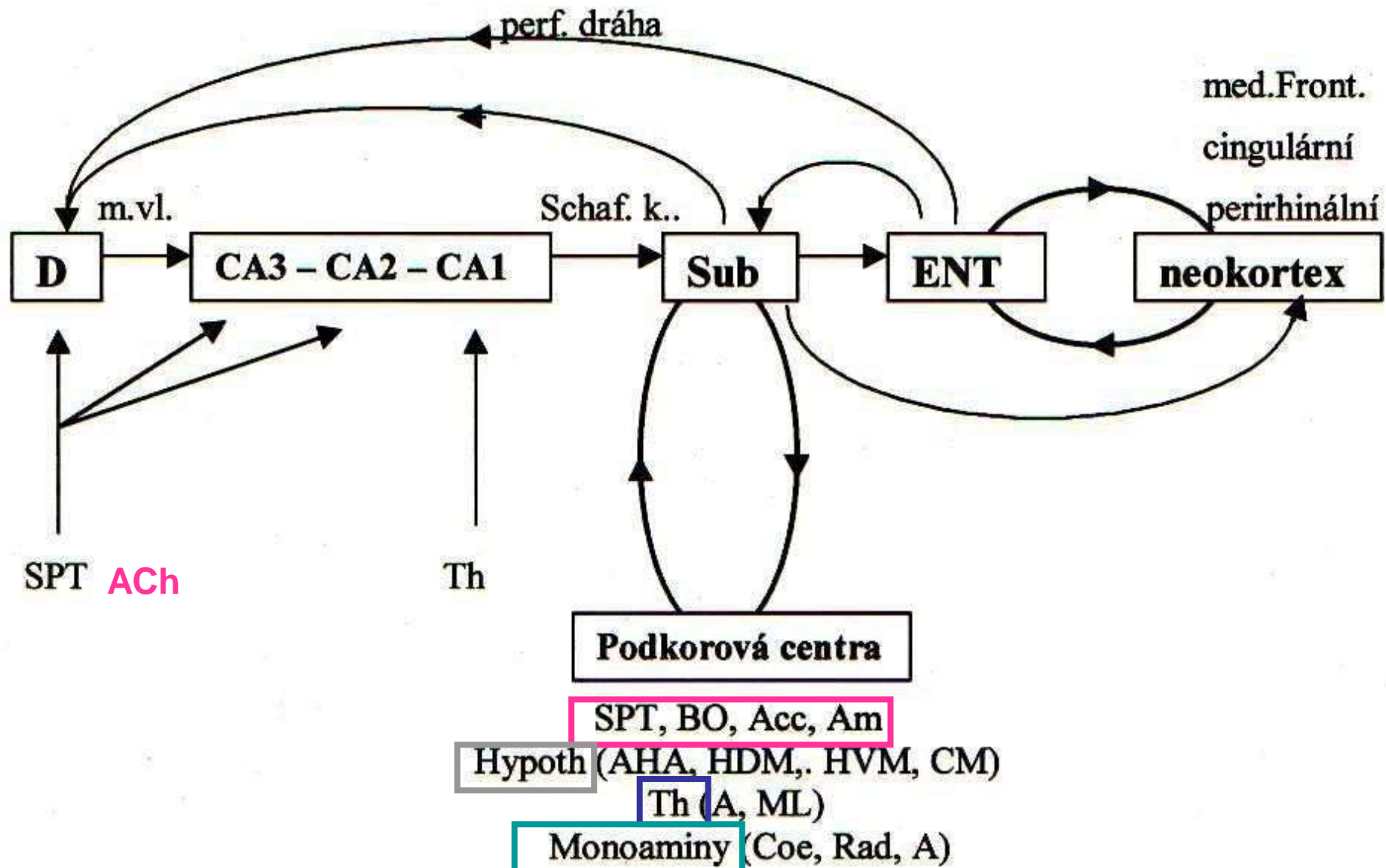
# Okruhy hipokampu





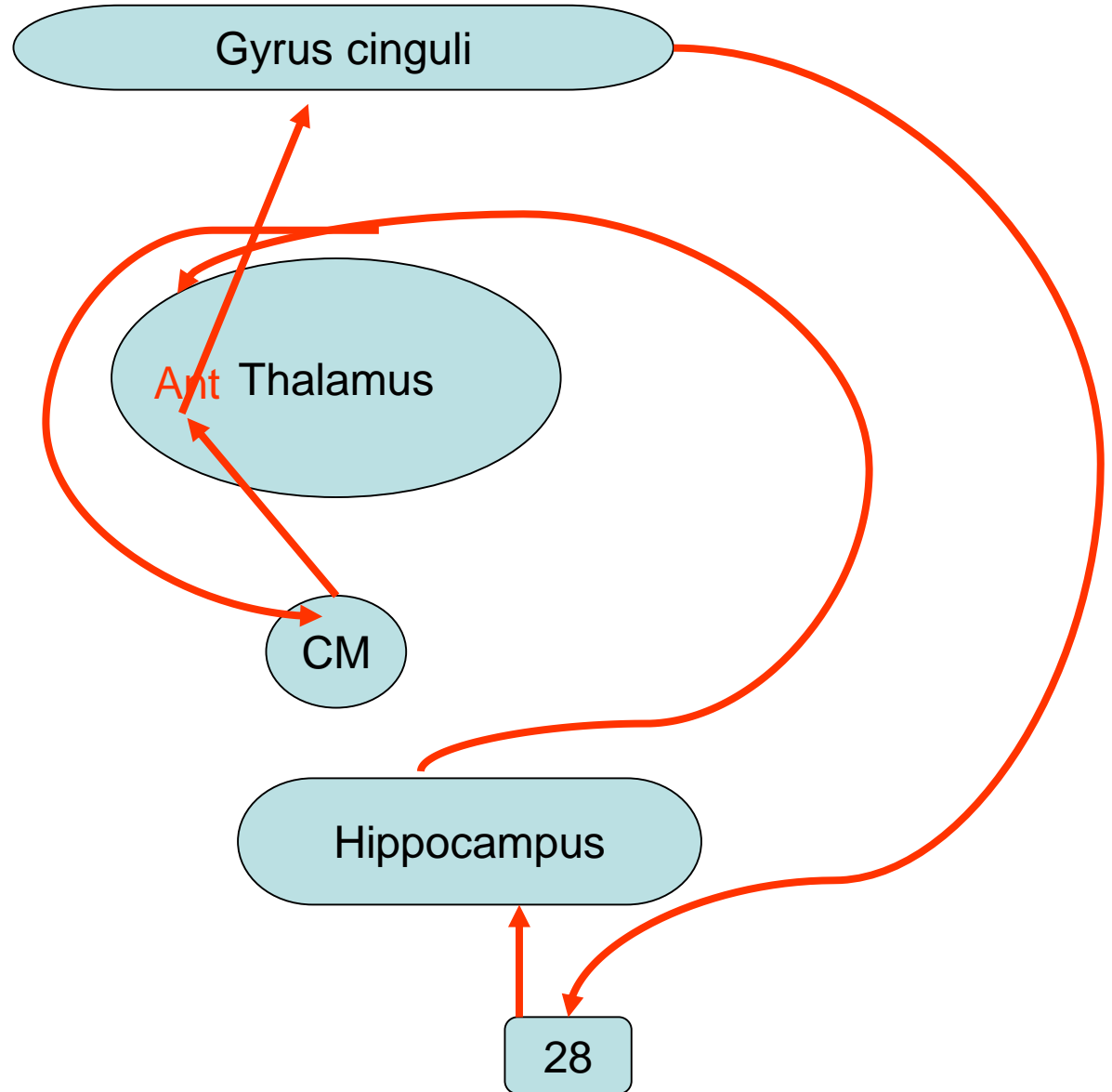
# Hipokampální okruhy





# Papezův okruh

Hipokampální podkorový  
Dlouhodobá paměť



Frontální kůra

Gyrus cinguli

Parietální kůra

S

Ant Thalamus

Hypothalamus

CM

RF

Amy

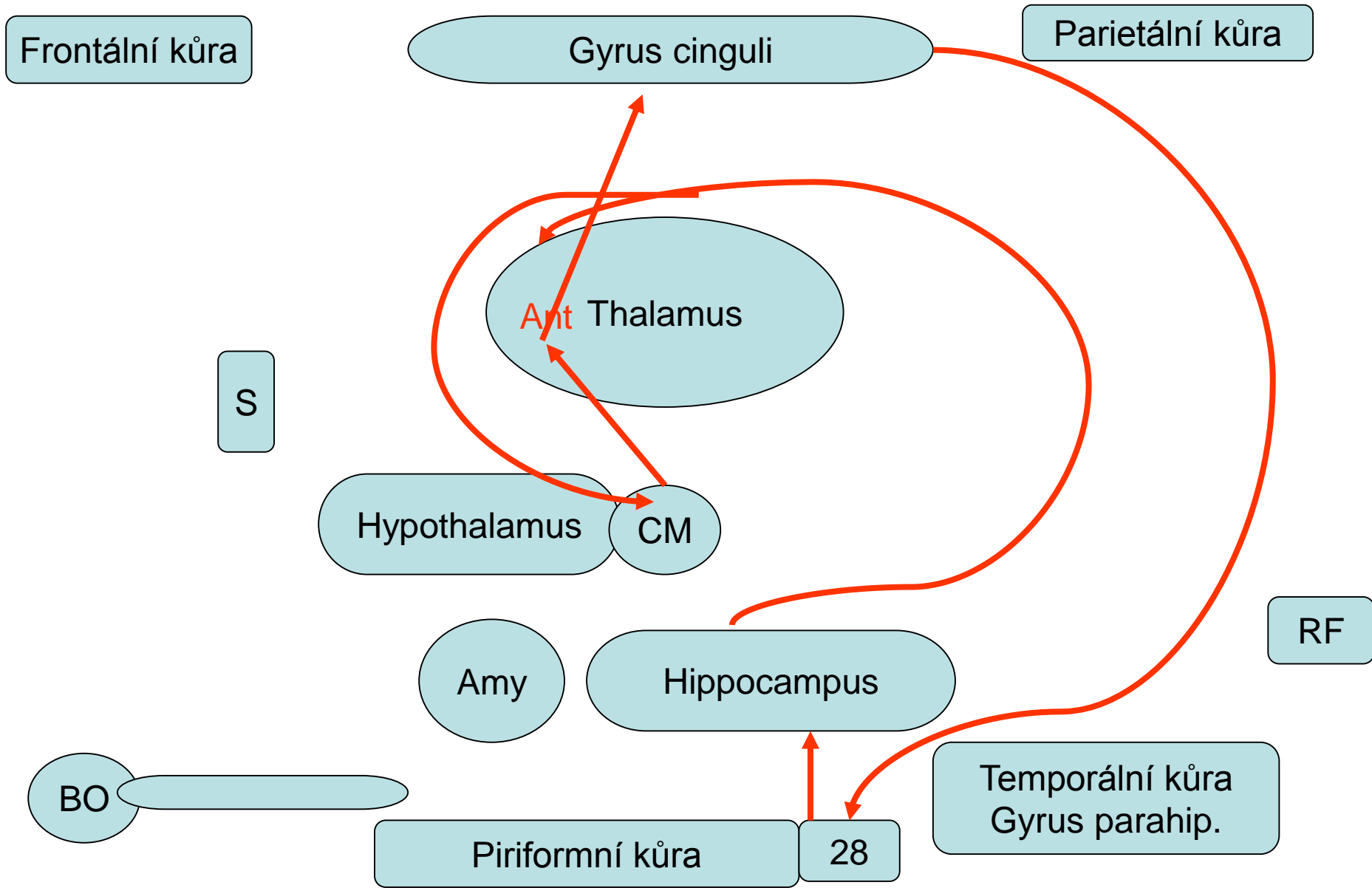
Hippocampus

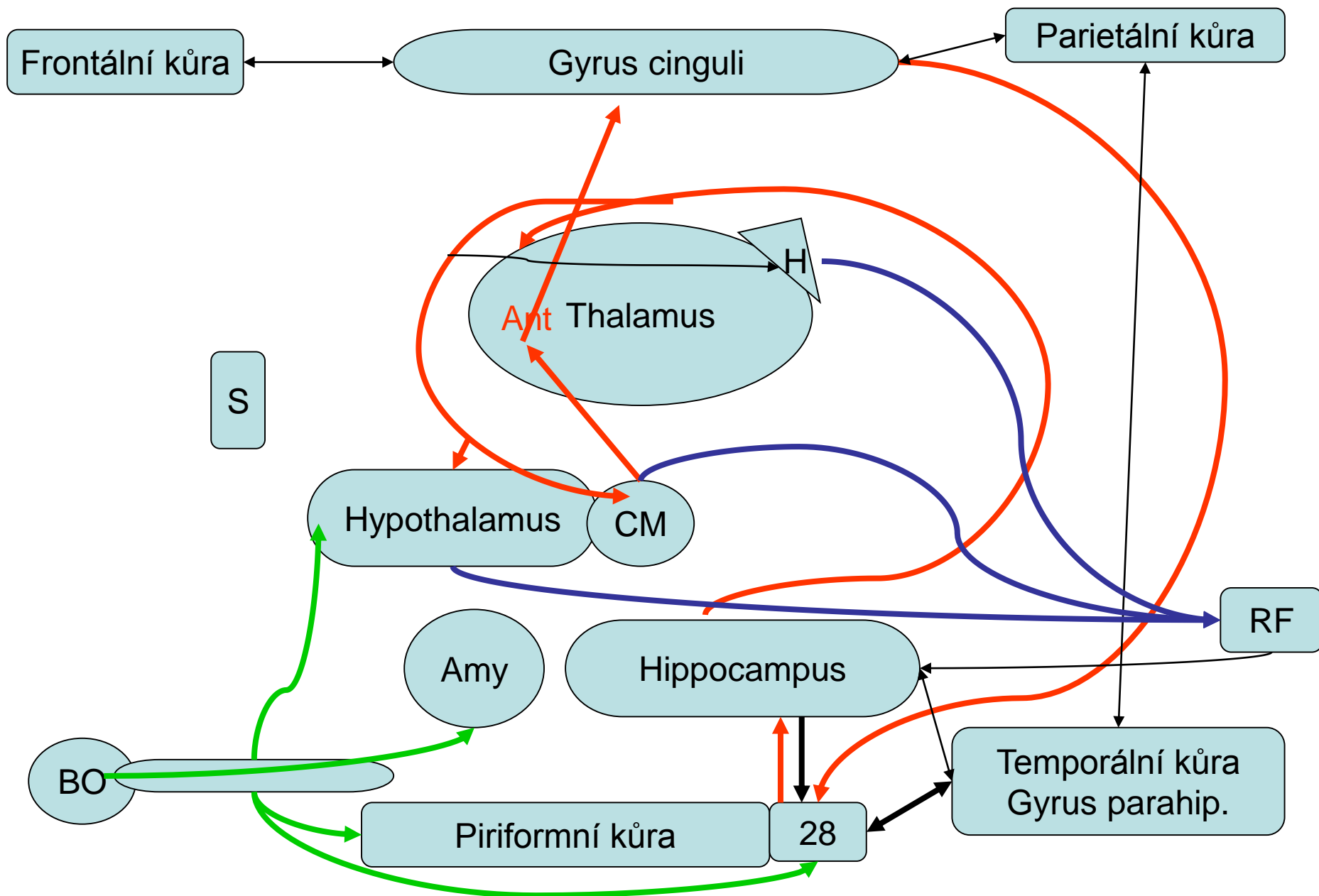
BO

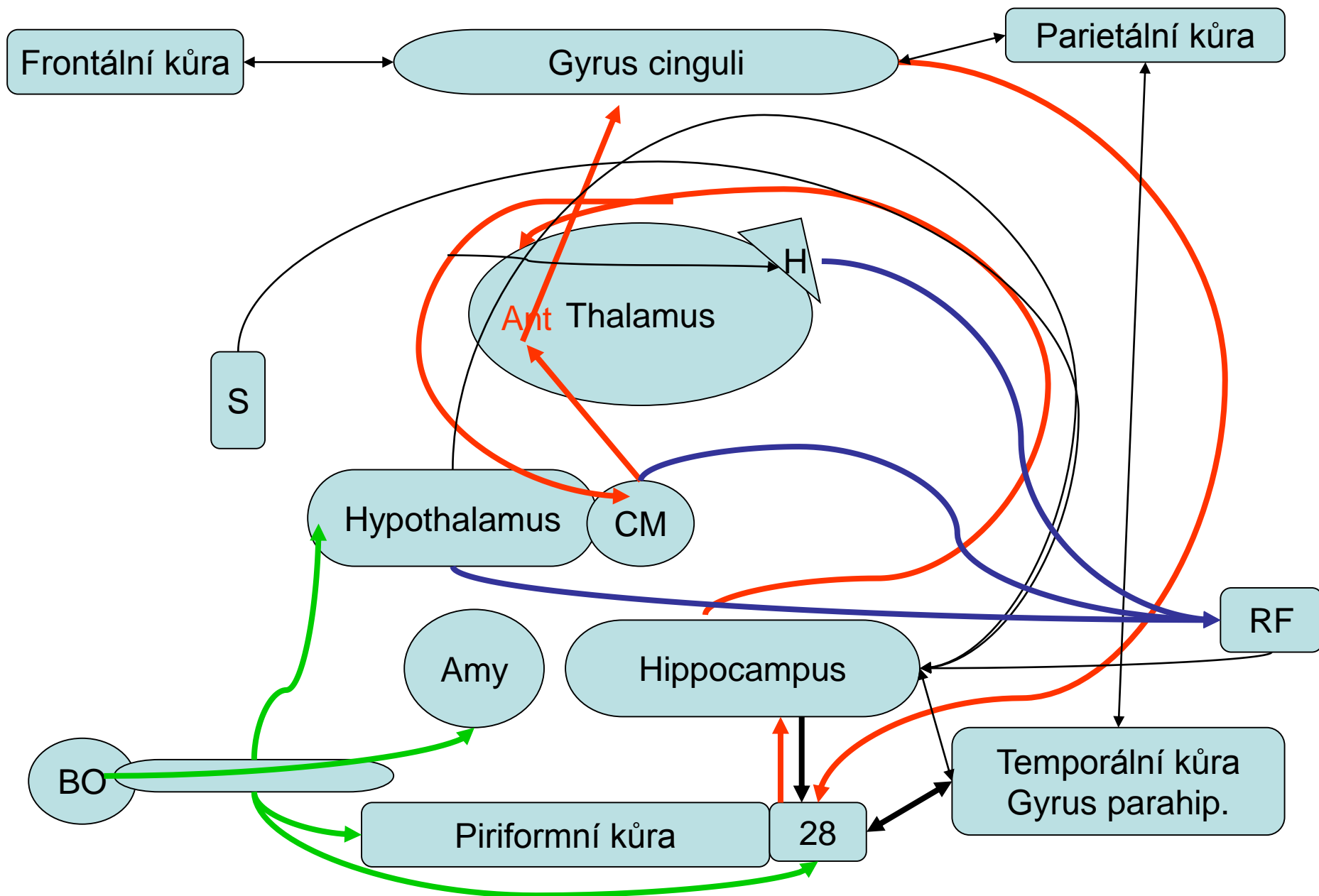
Piriformní kůra

28

Temporální kůra  
Gyrus parahip.







# Fornix - odbočky

- Ncl. anteriores thalami
- Habenula
- Septum
- Hypothalamus
- Nucleus accumbens

Rychlé podkorové spoje do amygdaly zajišťují **rychlé rozpoznání nebezpečí (strachu)**

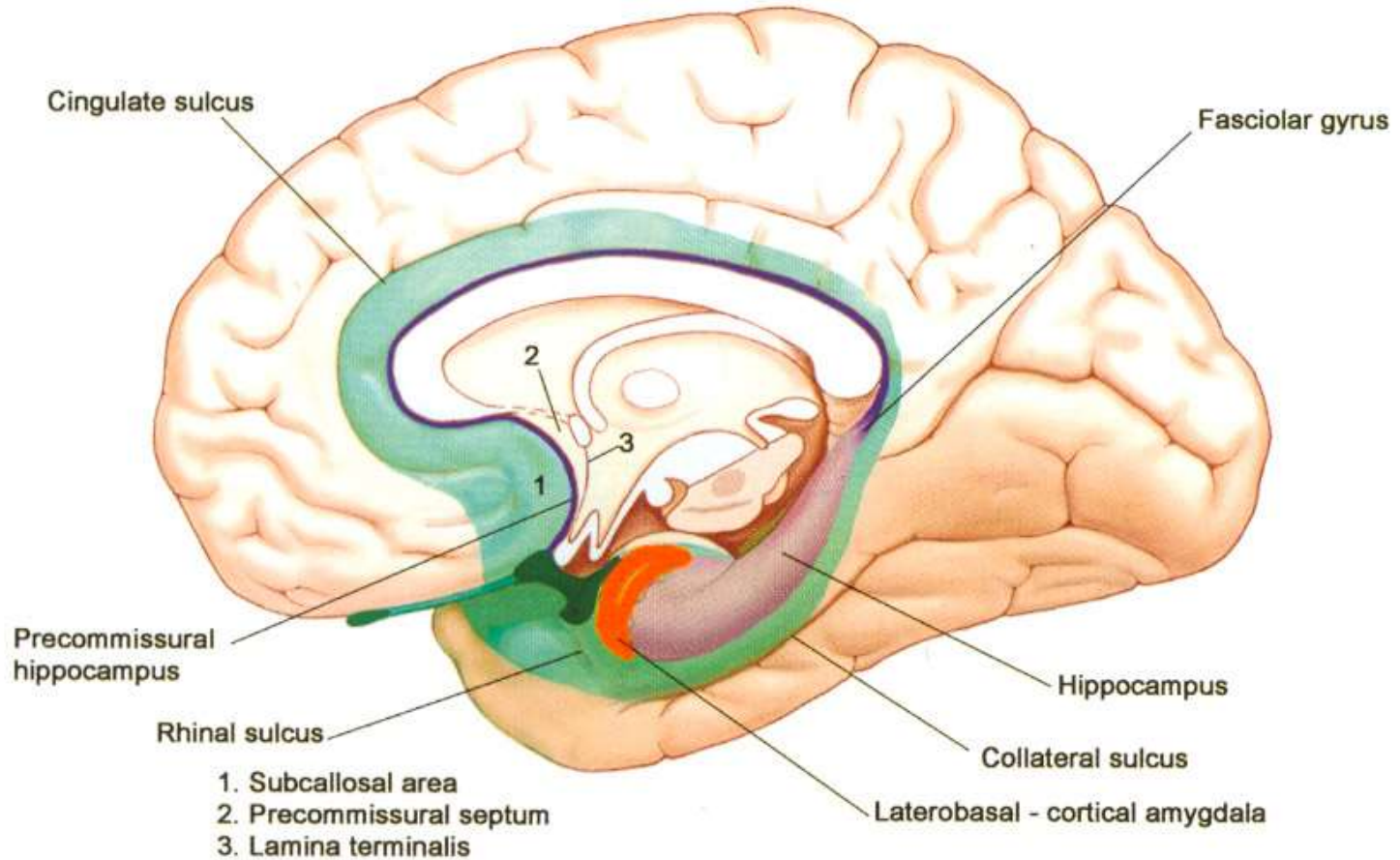


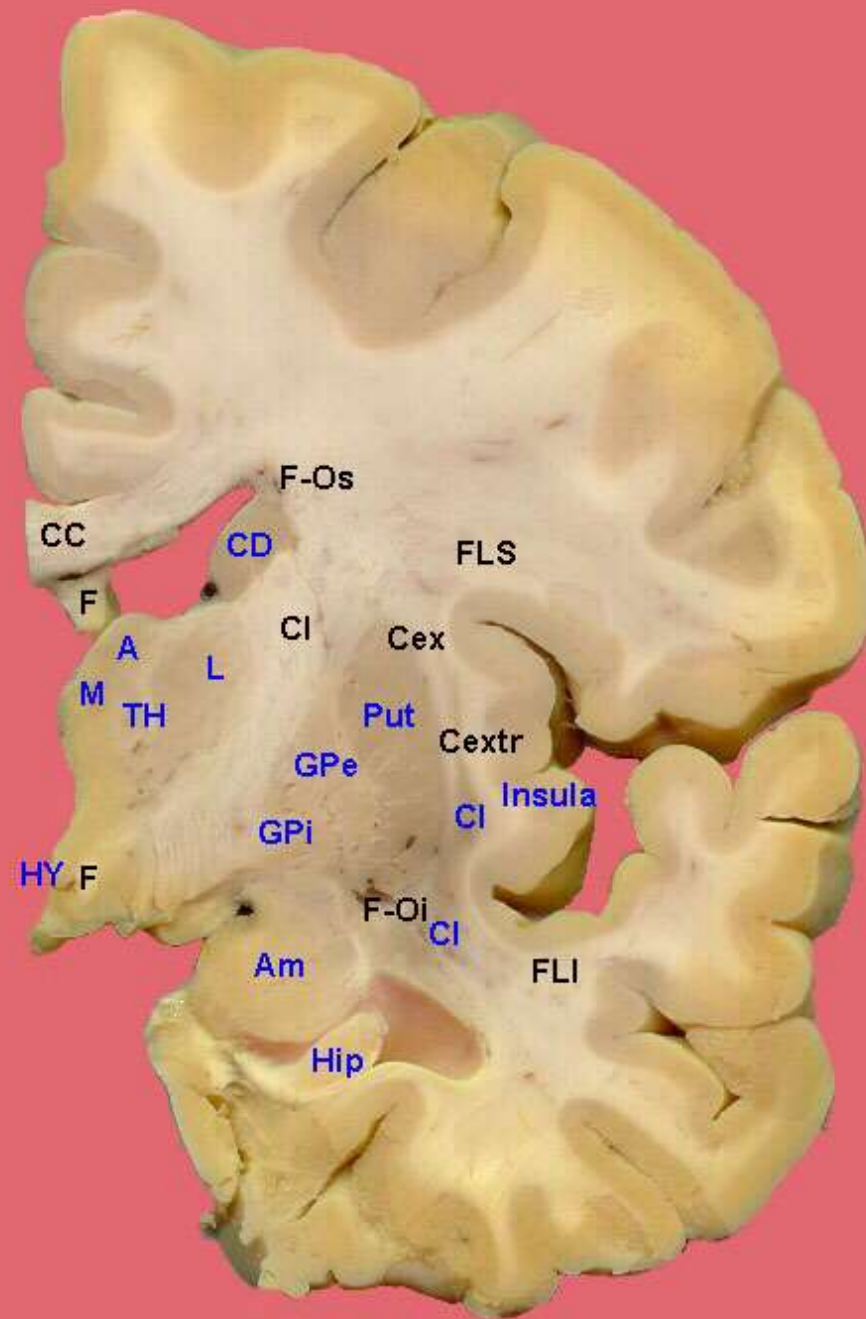
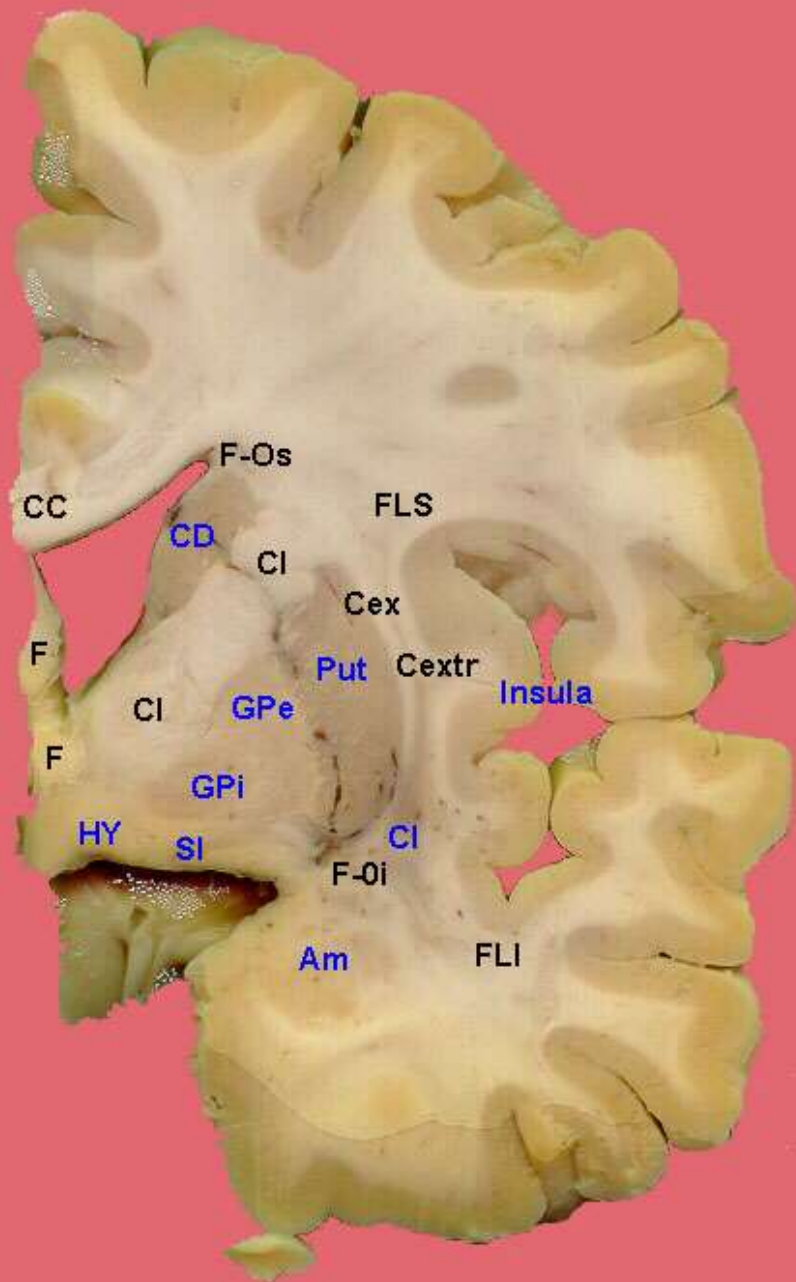
Aktivace amygdaly vyděšeným obličejem  
**74-ms post-stimulus onset, to fearful, but not neutral or happy, facial expressions**

Nature Neuroscience **A fast pathway for fear in human amygdala**  
[Constantino Méndez-Bértolo](#)<sup>1, 2, n1</sup>, [Stephan Moratti](#)<sup>1, 3, 4, n1</sup>, [Rafael Toledano](#)<sup>5</sup>, [Fernando Lopez-Sosa](#)<sup>1</sup>, [Roberto Martínez-Alvarez](#)<sup>6</sup>, [Yee H Mah](#)<sup>7</sup>, [Patrik Vuilleumier](#)<sup>8</sup>, [Antonio Gil-Nagel](#)<sup>5</sup>, & [Bryan A Strange](#)<sup>1, 9</sup>  
Nature Neuroscience **Volume:19, Pages:1041–1049(2016)**

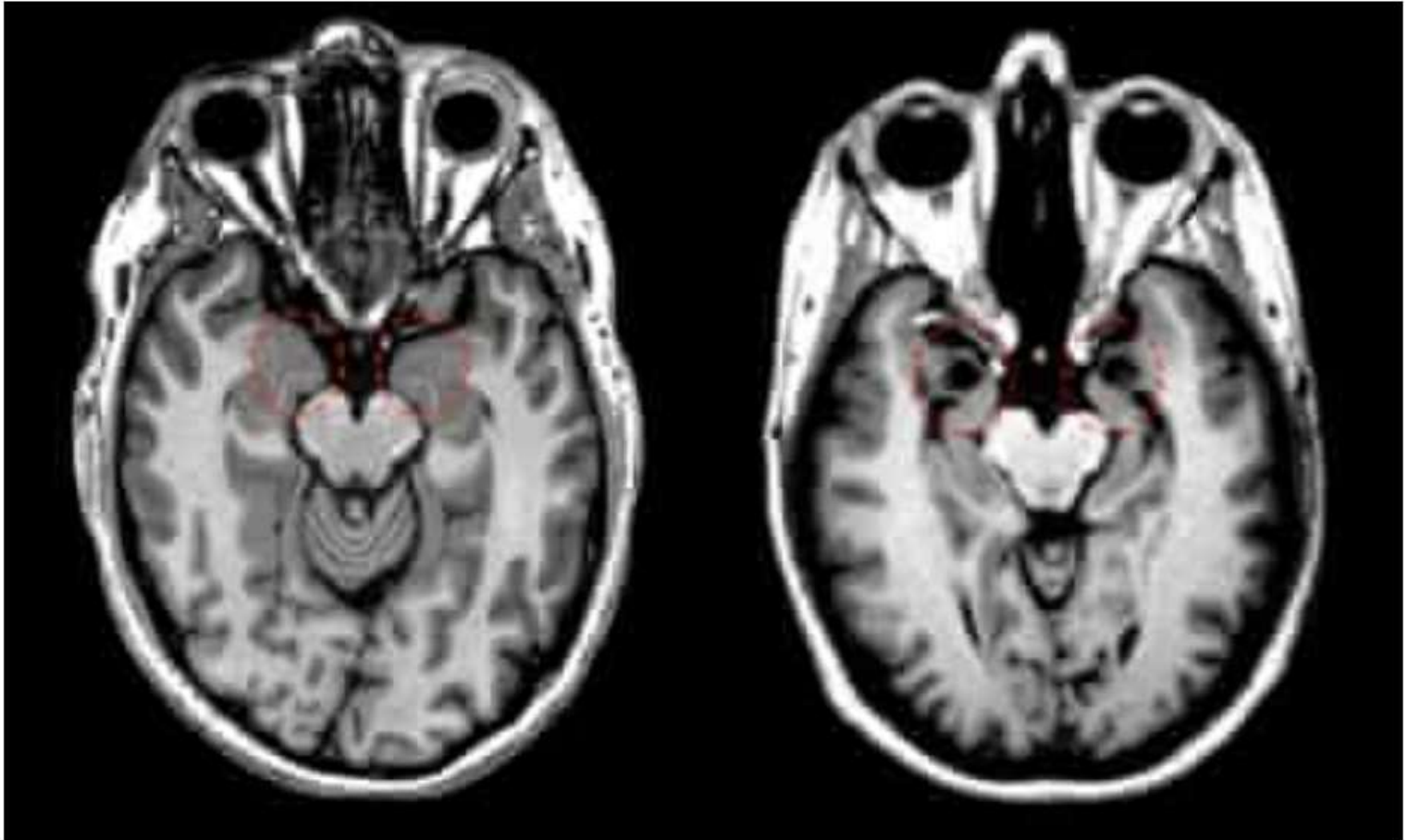


# Amygdala v limbickém systému





# Pacientka S.M. oboustranně zničená amygdala (Urbach-Wietheho nemoc)



▲ MRI scans show the brain of a healthy, neurologically intact individual (left) and focal bilateral amygdala damage in patient S.M. (right, circled in red). Photograph: Iowa Neurological Patient Registry/University of Iowa



S.M. se nebála hadů, tarantulí ani hororových filmů. Byla několikrát přepadena a ani tehdy se nelekla.

Inhalace CO vyvolala pocit dušení a panickou ataku.

**The human amygdala and the induction and experience of fear, Feinstien JS et al, 2011**

# Klüver-Bucy syndrom

U makaků experimentálně odstraněna přední část temporálního laloku (1939)

- **Placidita** (Krotkost se ztrátou strachu a agresivity )
- **Orální tendence**
- **Vizuální agnosie**
- **Hypersexualita**
- **Zvýšené prozkoumávání okolí**
- **Změny dietních zvyklostí**

Syndrom byl v praxi popsán mj. u pacientů s herpes simplex encefalitidou, mozkovými poraněními, u Pickovy choroby, u Reyova syndromu, adrenoleukodystrofií a u vývojových bilaterálních temporálních patologií

U lidí se přidává **demence, amnesie, afasie, chybí hypersexualita**

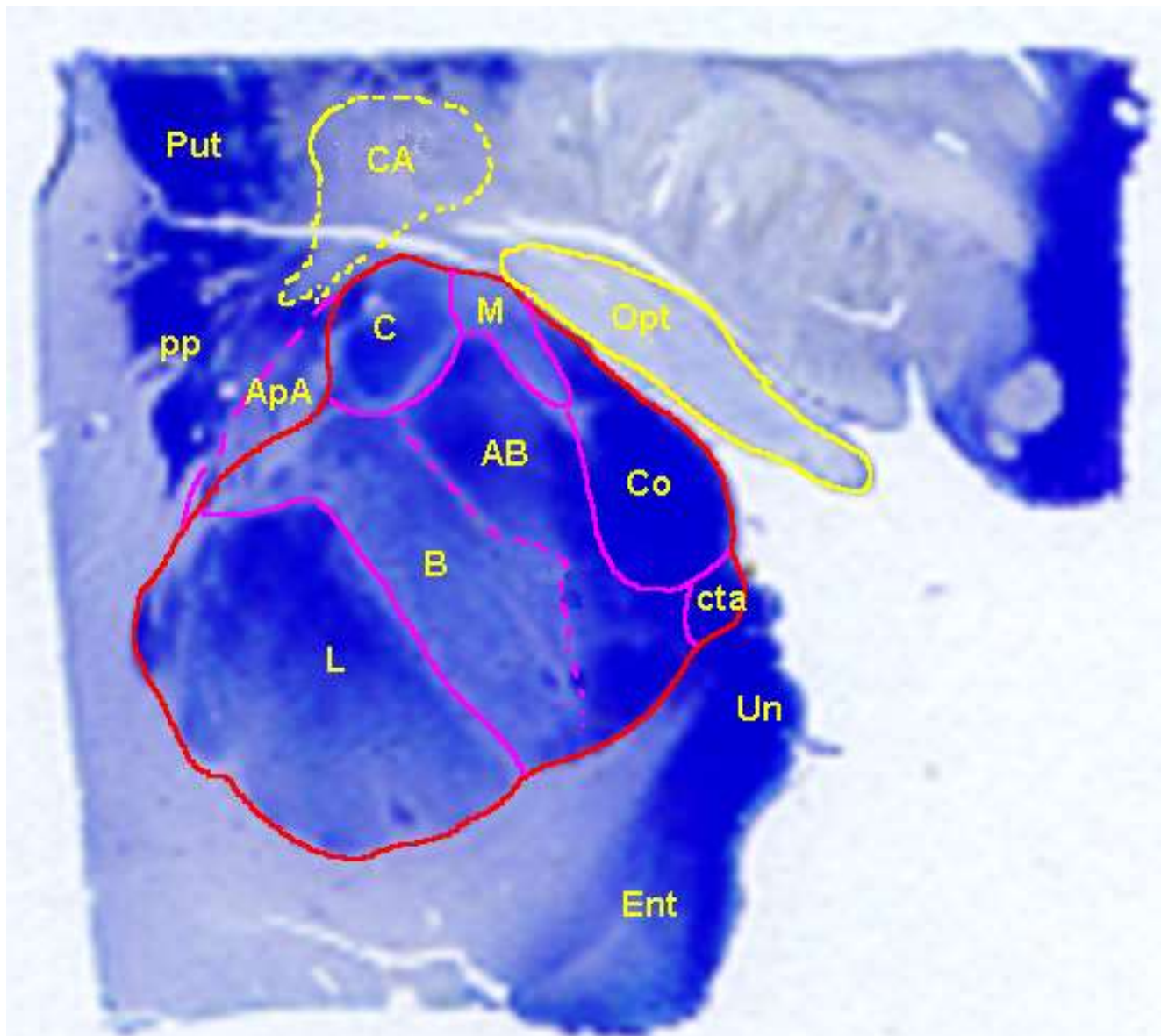


*Heinrich Klüver*



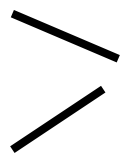
Paul Bucy


# „Klasická“ amygdala



# Amygdala - podjádra

**Corticalis** – spoje z čichové kůry

**Medialis**  
**Centralis**  spoje s hypothalamem a kmenem

**Lateralis**  
**Basalis**  spoje s asociační kůrou, hypoth, th

**Extended amygdala** – výběžek do  
substantia innominata

# Amygdala – schema jader a spojů

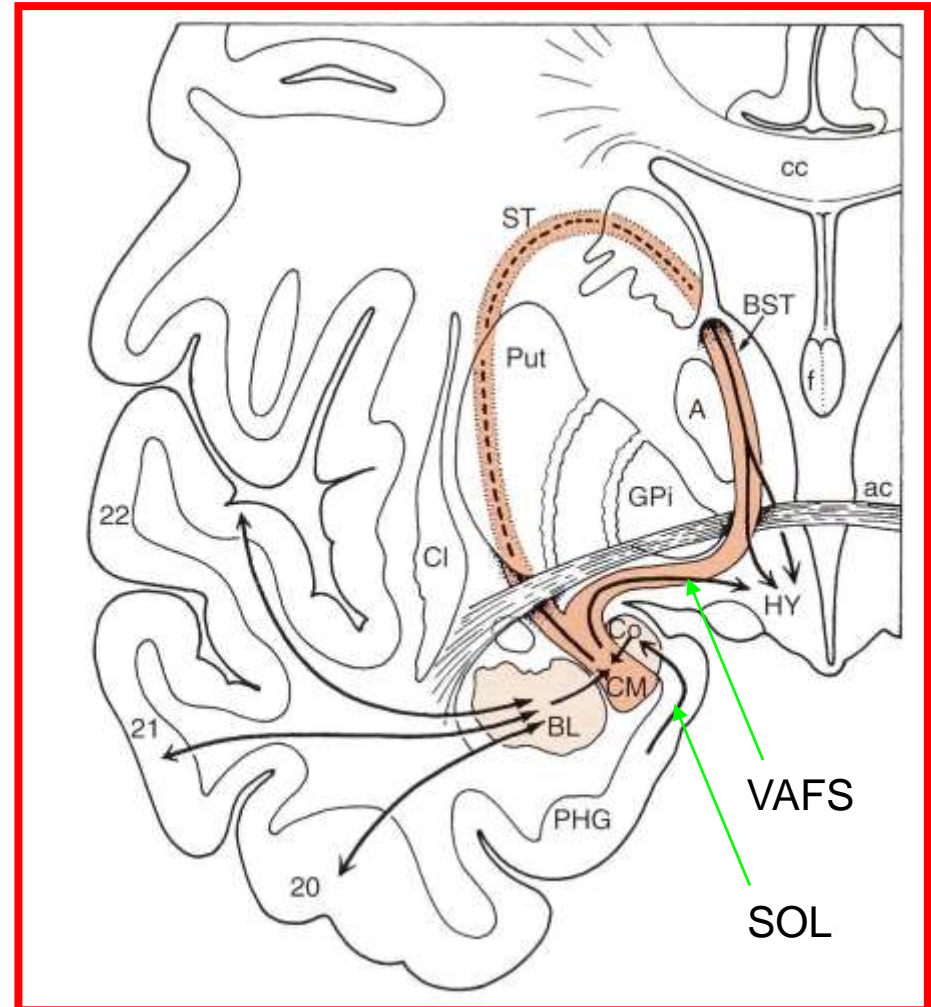
- **BL** spoje s kůrou
- **CM**- spoje s podkořím
- **Co**- aferenty z čichové dráhy

ST- stria terminalis

VAFS- ventrální amygdalofugální svazek

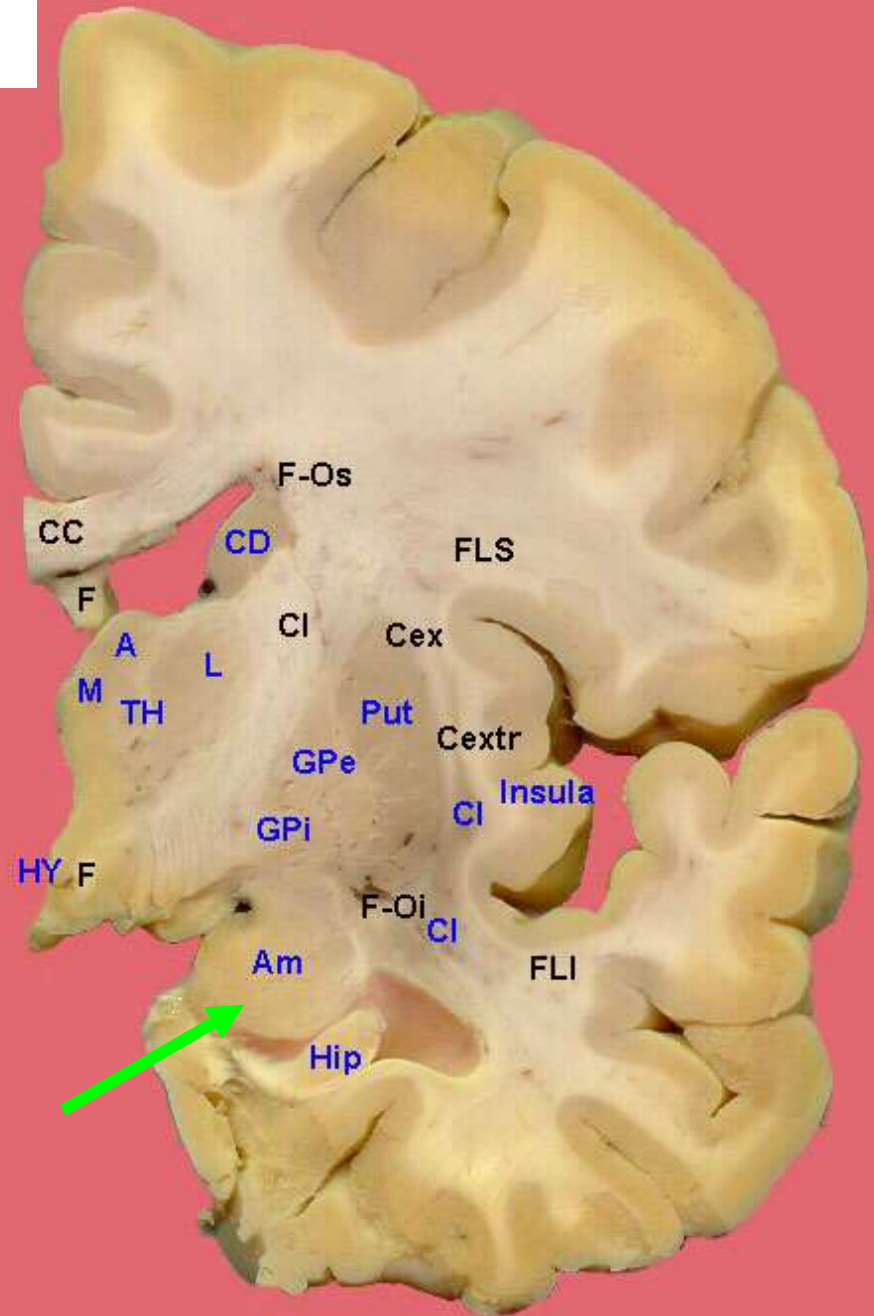
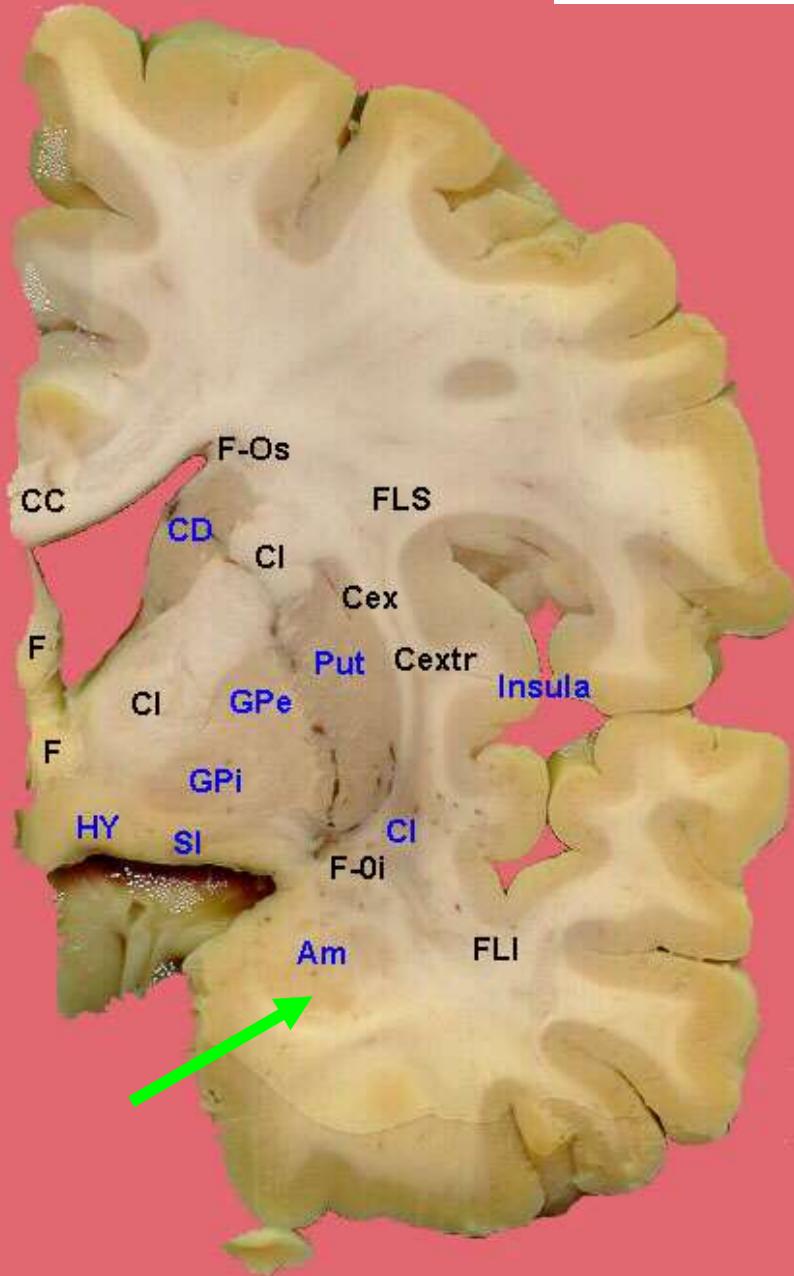
SOL –stria olfactoria lateralis

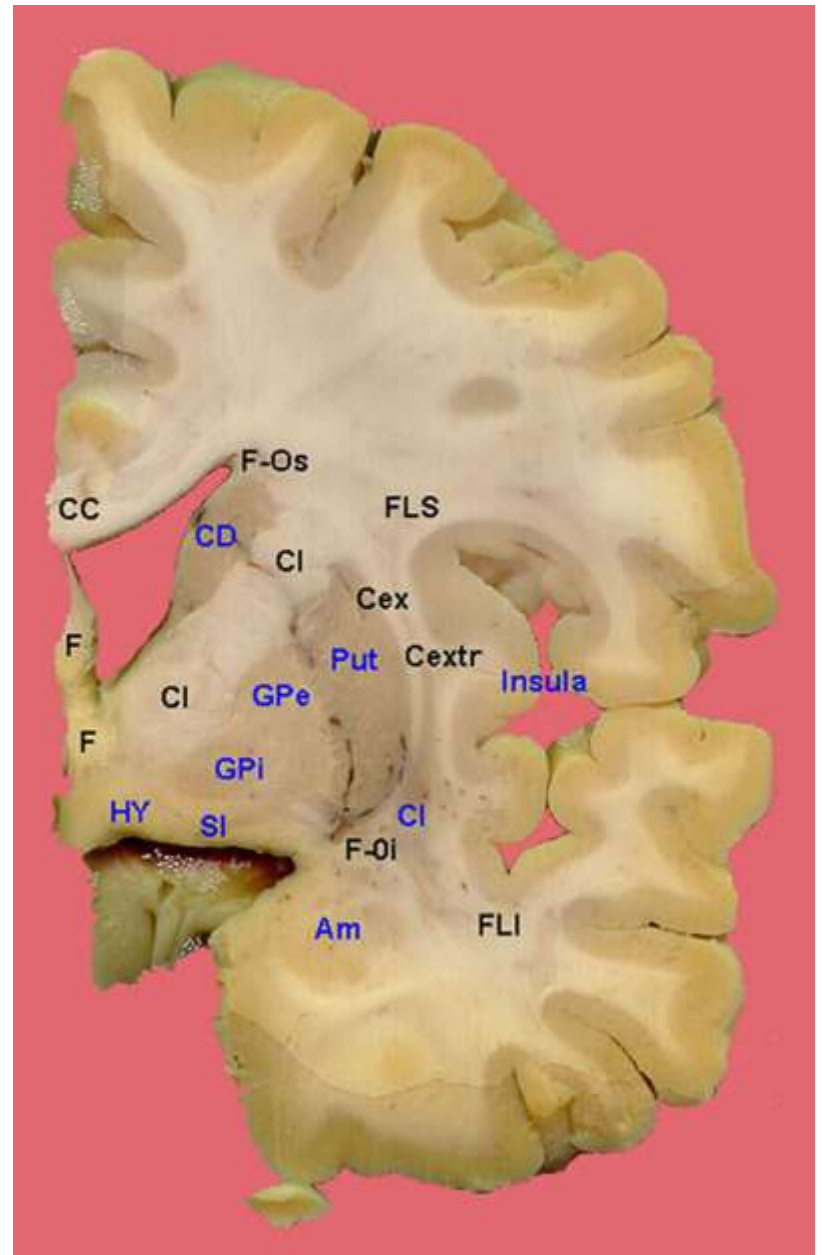
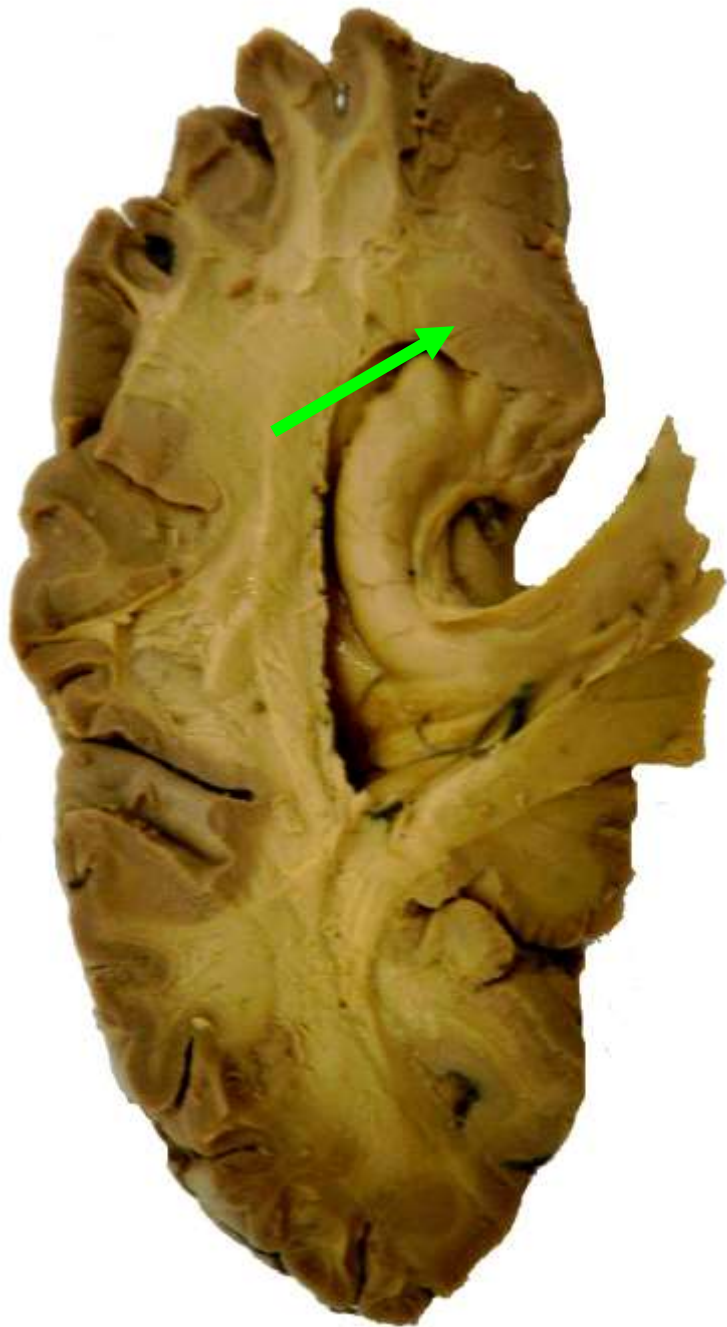
Pod ncl. lentiformis a kolem stria terminalis rozprostřené bb. – **extended amygdala**





# Amygdala

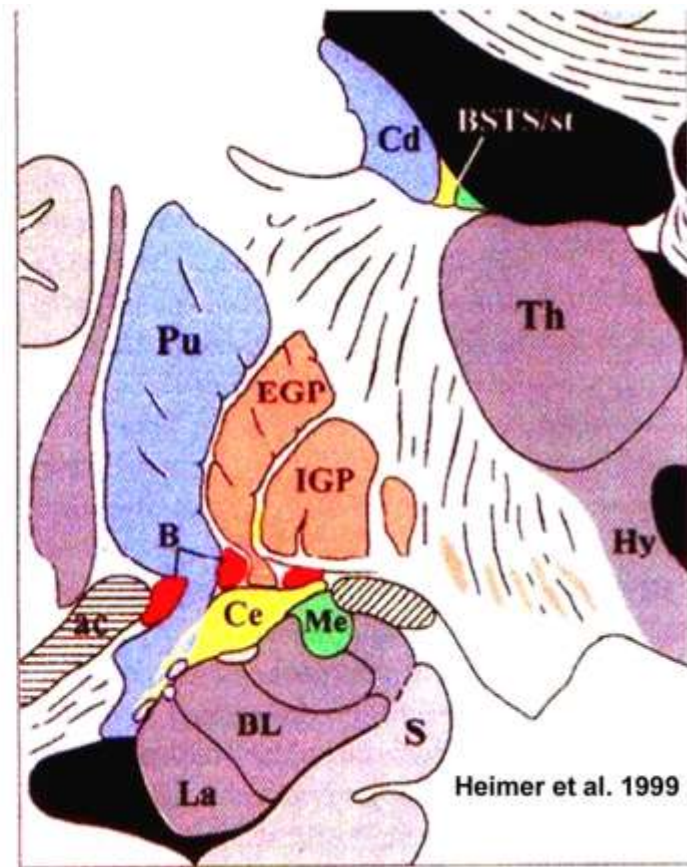
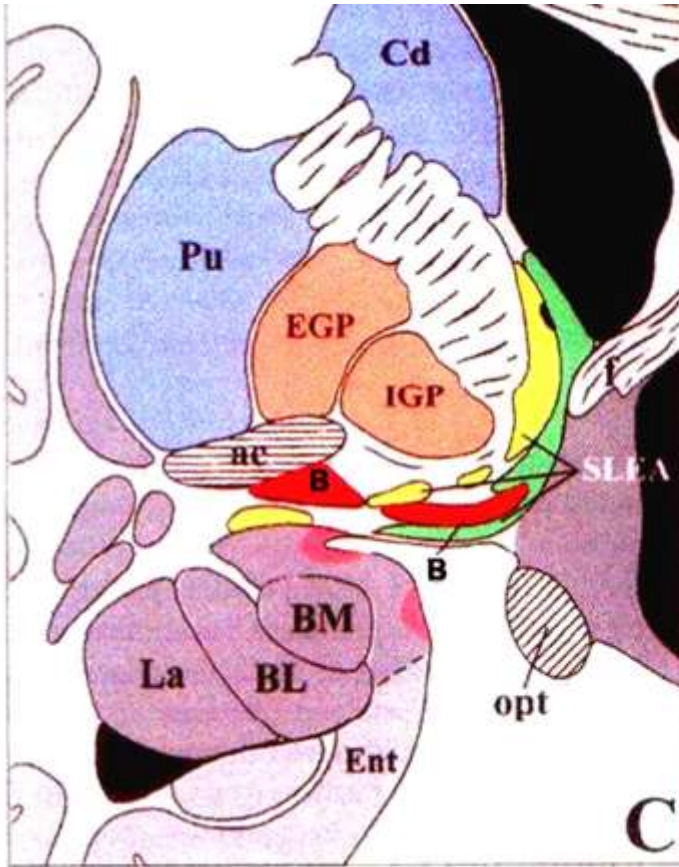




# Funkce amygdaly

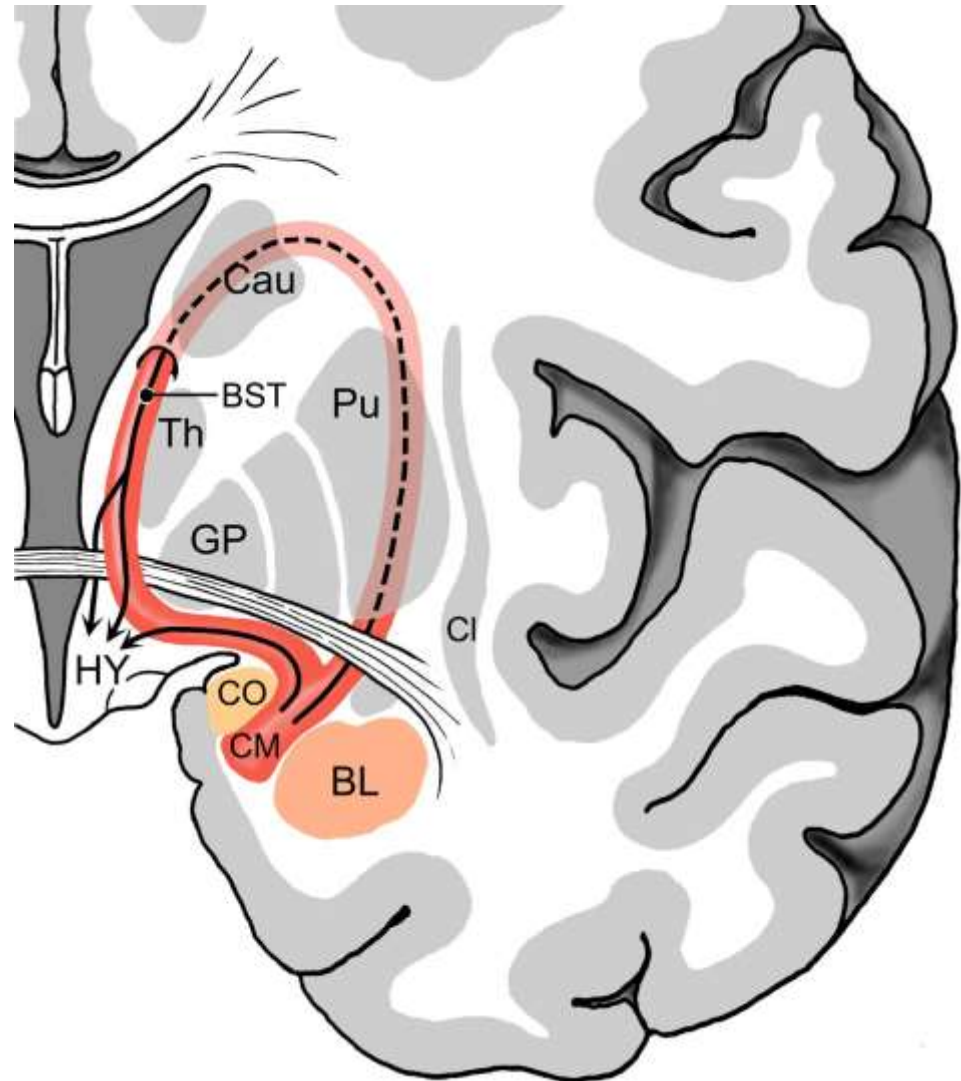
- 1) Zpracování emočně důležitých signálů
- „čidlo strachu“
- 2) Přenos do autonomních motorických systémů vyjadřujících emoce

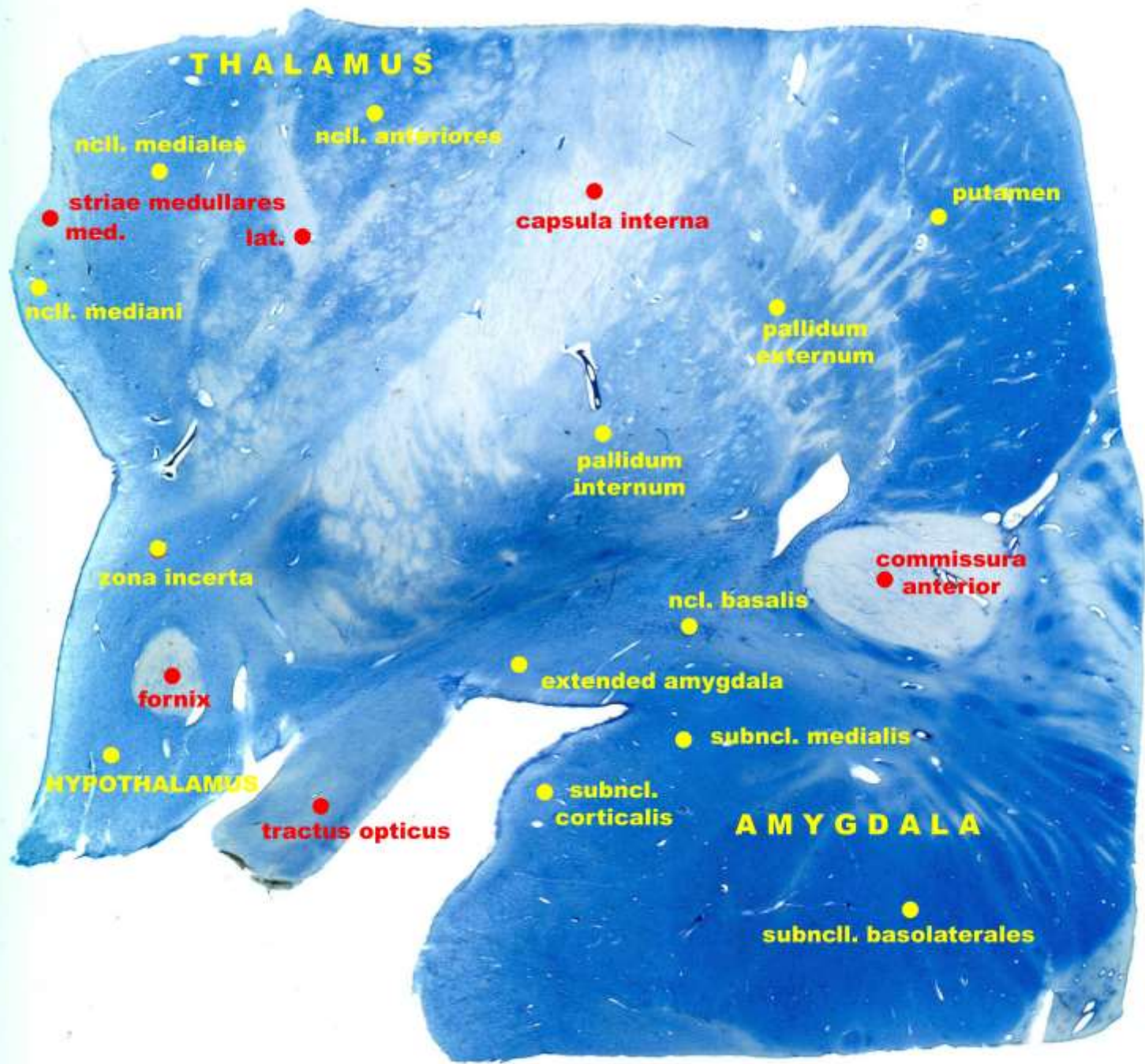
# Podle Heimera nově extended amygdala



# Amygdala a rozšířená (extended) amygdala (podle ten Donkelaara)

- Senzorické vstupy se přes **Co** a **BL** amygdalu sbíhají do **Ce-M** a **extended amygdaly**, která generuje **endokrinní, autonomní a somatomotorické** aspekty emočních stavů a motivace.





**THALAMUS**

ncll. mediales

ncll. anteriores

striae medullares med.

lat.

capsula interna

putamen

ncll. mediani

pallidum externum

pallidum internum

zona incerta

commissura anterior

ncl. basalis

extended amygdala

fornix

subncl. medialis

**HYPOTHALAMUS**

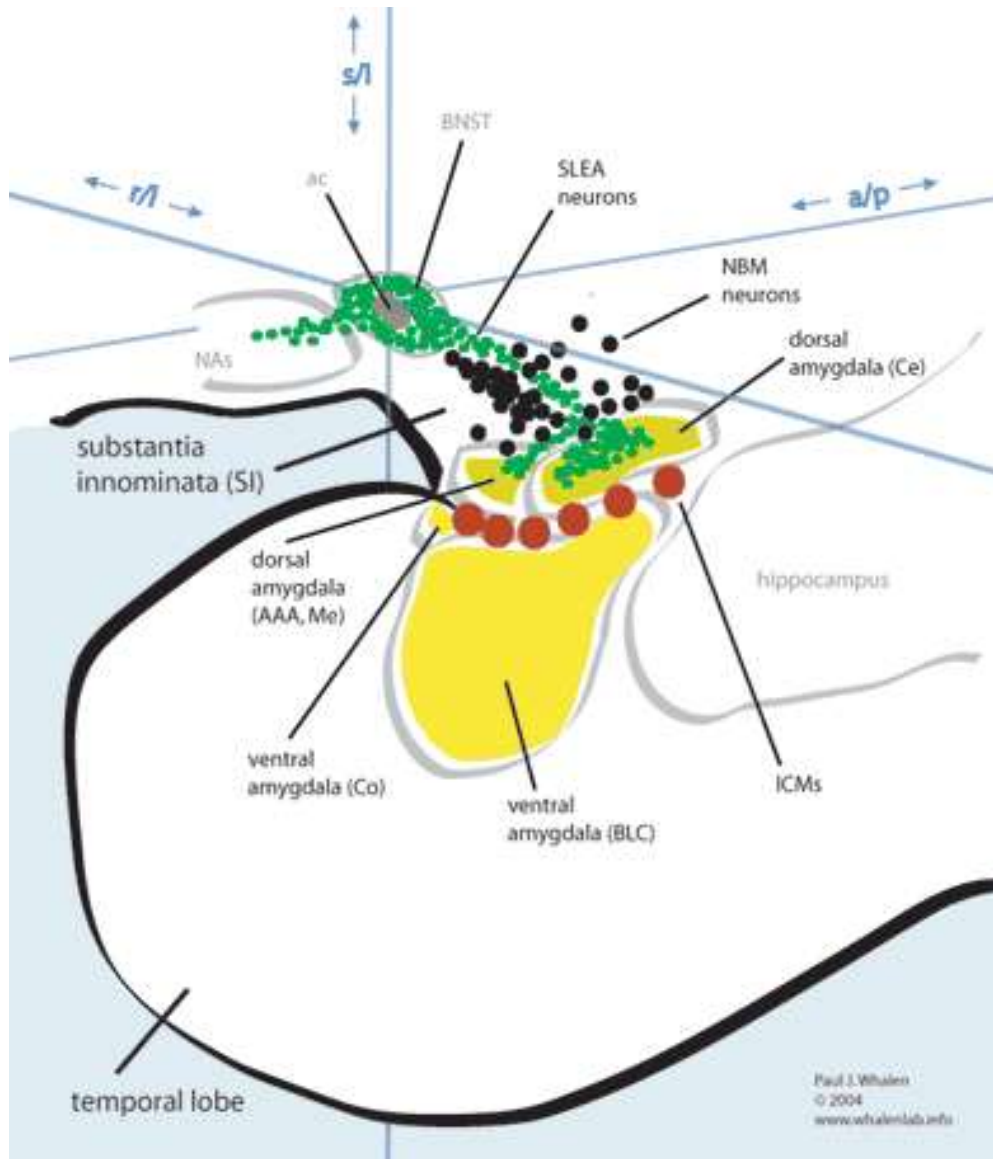
subncl. corticalis

**AMYGDALA**

tractus opticus

subncll. basolaterales

<http://whalenlab.info/about-amygdala.html>

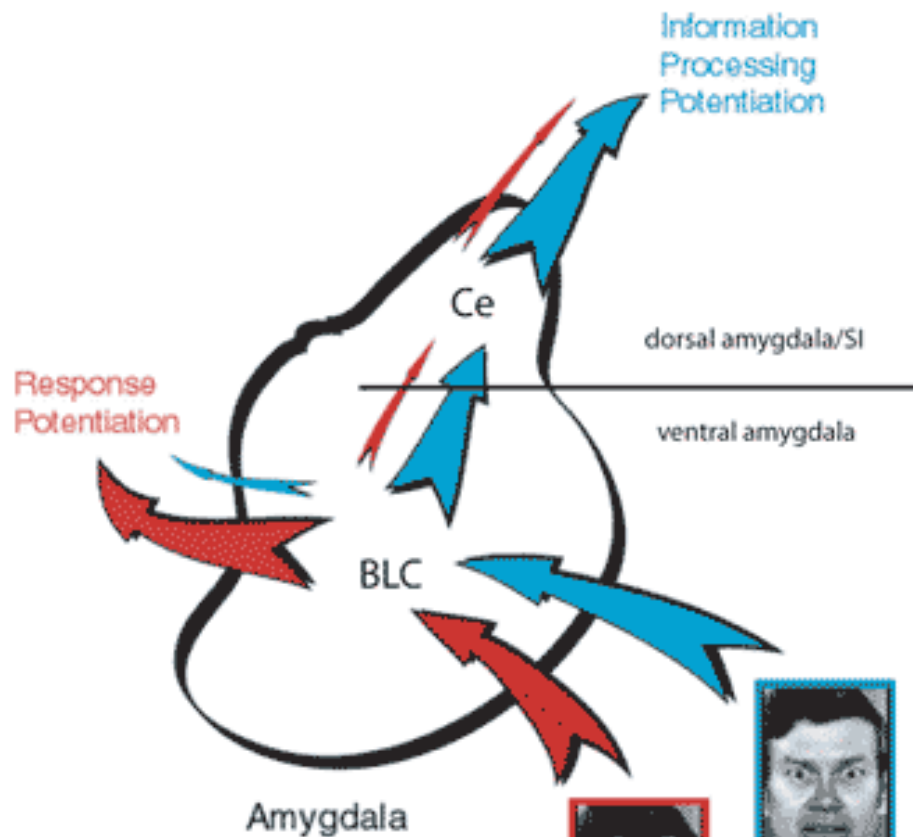


fMR  
human BOLD signal response is to invoke a dorsal/ventral distinction across the human amygdala

the dorsal amygdala (Ce), (Me) a (AAA).  
The ventral amygdala (BLC) cortical nucleus (Co).

**Ventrální amygdala** - signál souvisí s detekcí a diskriminací stimulu podle jeho v minulosti ověřené povahy.

**Dorsální amygdala/SI aktivace** – je největší, pokud se neví co prezentovaný stimul udělá. Tento ostražitý systém je významný ve vztahu k odpovědi na stimuly nejistého emočního významu (hlavně v říši úzkostných poruch)



Fear



Anger

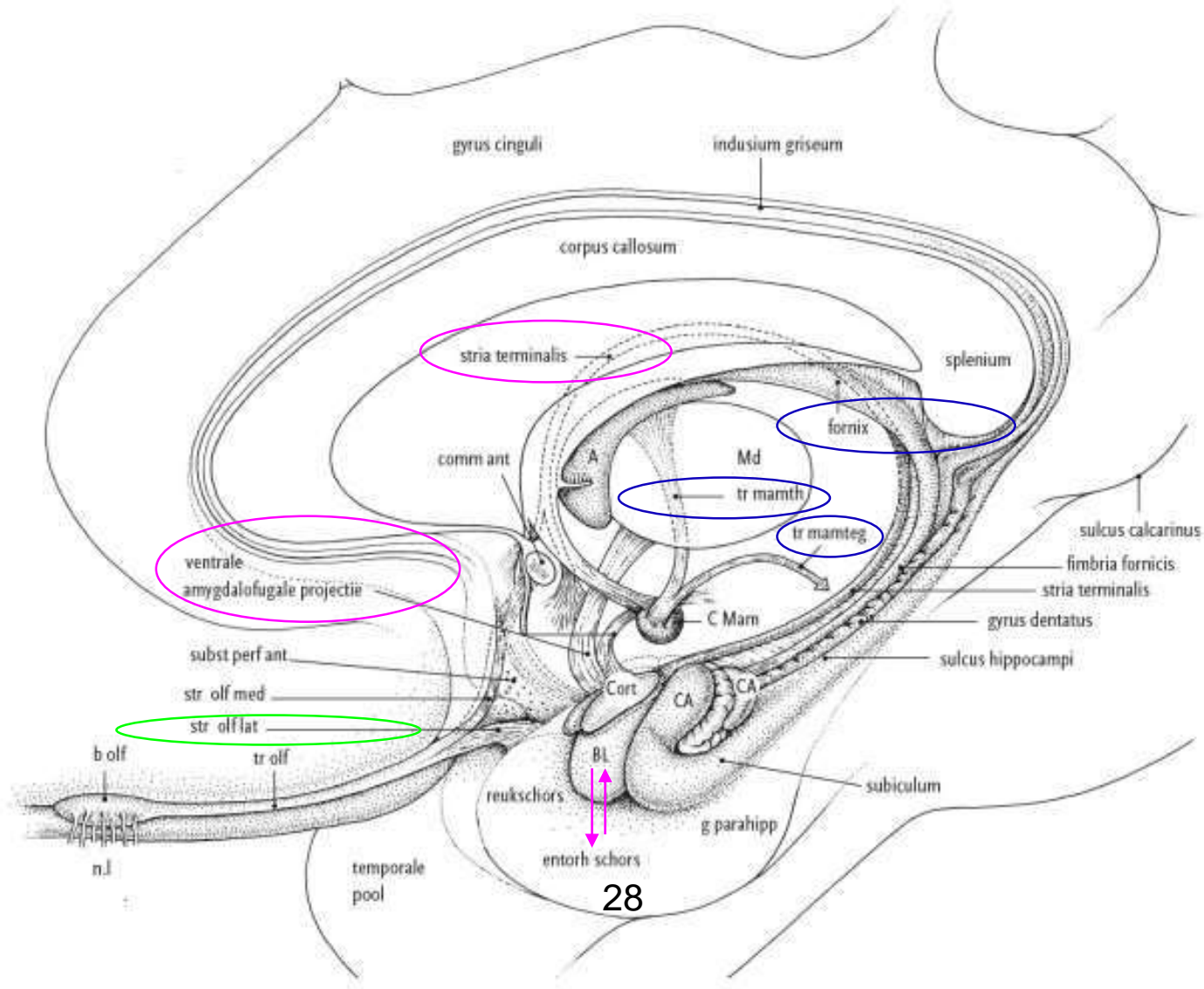
Strach – nejasné –  
přepojeno do dorsální  
části amygdaly a SI

Hněv – rychlá reakce - útok útek)

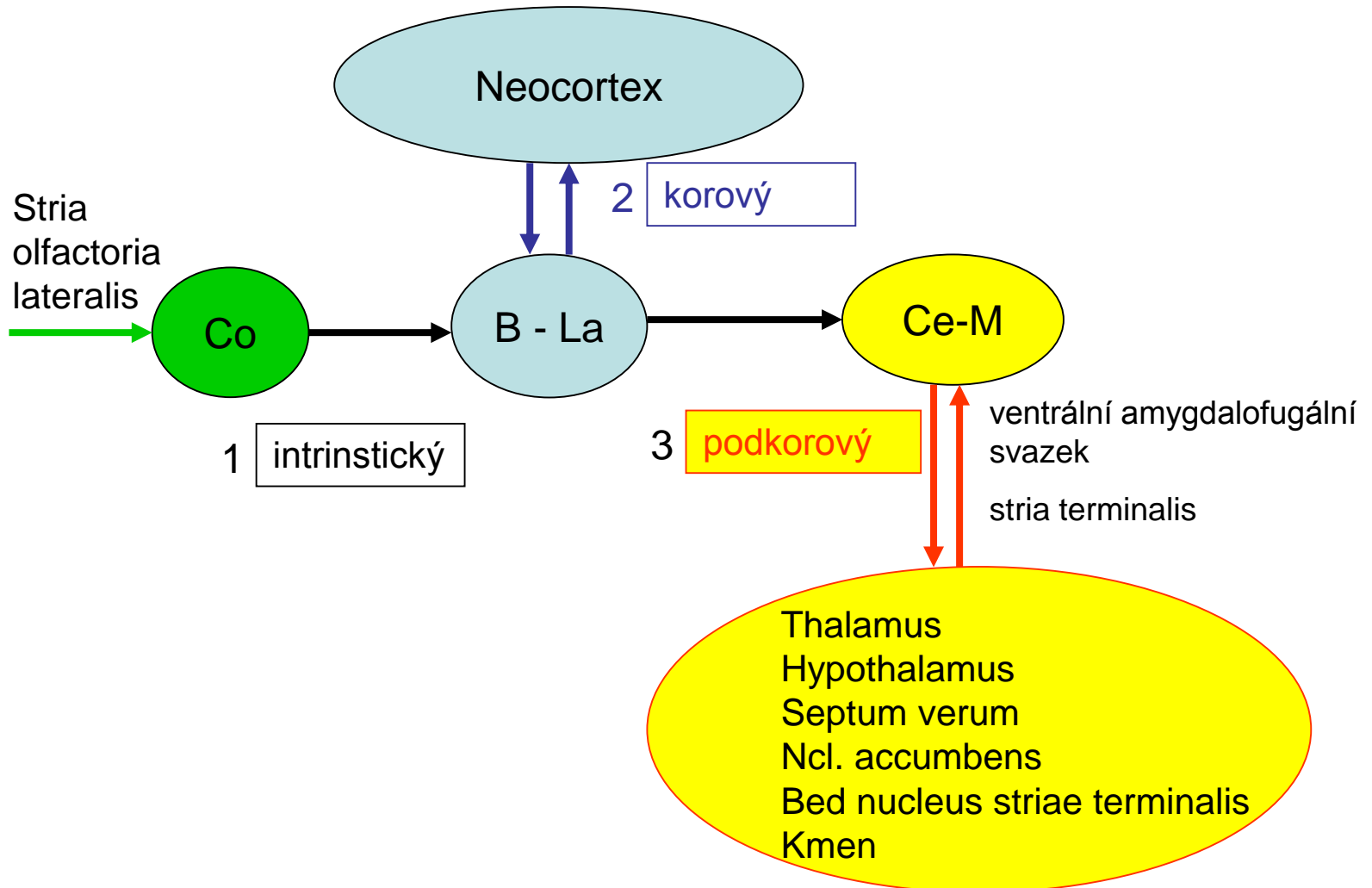
**A proposed model of amygdala response to fearful and angry facial expressions.**



# Spoje limbického systému



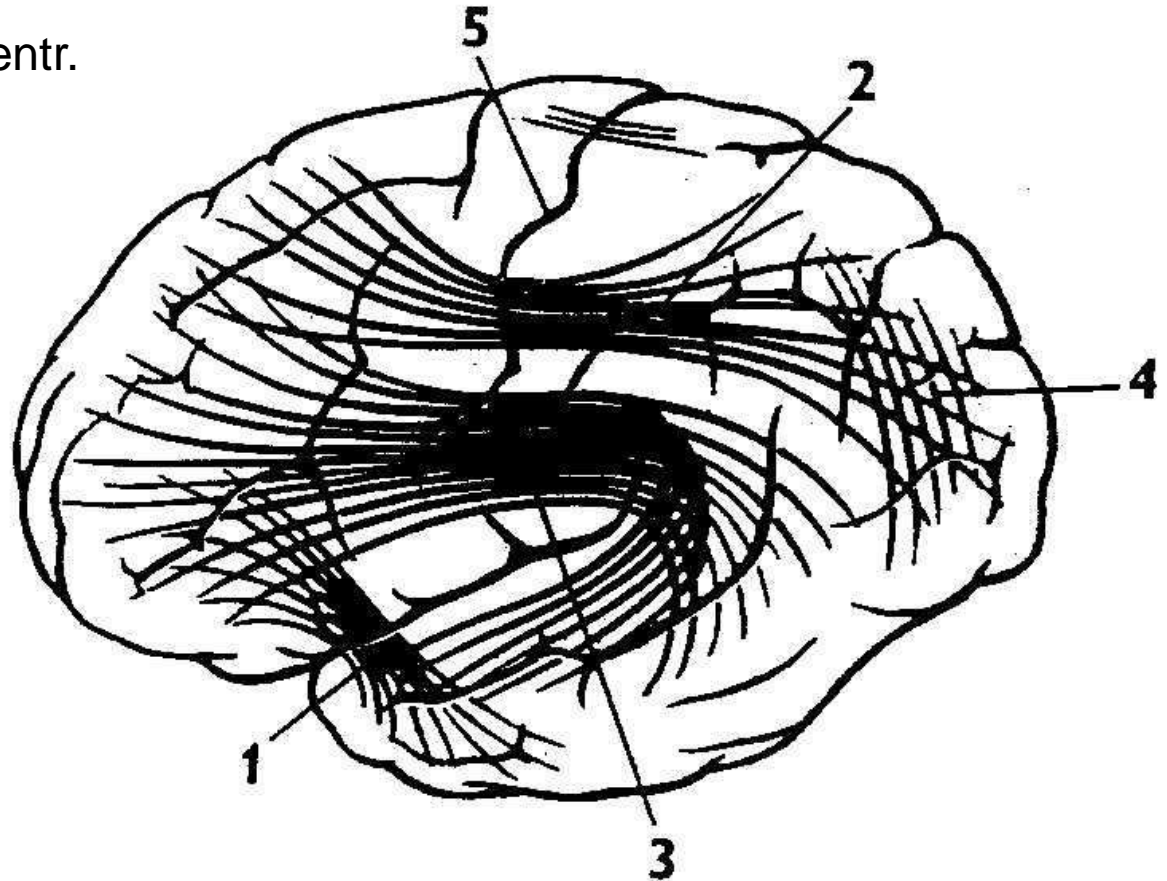
# Amygdální okruhy



# Amygdalární okruhy

- Korové běží ve fasciculus uncinatus

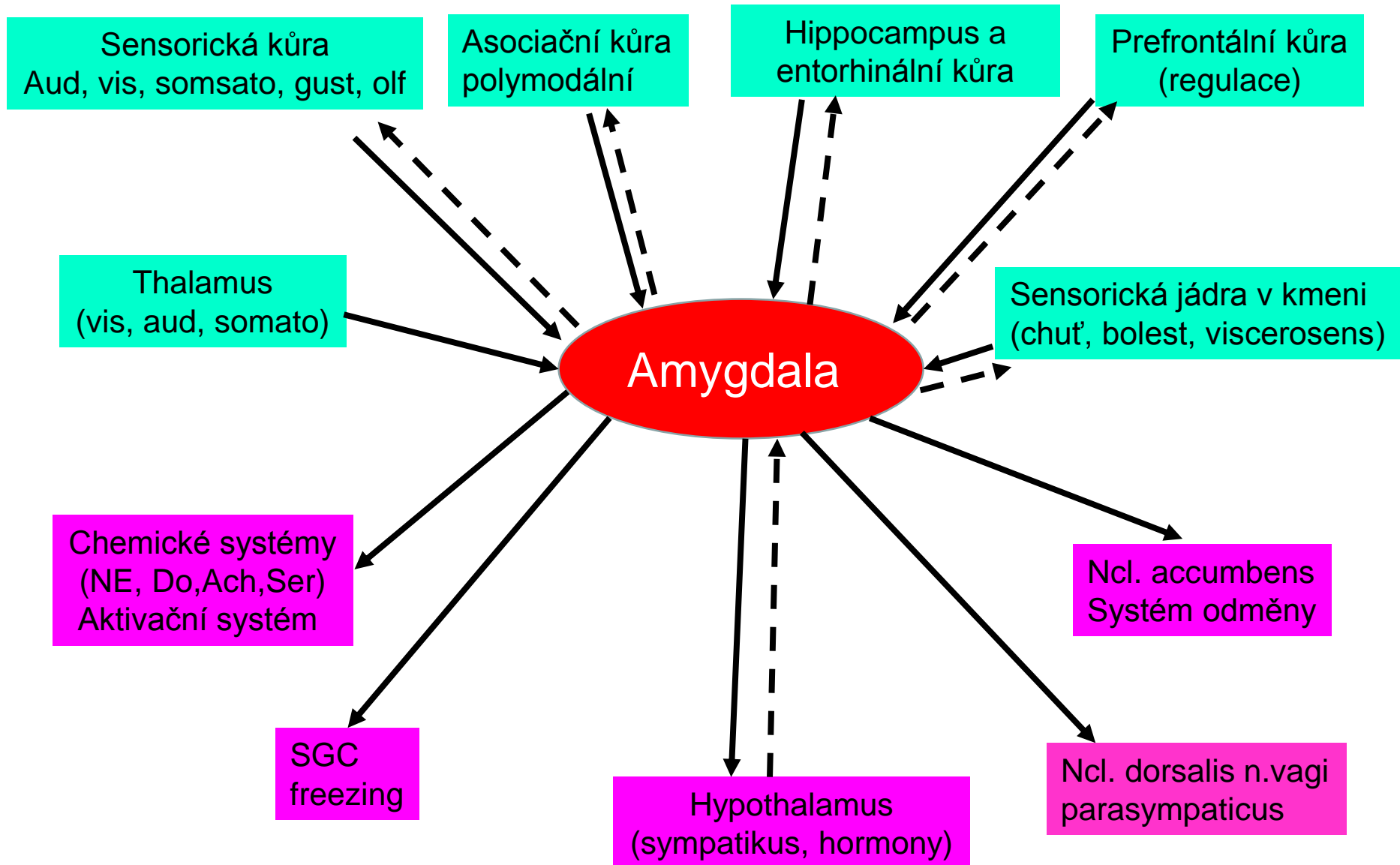
BL – OF, insula, temp. – BL a centr.



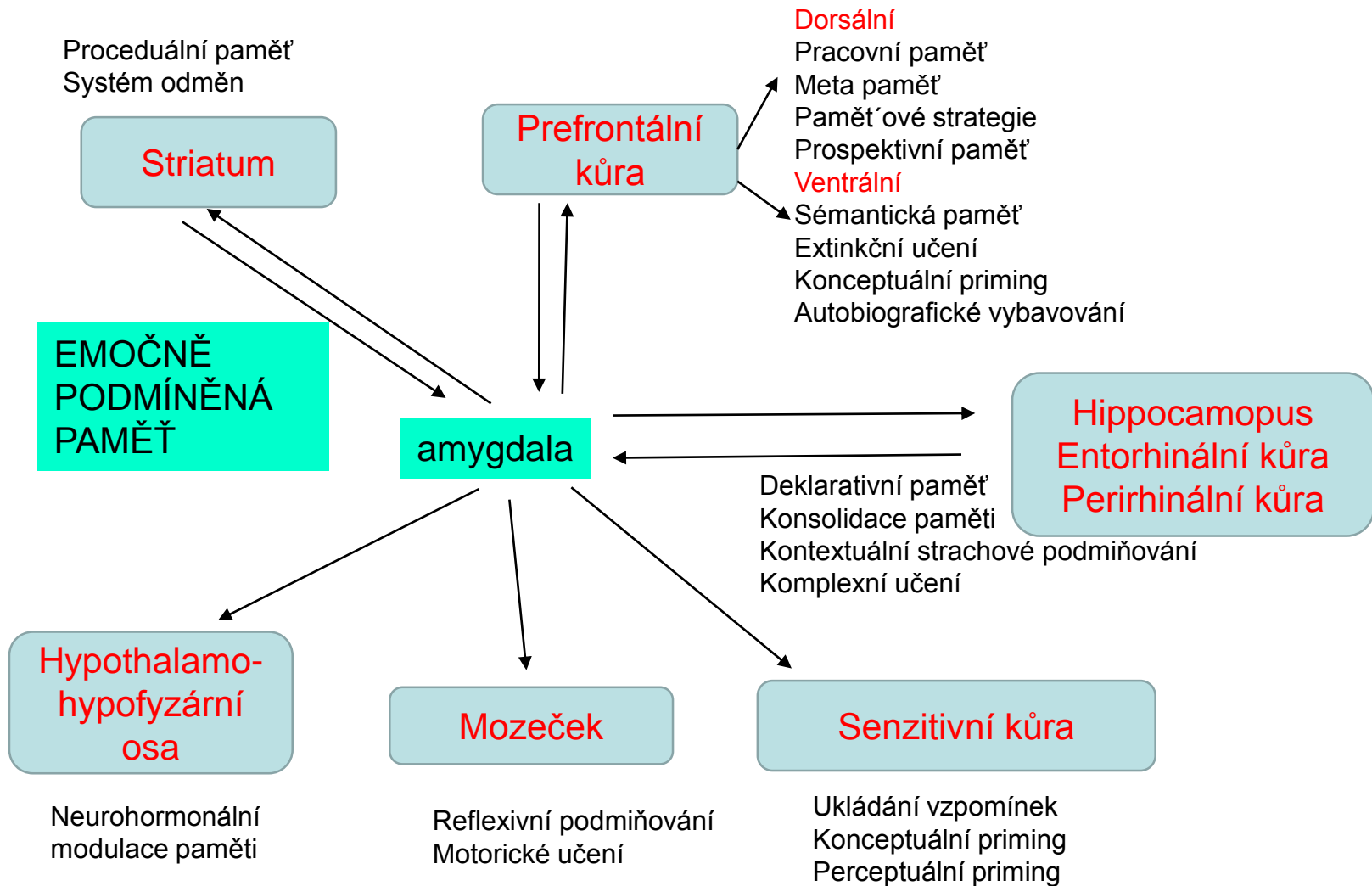
# Podkorové spoje amygdaly

- **Stria terminalis (všechna jádra)**
- Odbočky OF kůra, MD thalami, VM hypothalami, area adolfactoria
- **Ventrální amygdalofugální systém** (Cent,M, Ext)
- - přímo do lat Hyp přední jádra, ncl.basalis, acc
- **Kmenový**
- Z centrálních jader – monoaminový systém, RF, dX, ncl solitarius

# Spoje amygdaly – celkové podle LeDoux

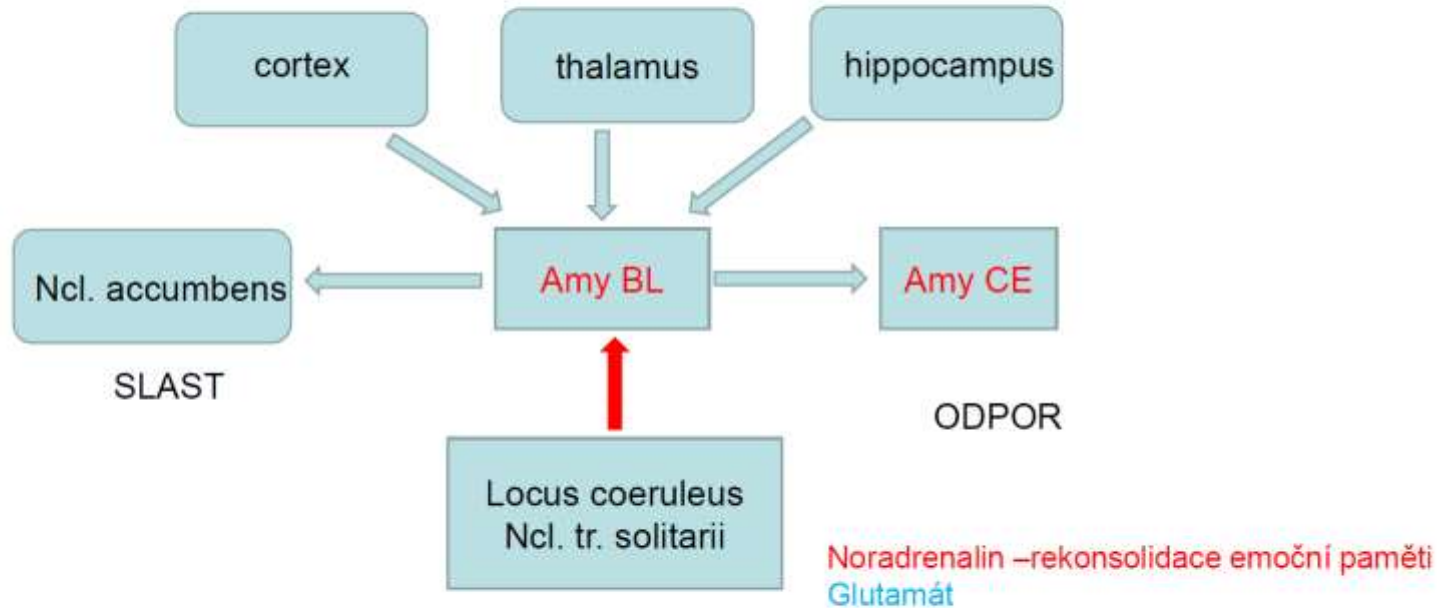


# Amygdala a paměť



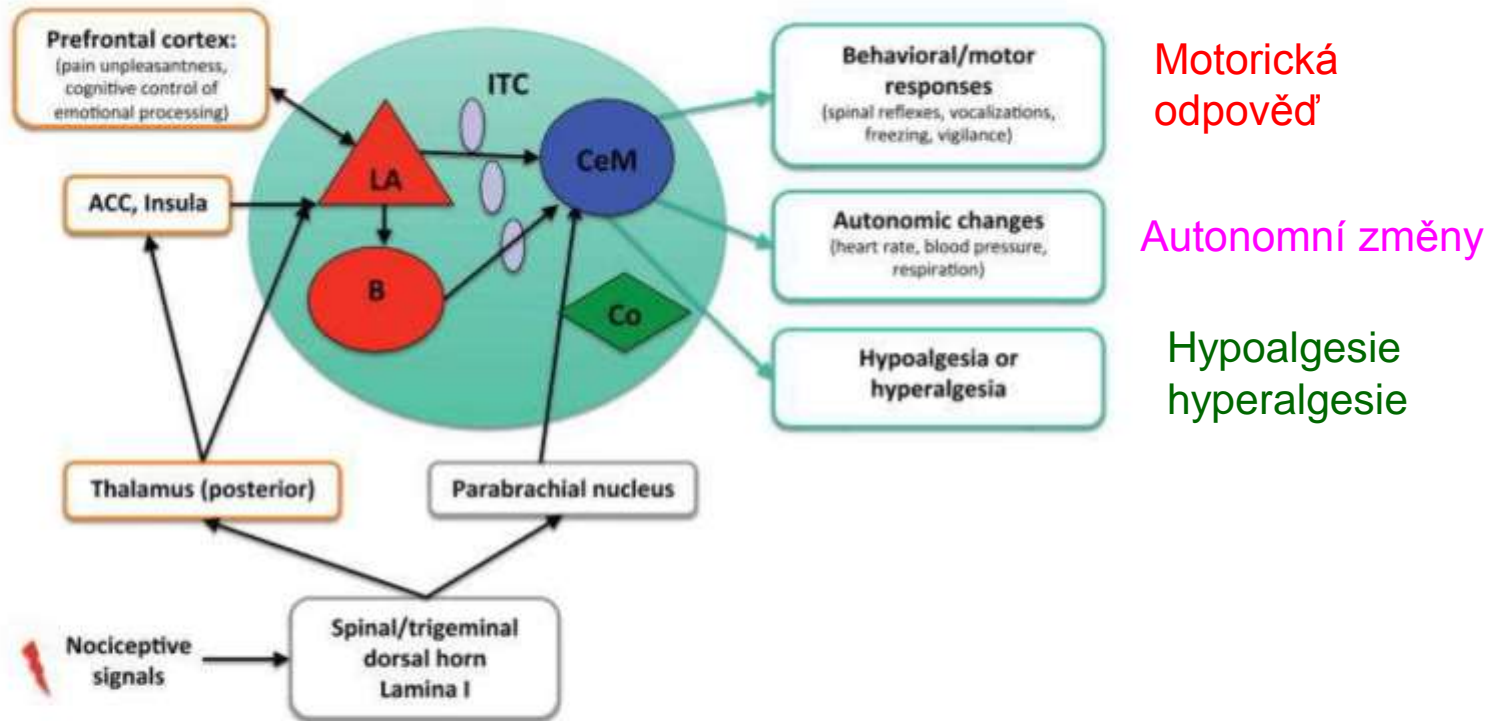
# Rekonsolidace emoční paměti

PODLE [http://www.nature.com/npp/journal/v40/n4/fig\\_tab/npp2014243f2.html#figure-title](http://www.nature.com/npp/journal/v40/n4/fig_tab/npp2014243f2.html#figure-title)



Blokáda NMDA noradrenergických receptorů propranololem pomáhá blokovat rekonsolidaci emoční paměti u posttraumatické stresové poruchy i při léčbě závislosti

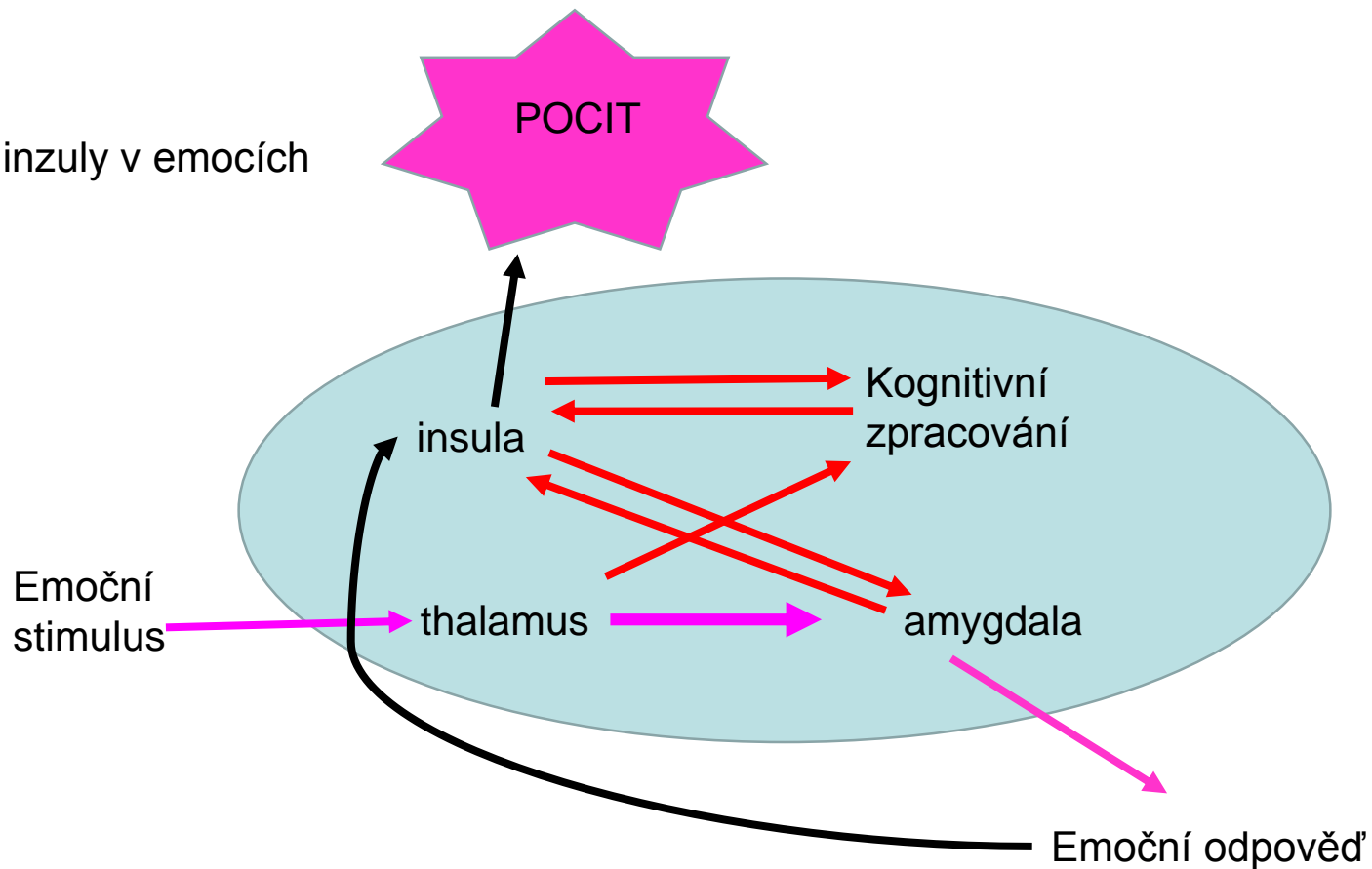
# Role amygdaly v nocicepci



**ORANŽOVĚ OZNAČENÉ OBLASTI ZNAČNĚ OVLIVNĚNÉ CHRONICKOU BOLESTÍ** ACC=anterior cingulate cortex, B=basal nucleus, CeM=centromedial nuclei region, Co=cortical nuclei in the superficial region, ITC=intercalated cells, LA=lateral nucleus. Based on ([Neugebauer et al., 2009](#); [Neugebauer et al., 2004](#); [Price, 2003](#)).

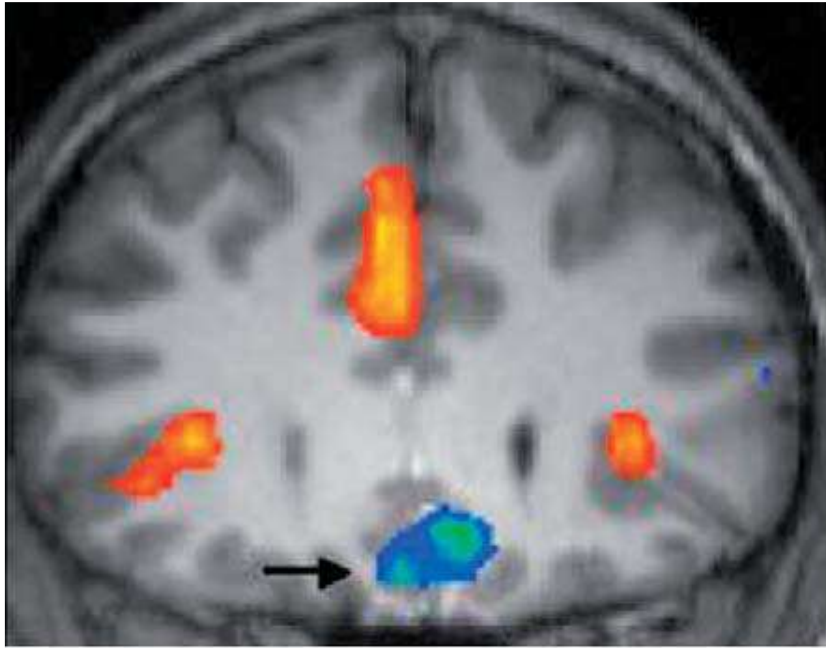


## Role inzuliny v emocích

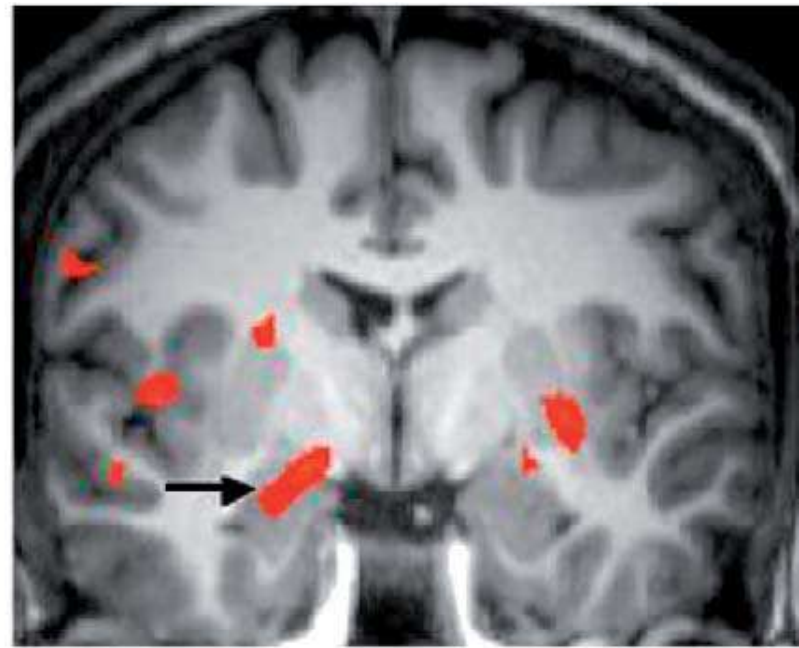


Funkční neuroanatomická modifikace **modelu emočních odpovědí** Williama Jamese (1984). Emoční stimuly (S) vyvolávají automatické emoční odpovědi (R) cestou spojů thalamus–amygdala (růžové čáry). Toto se děje na podvědomé úrovni. Autonomní odpovědi v periférii se registrují a vedou do střední části inzuliny a po zpracování do přední inzuliny vpravo, kde dochází k vyššímu kognitivnímu zpracování. Emoční stavy jsou tedy výsledkem interakcí mezi periferními a centrálními vstupy v **pravé přední inzulí** Trends in Cognitive Sciences, 6(8), J. S. Morris, How do you feel?,

## Léčba fobií



(a)



(b)

Oblasti aktivované při vyhasínání podmíněného strachu.

**a**, Ventromediální prefrontální kůra (šipka) při učení méně odpovídá na podmíněný stimul (CS+)

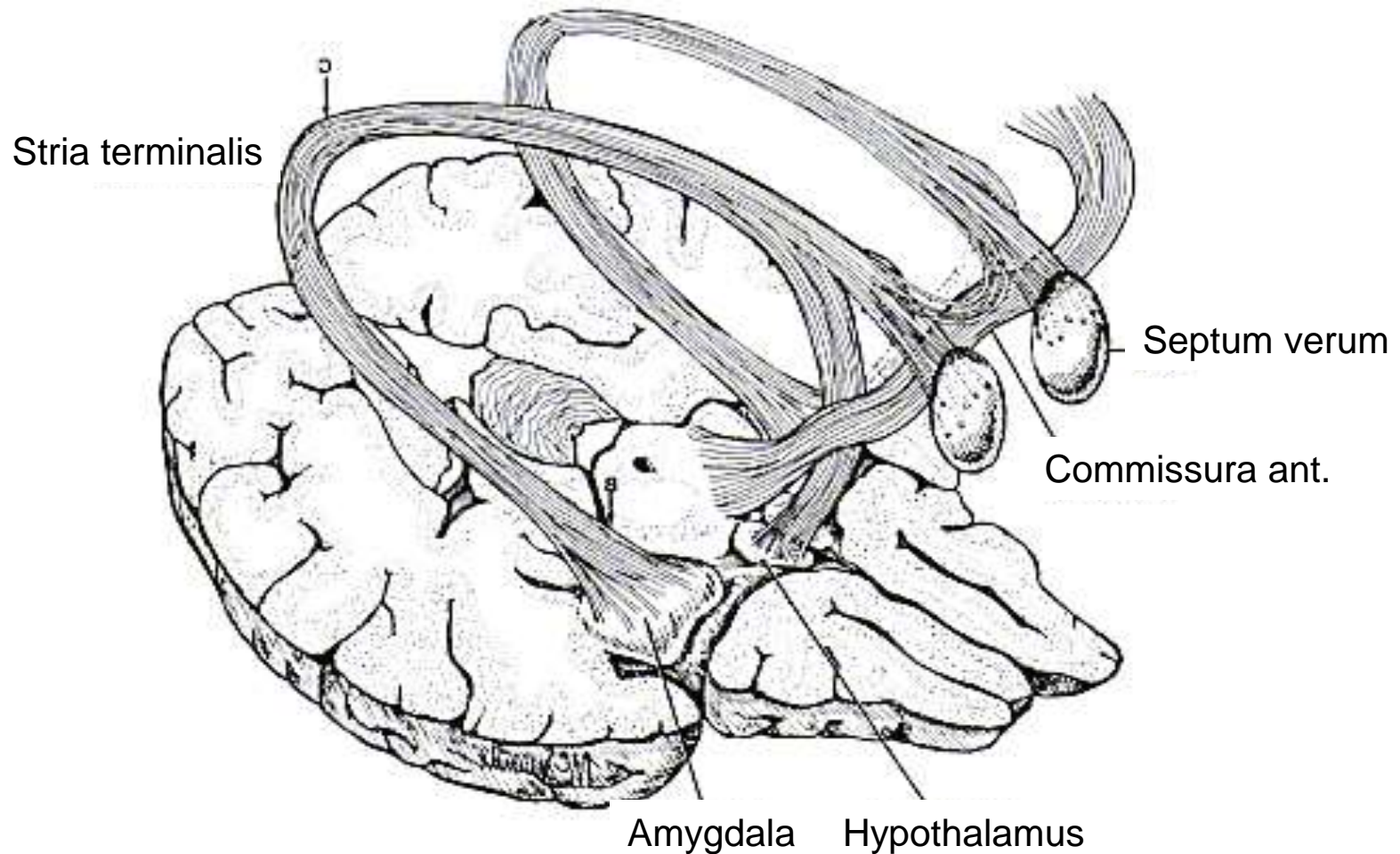
**b**, amygdala se aktivuje (šipka) jako odpověď na CS+ při učení oproti vyhasínání

Během tréninku vyhasínání se aktivita ventromediálního prefrontálního cortexu postupně zvyšuje a velikost tohoto vzestupu aktivace odpovídá retenci vyhasínání.

Trénink vyhasínání způsobí pokles aktivity amygdaly při působení CS+

. Reprinted from Neuron, 48, E. A. Phelps & J. E. LeDoux, Contributions of the amygdala to emotion processing: from animal models to human behavior, pp. 175–187, Copyright (2005), and adapted from Neuron, 43, E. A. Phelps et al., Extinction learning in humans: role of the amygdala and vmPFC, pp. 897–905,

# Stria terminalis



# Fornix

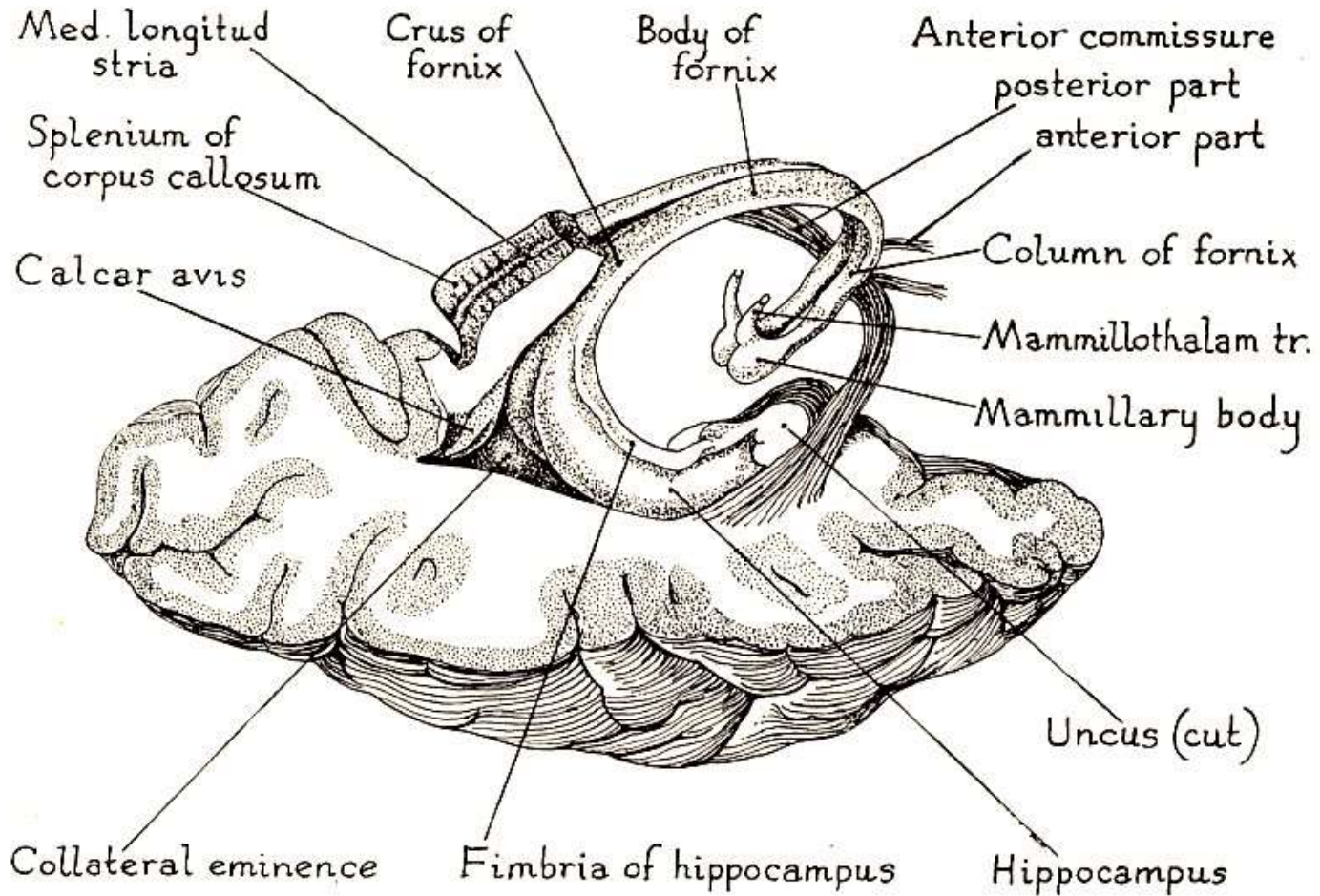
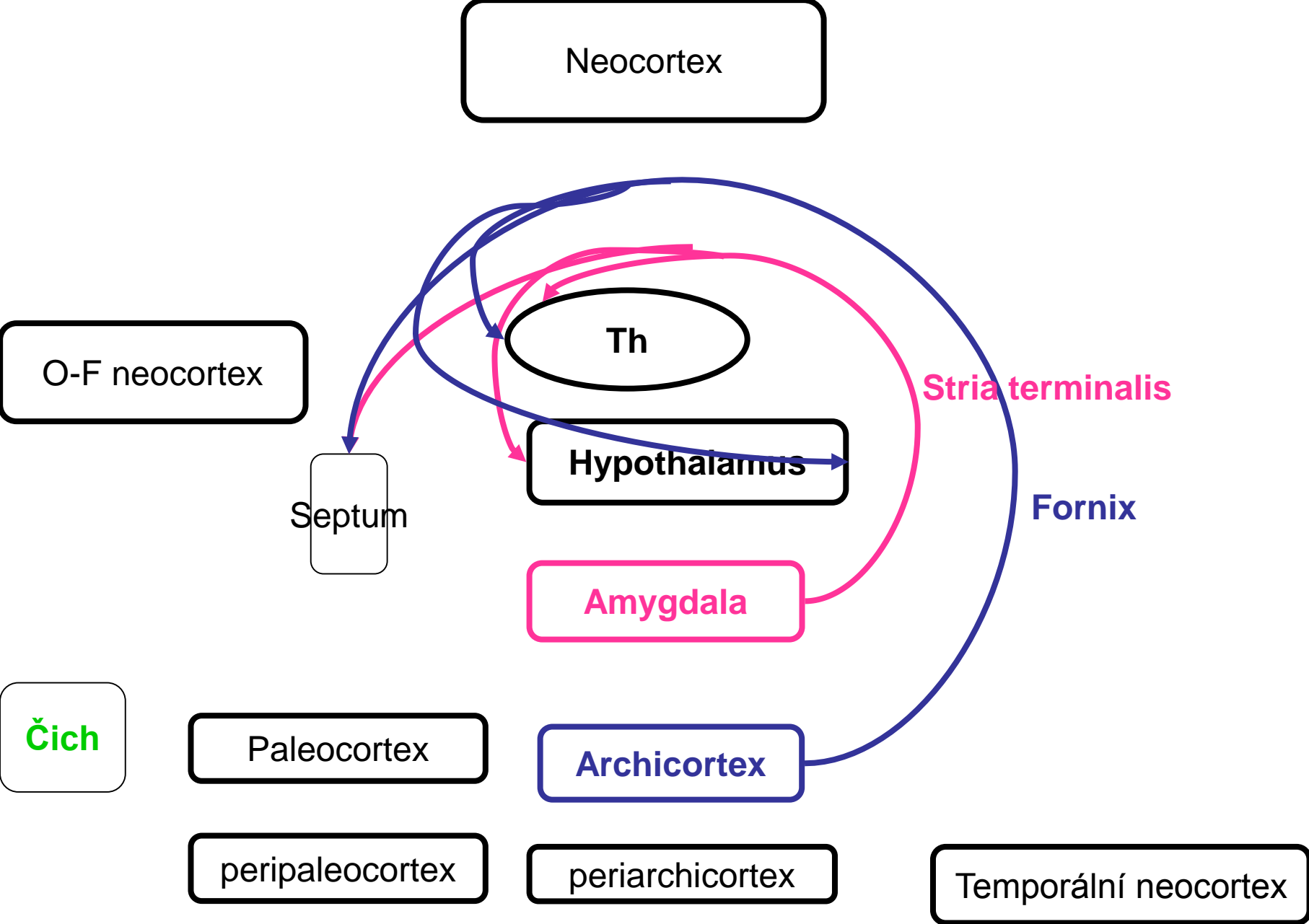
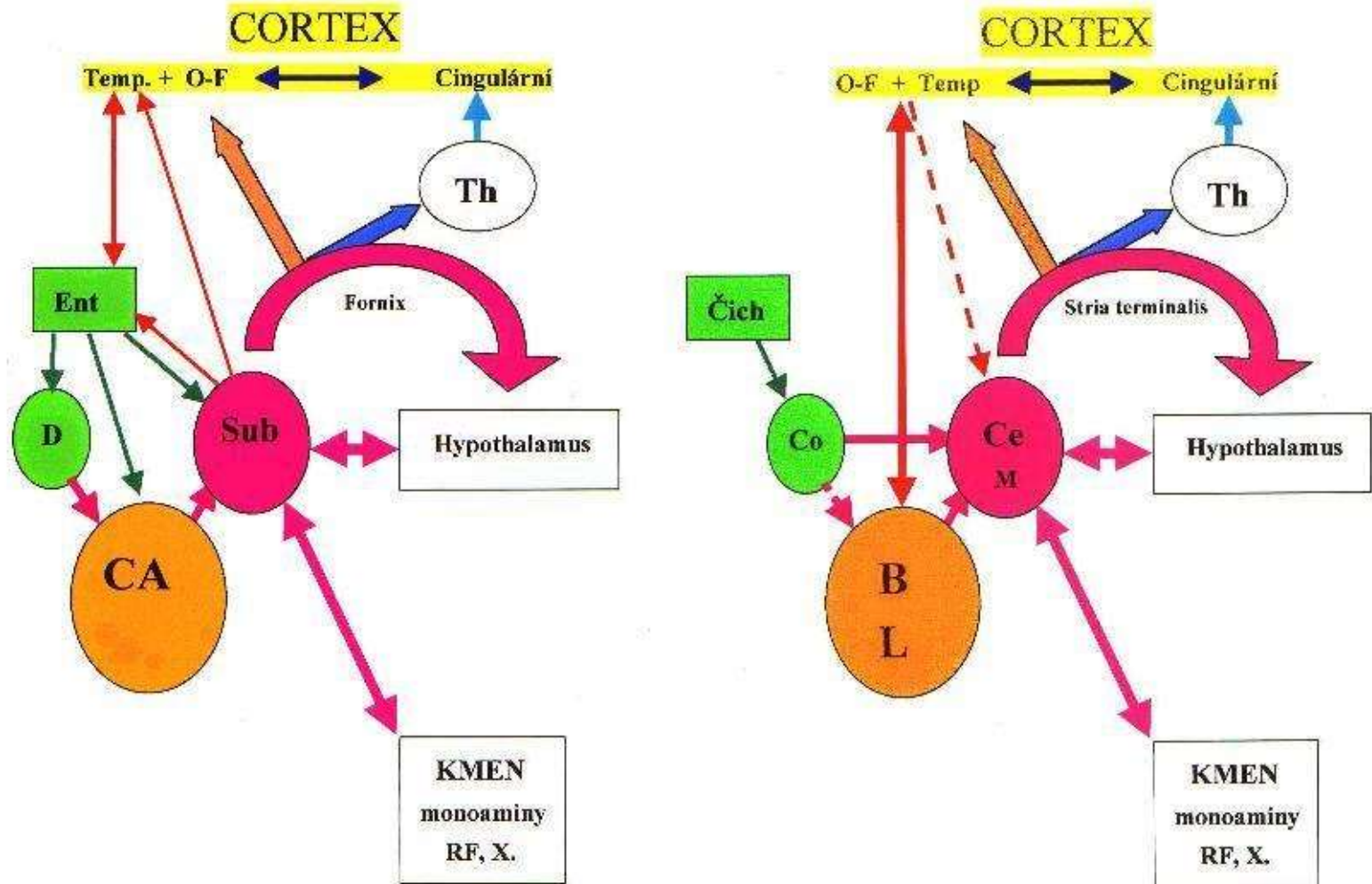


FIG. 310. Dissection of right hemisphere showing inferior and posterior horns of the lateral ventricle, hippocampus, fornix and anterior commissure. (After Rauber-Kopsch.)

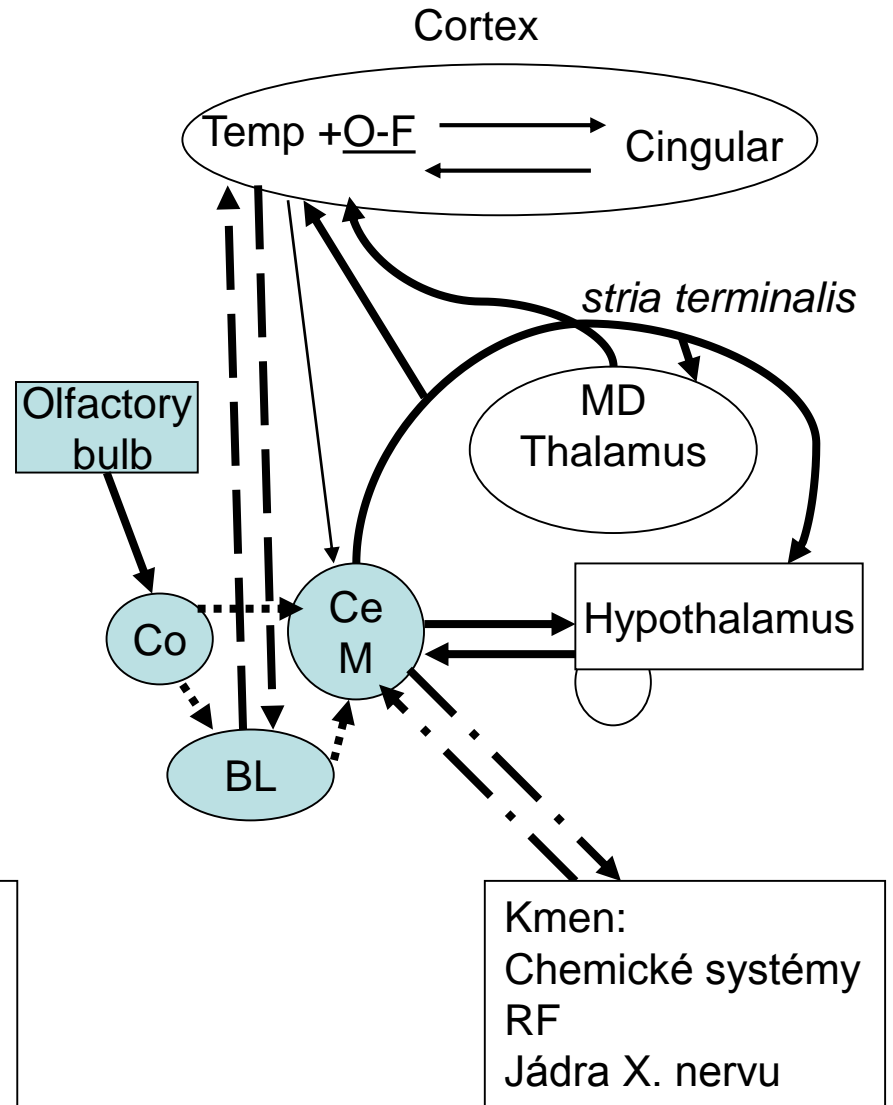
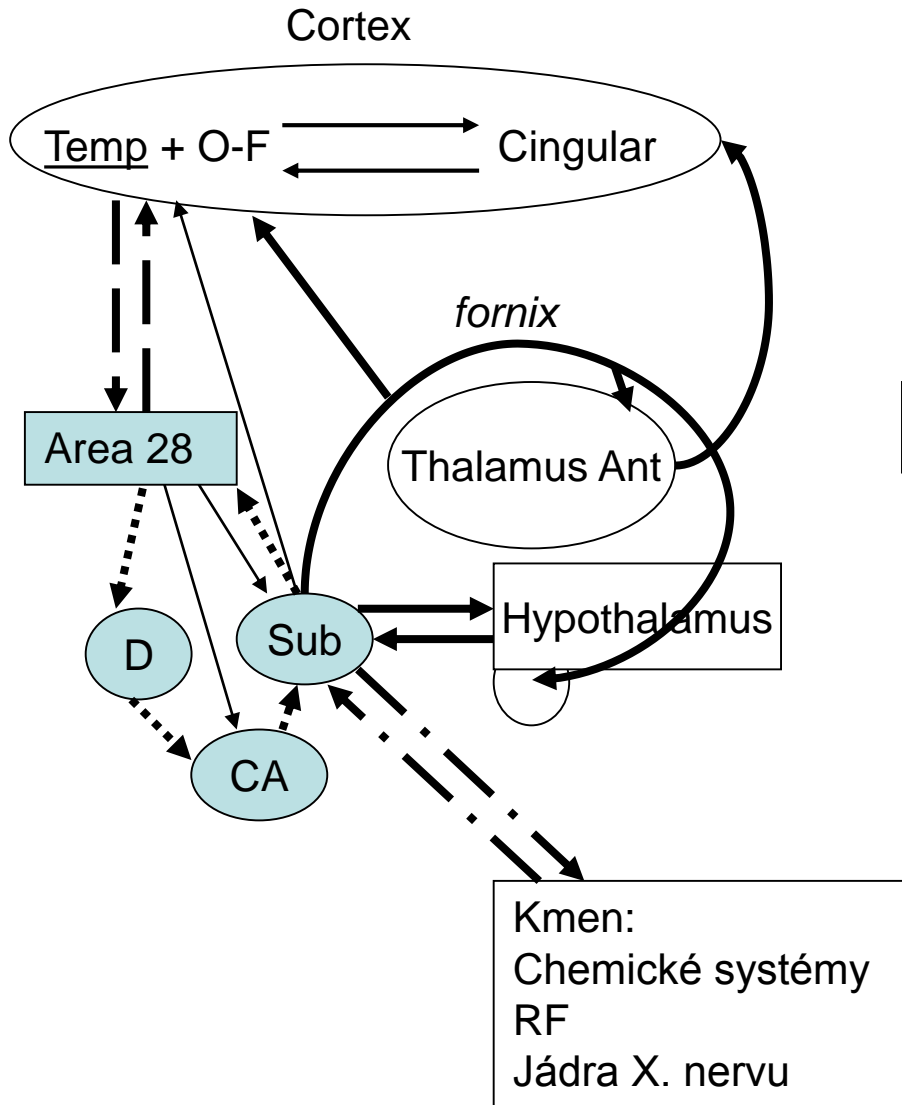


# Společné charakteristiky spojů hipokampu a amygdaly

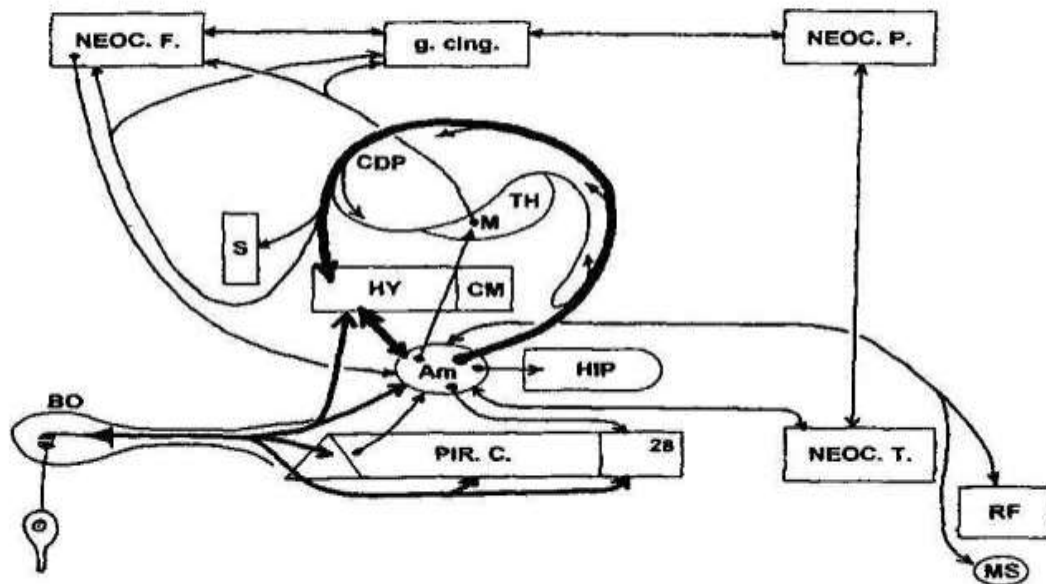
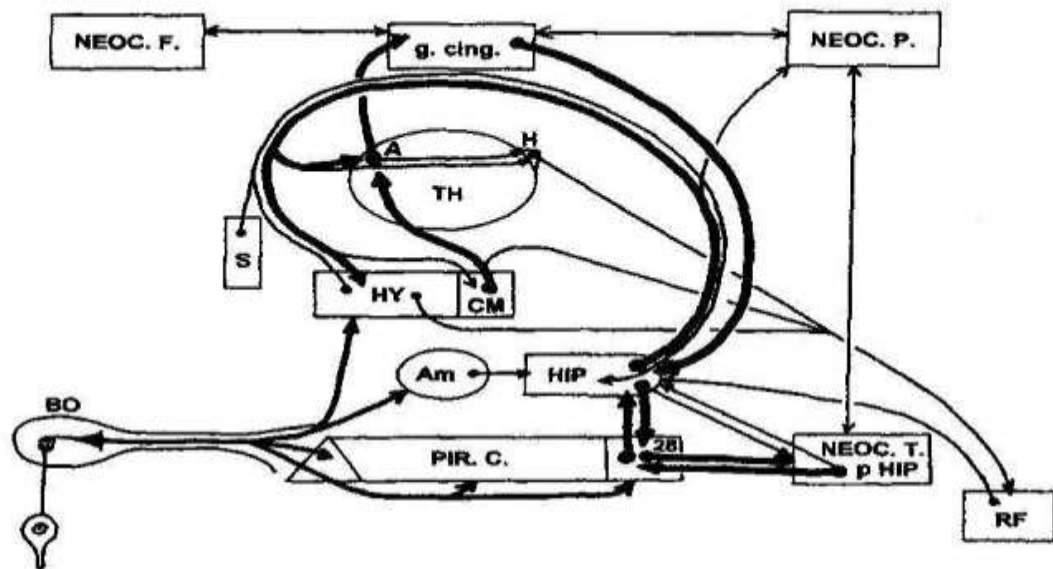
- 1) Přímá projekce do neokortexu: **Temp** **O-F**
- 2) Obloukem probíhající eferent do podkoří -Th, Hypoth, Spt  
**Fornix** **Stria terminalis**
- 3) Podobné oblouky spojů  
**Hip-Hyp(CM)-Th(Ant)-g.cinguli-Hip**  
**Amy-Hyp(Ant)-Th(MD)-Front.kůra-Amy**
- 4) Spoje s mozkovým kmenem  
**přes CM a habenulu**  
**přímo**
- 5) Téměř všechny spoje obousměrné a tvoří okruhy drah
- 6) Aferenty z čichové dráhy, bez zpětné vazby  
**přes periarchikortex**  
**přímo do kortikálních jader**



Obr. 72.: Srovnání hipocampálních a amygdalárních okruhů







Obr. 72.: Srovnání hipokampálních a amygdalárních okruhů, v dolní části každého schématu je připojena i dráha čichová.

# PET studie emocí

- Functional Neuroanatomy of Emotion: A Meta-Analysis of Emotion Activation Studies in PET and fMRI\*1
- **K. Luan Phana, 2, Tor Wagerb, Stephan F. Taylora and Israel Liberzonc, a**
- (1) **mediální prefrontální cortex** hlavní role ve zpracování emocí;
- (2) strach registruje **amygdala**;
- (3) **smutek** spojen s aktivitou **subkalosní část g. cinguli**;
- (4) emoce vyvolané zrakovým podnětem aktivují **occipitální cortex a amygdalu**;
- (5) pro emoční vzpomínky důležitá přední **cingulární kůra a inzula**;
- (6) emoční projevy s kognitivní složkou také zaměstnávají **přední cingulární kůru a inzulu**.
- Tato studie prokazuje, že v **různých stránkách emocí jsou zapojeny různé části mozku**.

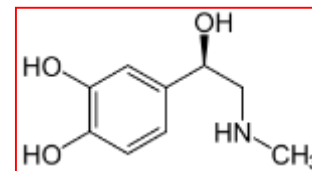
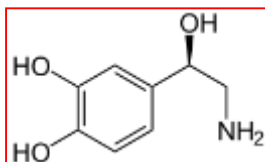
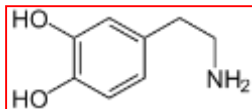
# Chemické systémy

- Neurotransmittery:
- Inhibiční : GABA, glycin
- Excitační: **acetylcholin Ach (skupiny Ch1-CH6)**
- **katecholaminy skupiny A1-A14**
- **serotonin skupiny B1-B9 (rapheální jádra)**
- **glutamát**
- Modulace: substance P, enkefalin, calbindin, VIP,
- oxid dusnatý atd.

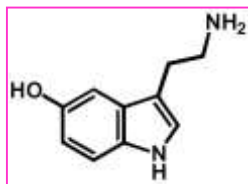
Důležitý je nejen neurotransmitter, ale i přítomnost receptorů pro něj

V každém neuronu je „koktail“ mediátorů

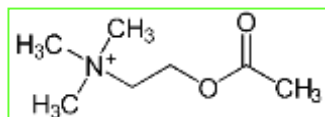
Dopamin  
Noradrenalin  
Adrenalin



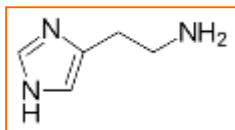
Serotonin



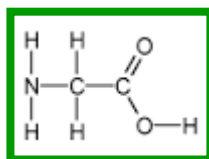
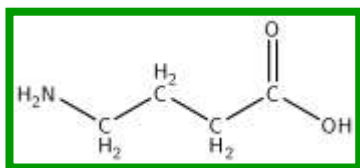
Acetylcholin



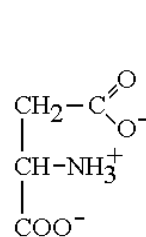
Histamin



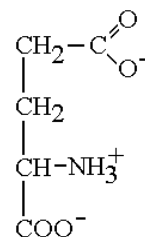
GABA



Glycin

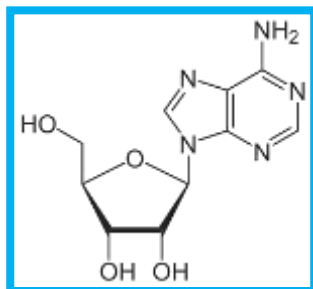


Aspartate



Glutamate

Adenosin



Kofein - blokátor jeho receptorů

# Neurotransmitery

Biogenní aminy

Adrenalin, noradrenalin, dopamin

Serotonin

Acetylcholin

Histamin

Aminokyseliny

Glutamát, aspartát – excitační např. spinální ganglion

GABA, glycin – inhibiční např. interneurony v míše

Nukleotidy

Adenosin, ATP

Neuropeptidy

Substance P, VIP, somatostatin, cholecystokinin, enkefalin, endorfiny,

Plyny- NO, CO

Neurotransmitery působí po navázání na příslušný receptor – což vyvolá

- 1) přímo **otevření iontového kanálu**  
nikotinový receptor– zdržení na synapsi milisekundy
- 2) **působení přes G protein-**  
zdržení stovky milisekund

# Působení přes G-protein může

- 1) Postsynapticky depolarizovat – excitovat
- 2) Postsynapticky hyperpolarizovat – inhibovat

Záleží na druhu receptoru, např. **noradrenalin** v CNS na beta receptorech excituje a na alfa receptorech inhibuje

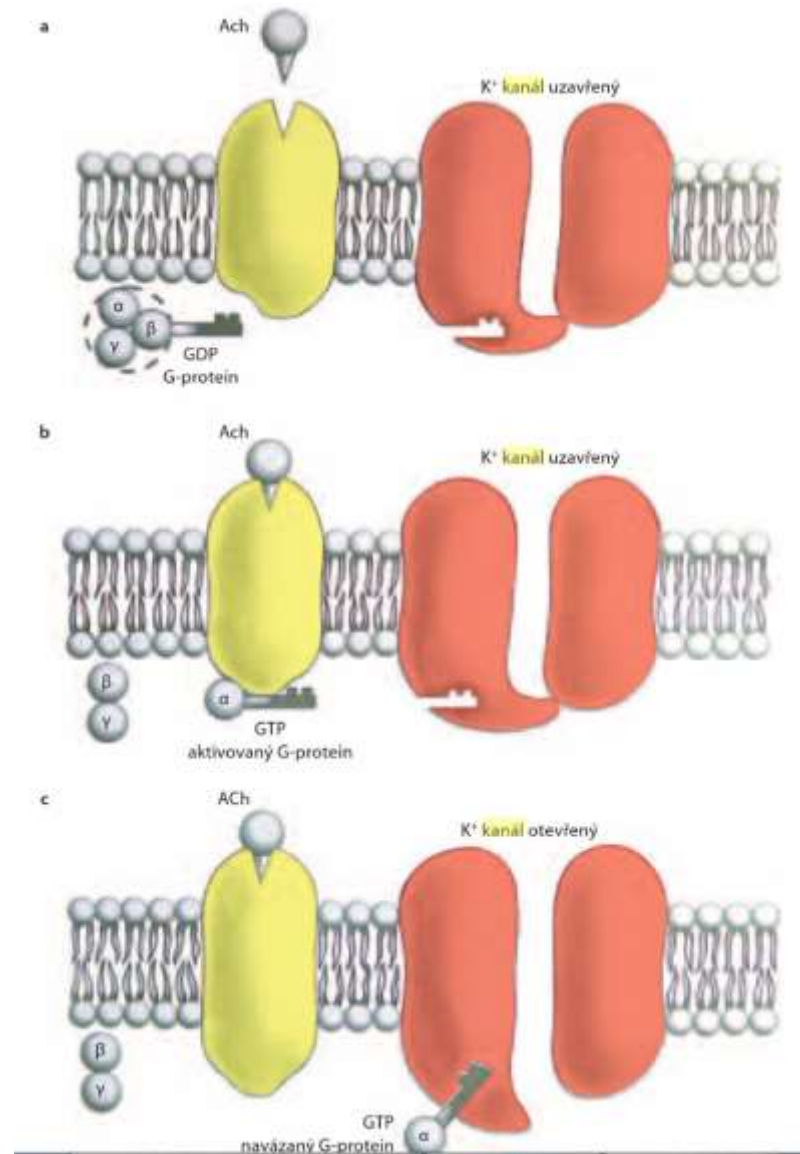
# Kam s neurotransmiterem ze synaptické štěrbiny?

- 1) zpětně se vstřebává (serotonin, histamin, katecholaminy), GABA, glycin, glutamát, aspartát
- 2) rozloží se působením enzymů (AChE)
- 3) vstřebají se do glií

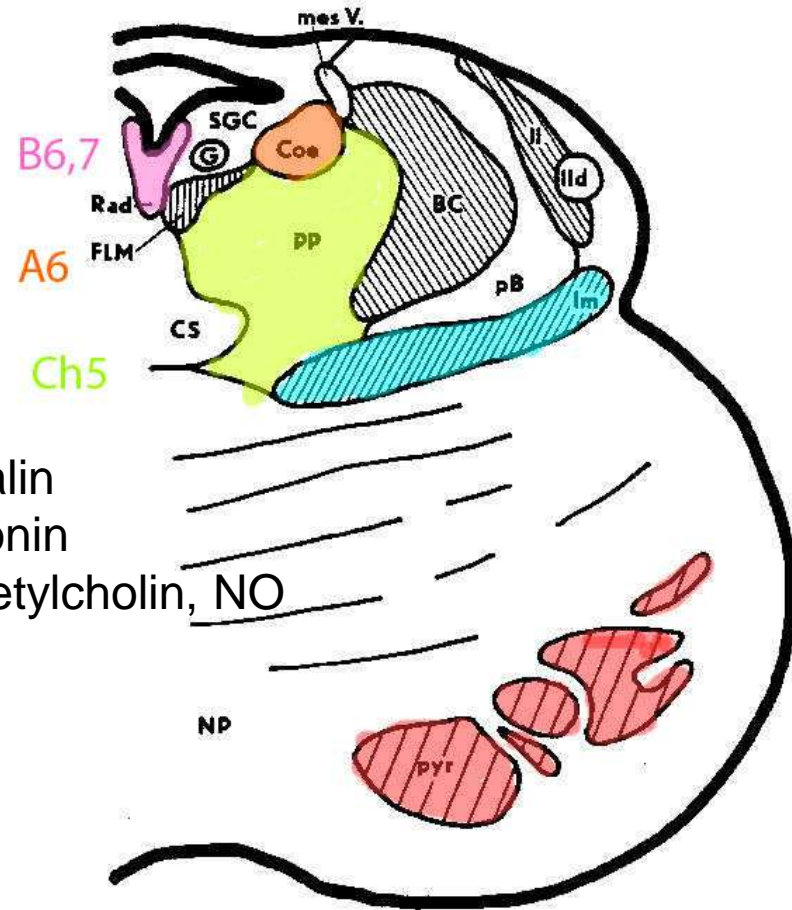
MOŽNOST OVLIVNĚNÍ FARMAKOLOGICKY



## Působení mediátoru přes G-protein (2. posel)



# Řez pontomesencephalickým přechodem



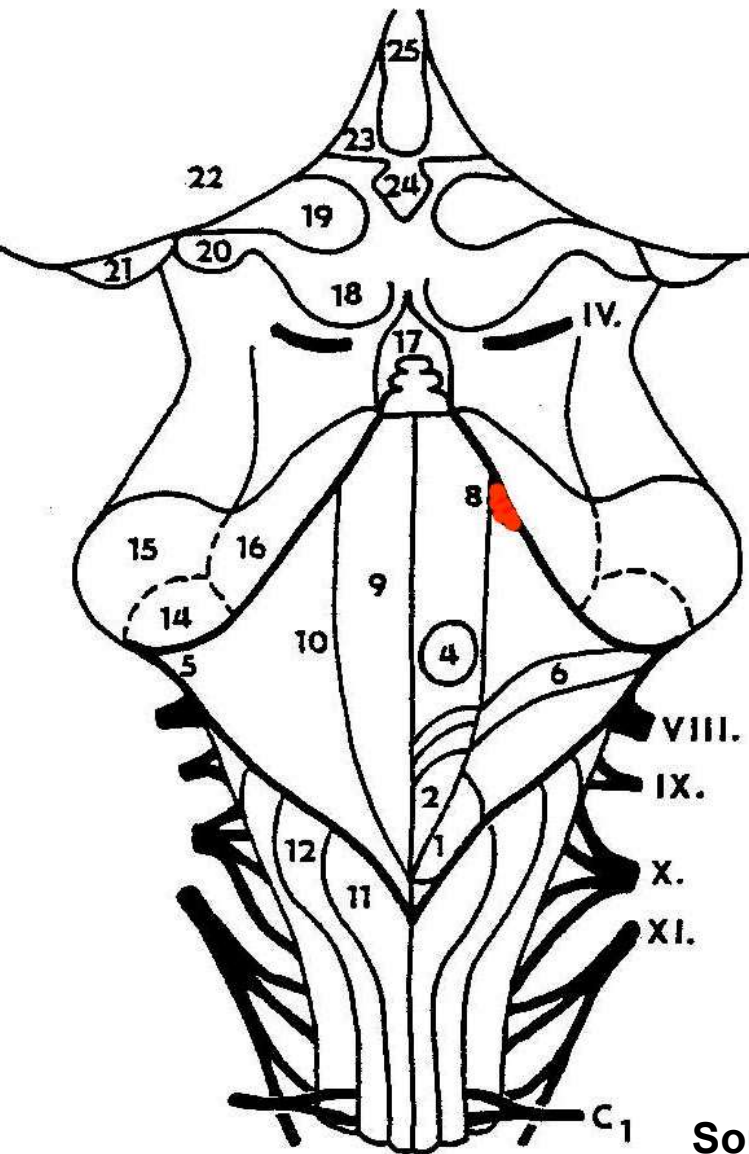
## Neurotransmitery

**A6** – locus coeruleus – noradranalin

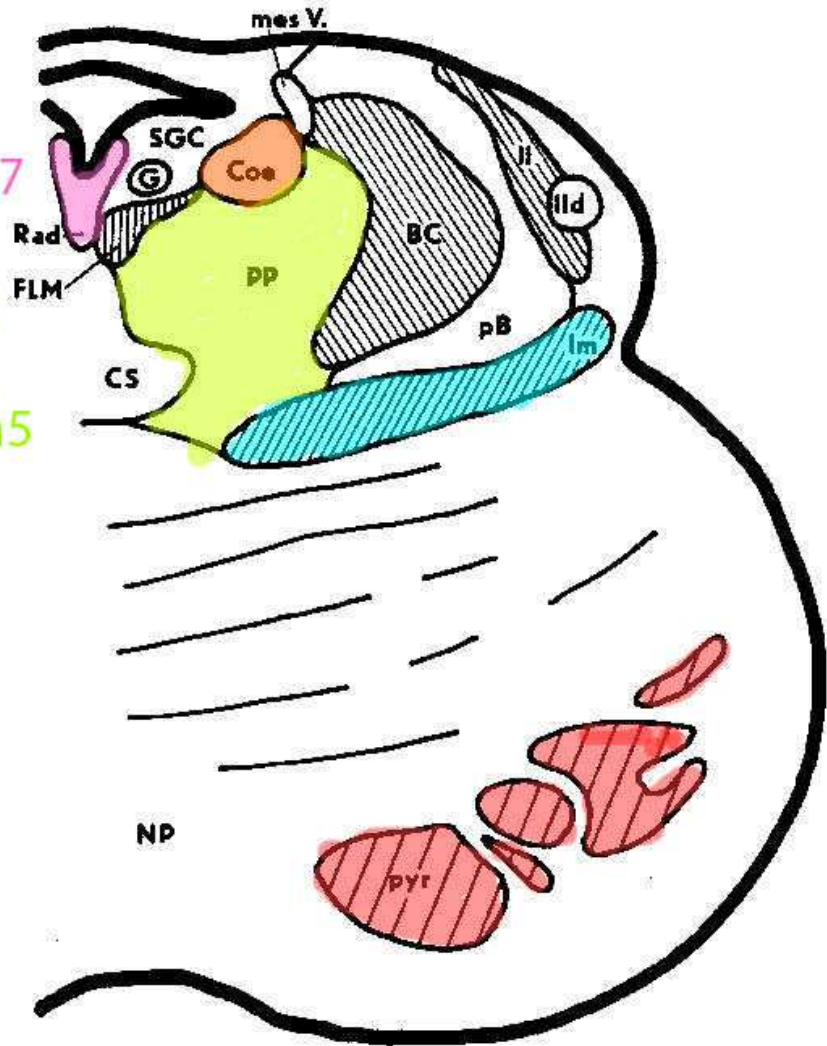
**B6,7** – ncl. raphe dorsalis – serotonin

**Ch5** – ncl pedunculo pontinus acetylcholin, NO

# Řez pontomesencephalickým přechodem



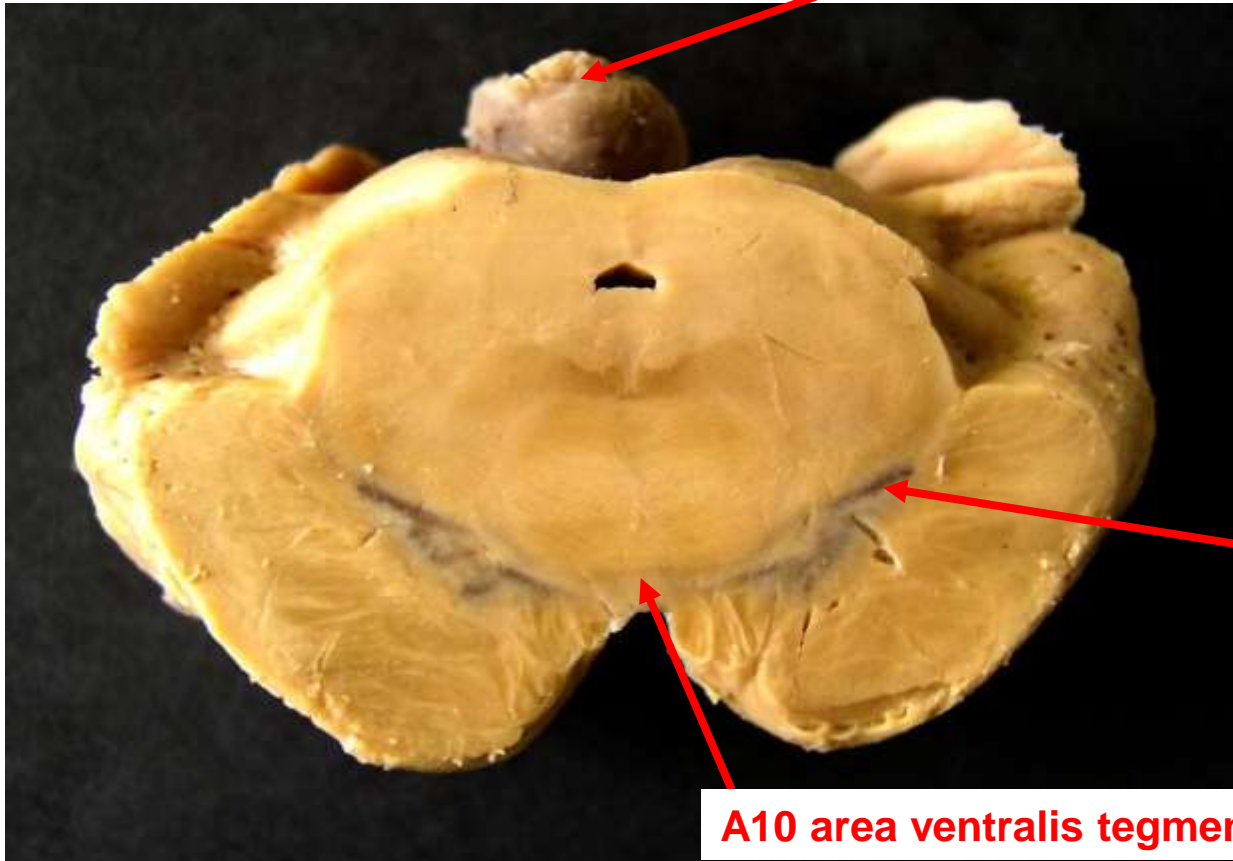
- B6,7 serotonin
- A6 noradrenalin
- Ch5 acetylcholin



Součást aktivačního systému RF

# Mesencephalon horní

corpus pineale

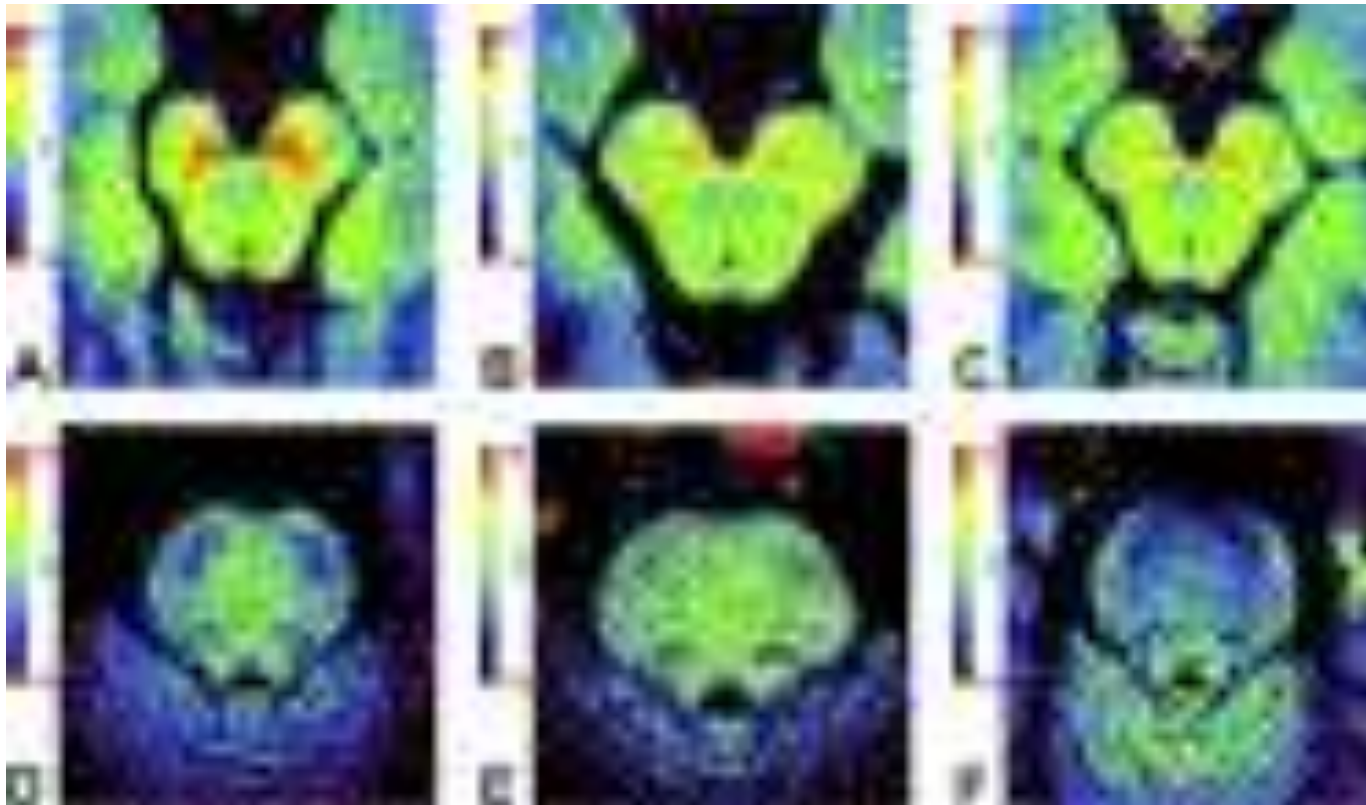


**A9**  
substantia  
nigra  
comp

**A10 area ventralis tegmentalia Tsai**

Use of **Neuromelanin-Sensitive MRI** to Distinguish **Schizophrenic and Depressive Patients and Healthy Individuals** Based on Signal Alterations in the **Substantia Nigra and Locus Coeruleus**

Eri Shibata<sup>a</sup>, , Makoto Sasaki<sup>b</sup>, Koujiro Tohyama<sup>c</sup>, Kotaro Otsuka<sup>a</sup>, Jin Endoh<sup>a</sup>, Yasuo Terayama<sup>d</sup> and Akio Sakaia<sup>a</sup>



**SUBSTANTIA  
NIGRA  
A9+A10 (VTA)**

**LOCUS  
COERULEUS  
A6**

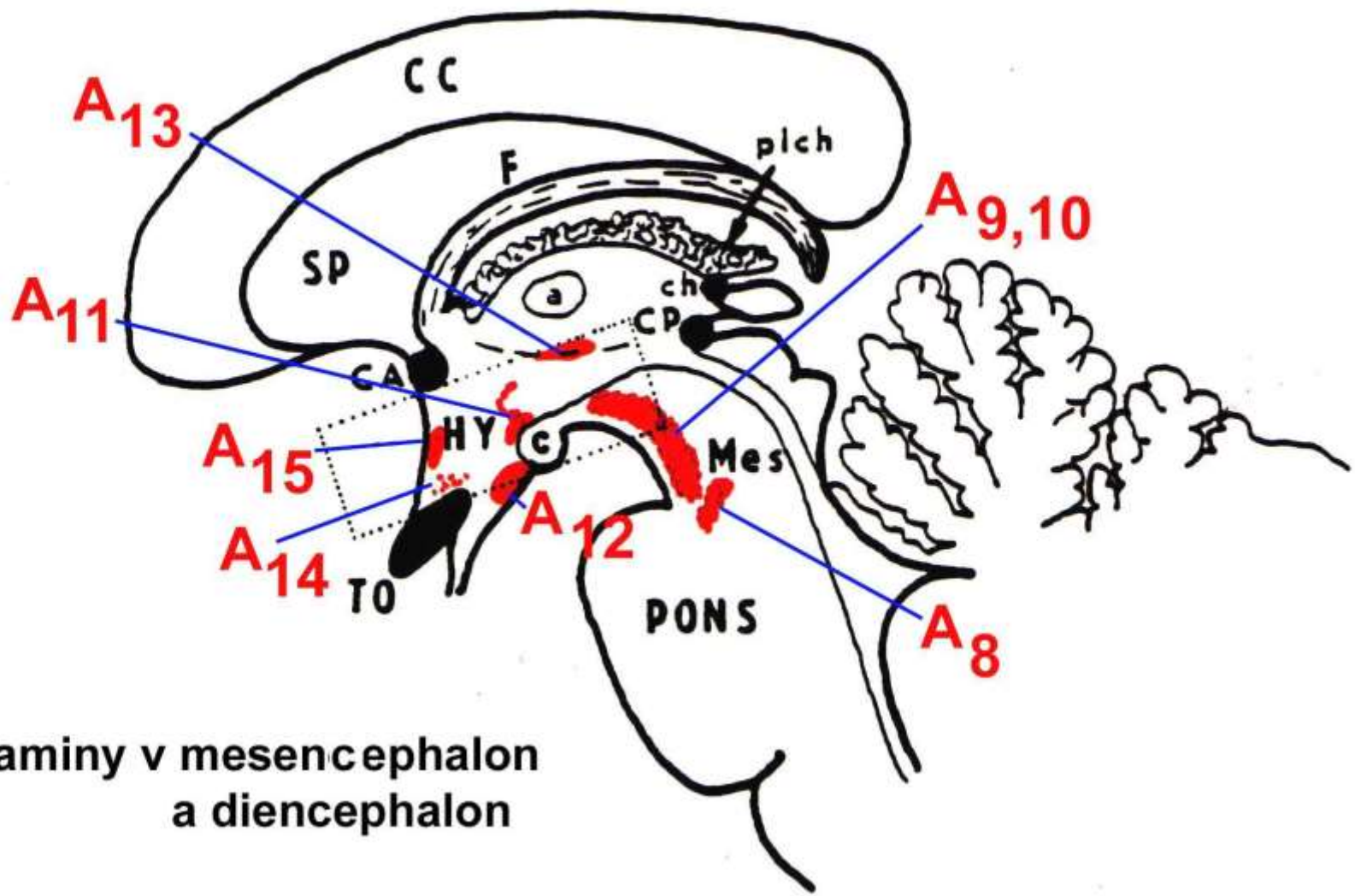
**schizofrenie**

**deprese**

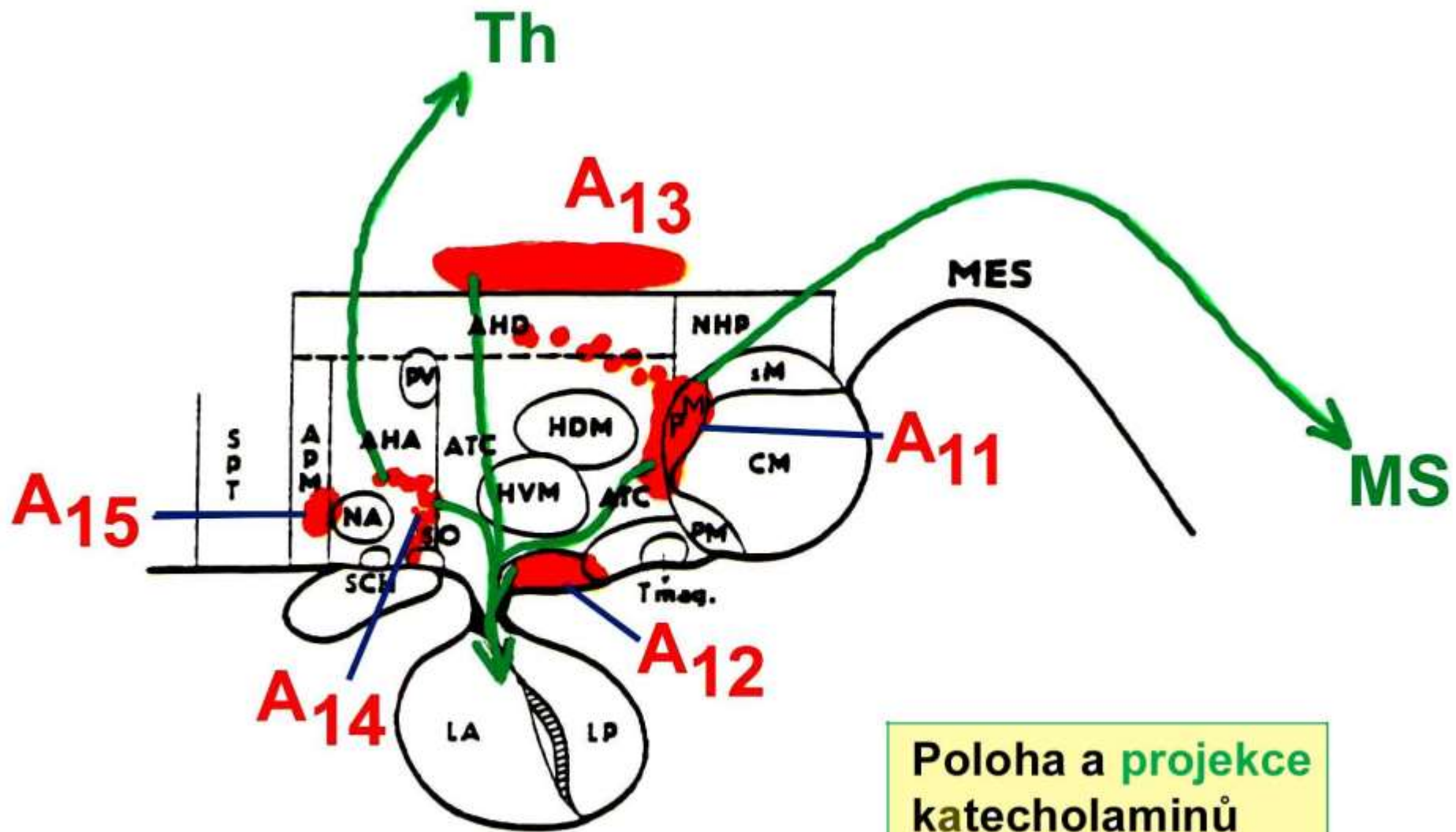
**kontrola**

↑ Intenzita SNig

↓ Intenzita LCoe



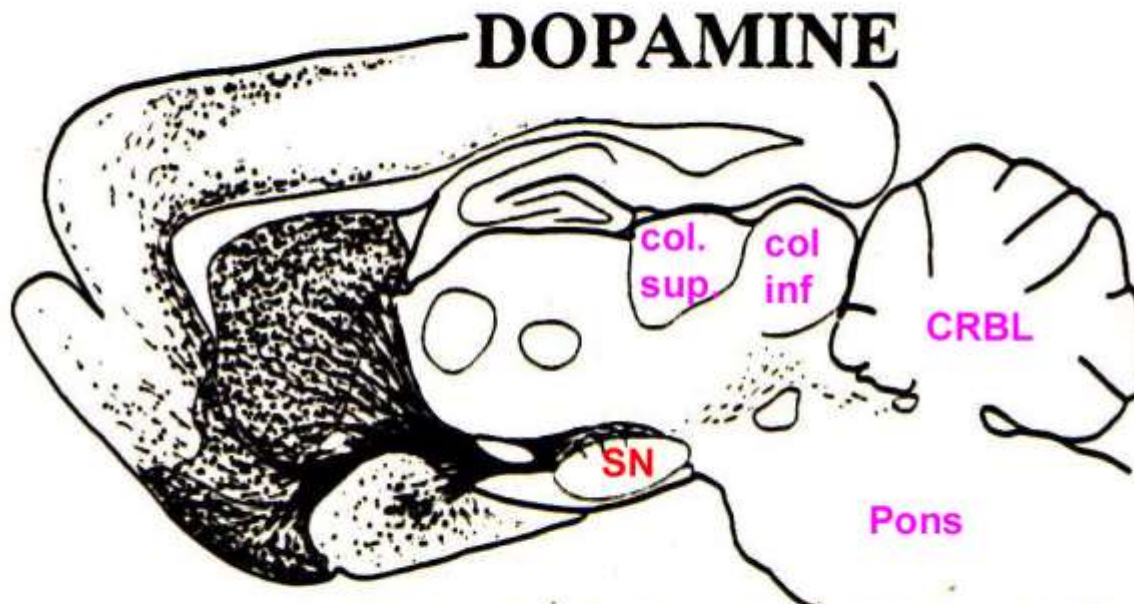
Katecholaminy v mesencephalon  
a diencephalon



Poloha a projekce katecholaminů v hypothalamu

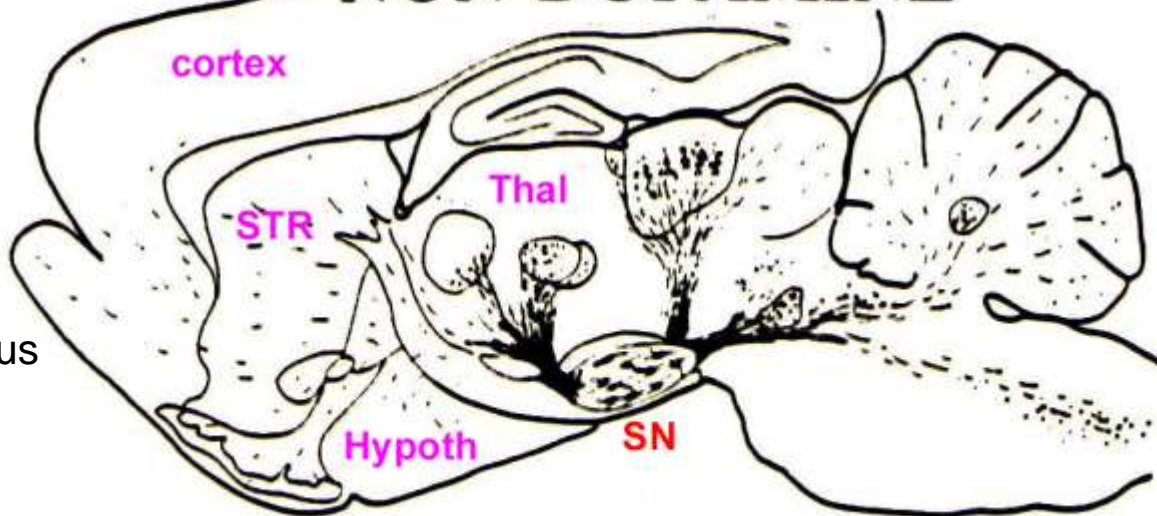
# PŘEHLED PROJEKCE ZE SUBSTANTIA NIGRA

Zásobení kůry,  
ncl accumbens a  
BG



## NON-DOPAMINE

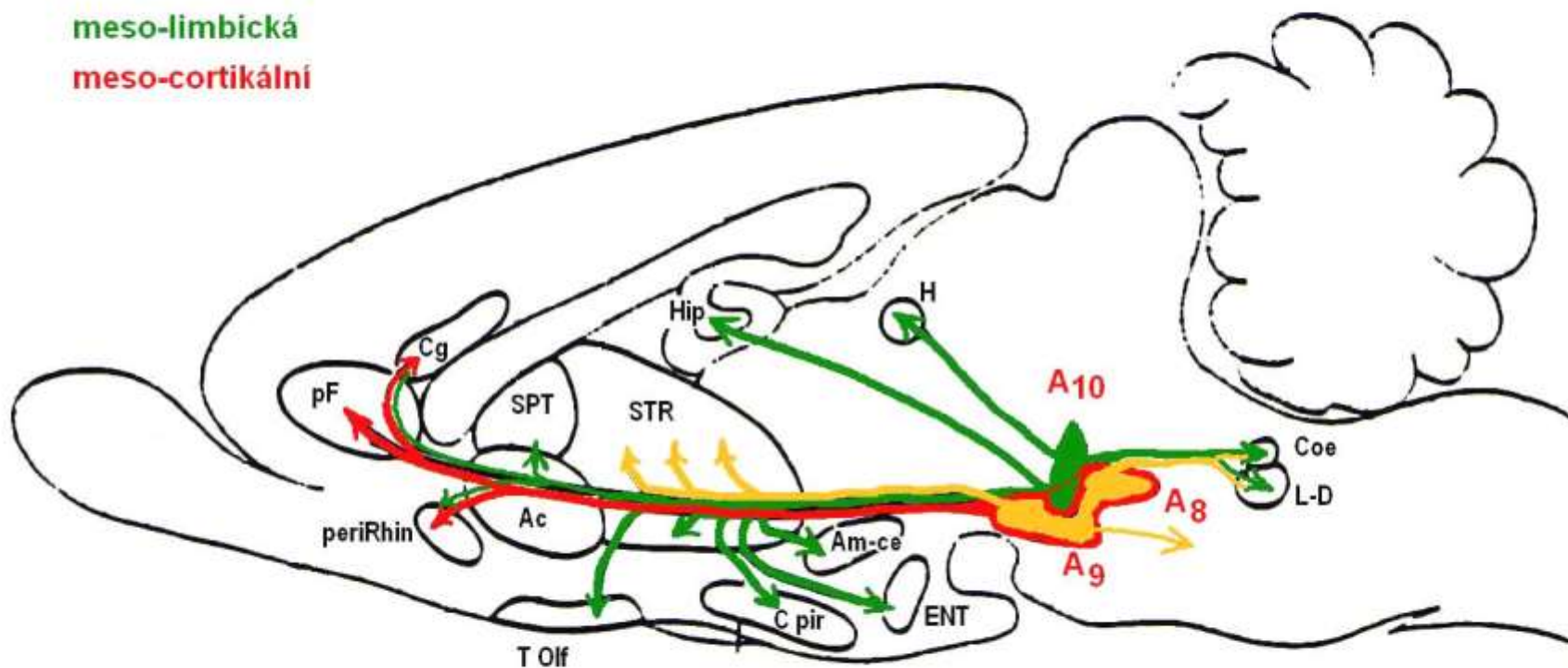
Nigro-thalamicus  
nigro-tectalis  
Nigro-ret  
Nigro-crbl





Dopaminergní projekce z mesencephalon:

- meso-striatická
- meso-limbická
- meso-cortikální



# Projekce z oblasti kmene

**meso-striatická** PARKINSON

**meso-cortikální** ZÁVISLOSTI

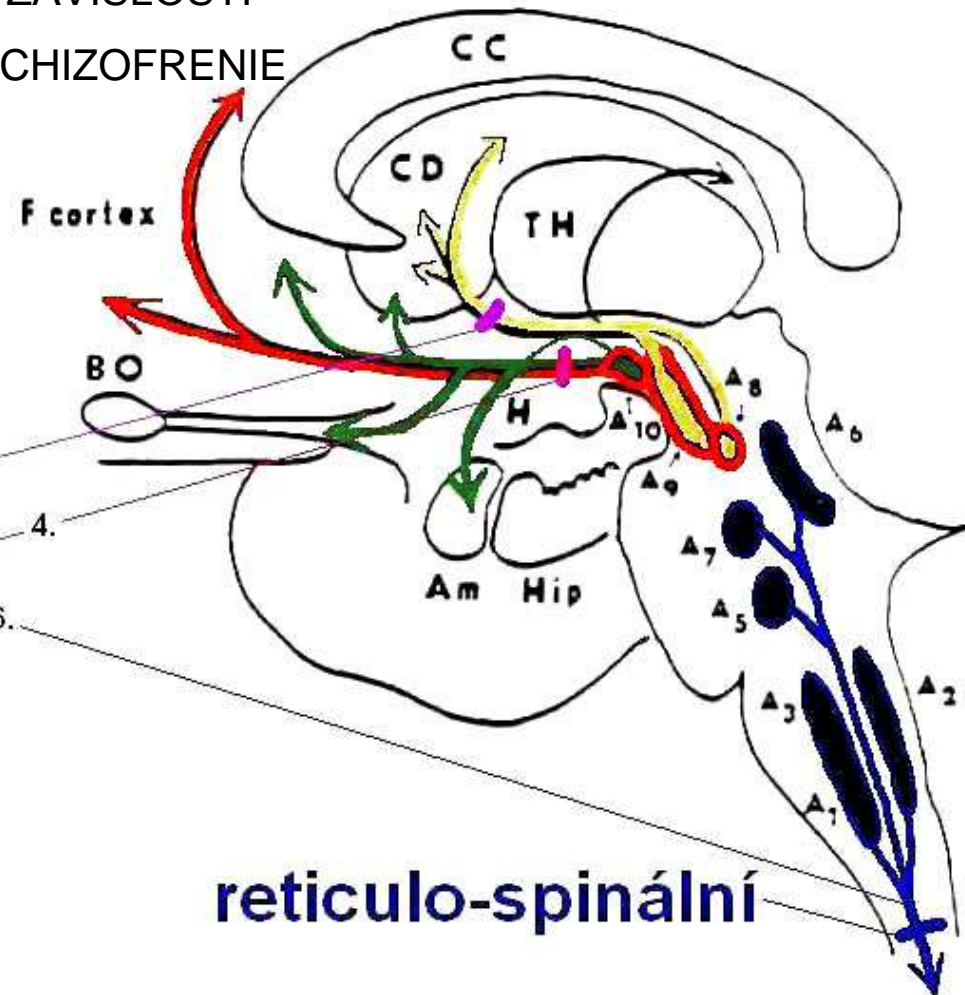
**meso-limbická** SCHIZOFRENIE

anatomicky:

nigro-striatický svazek — 5.

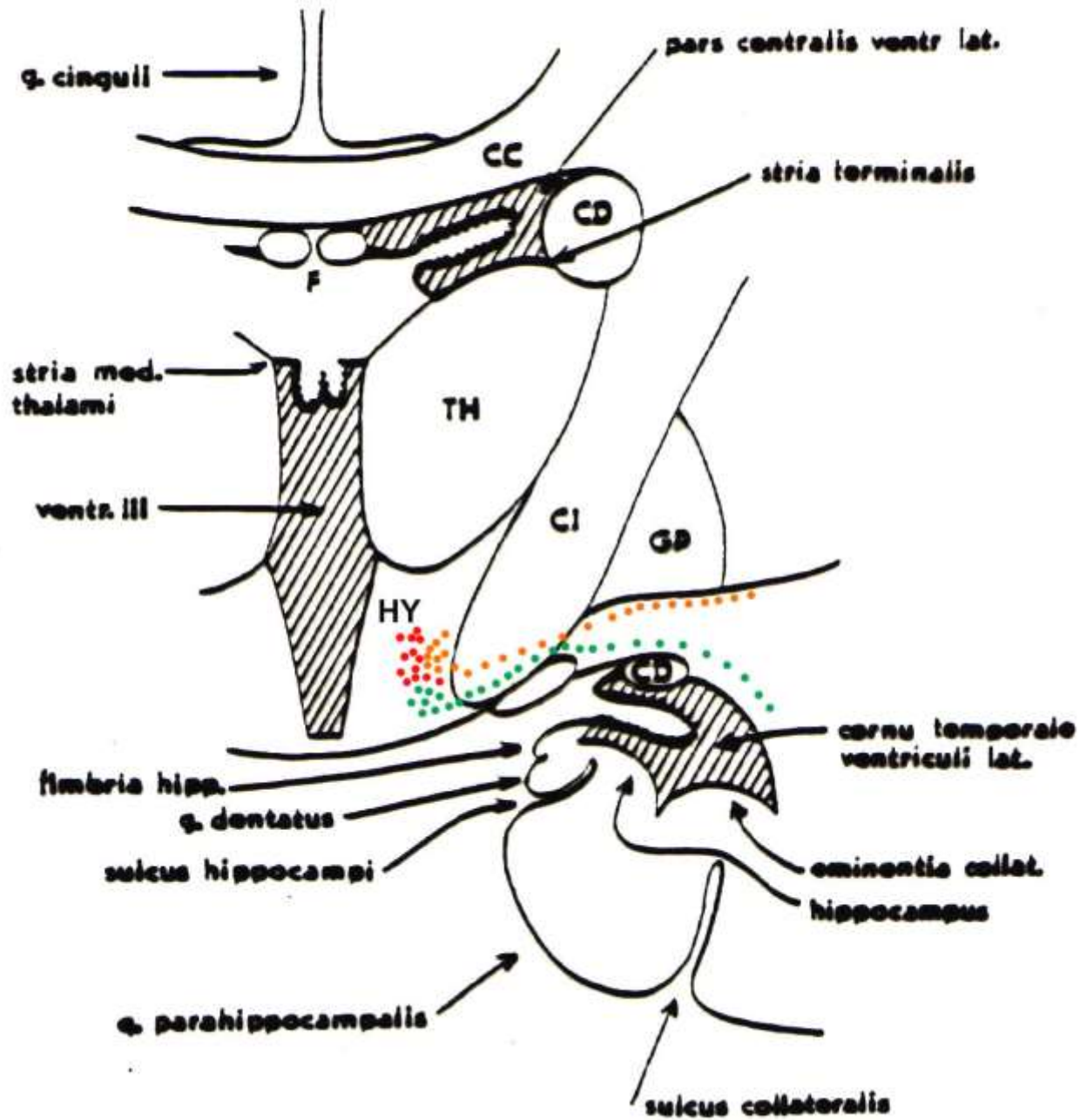
ventrální periventric. svazek — 4.

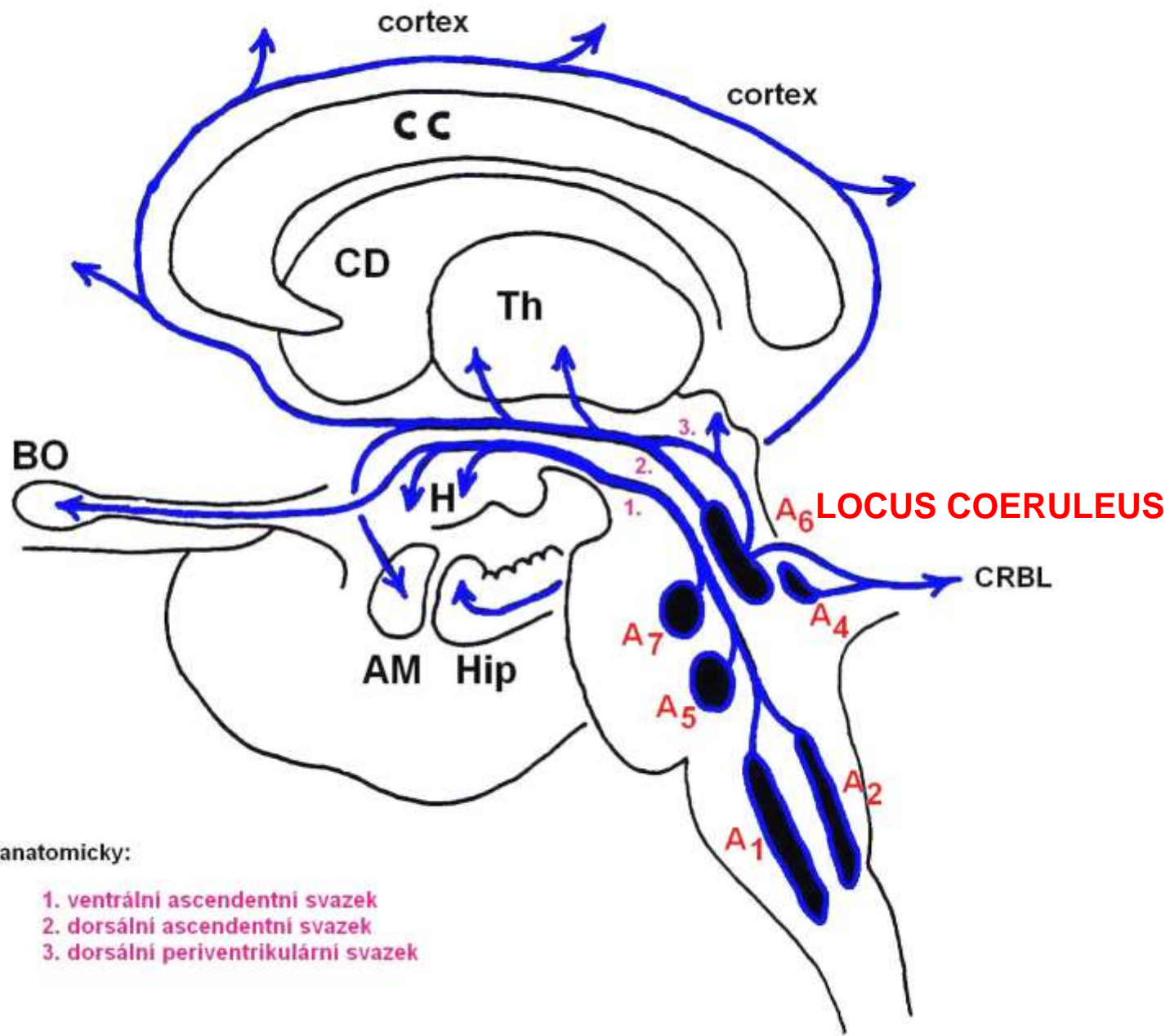
reticulo-spinální svazek — 6.



reticulo-spinální

# POLOHA "kmenových" CHEMICKÝCH DRAH v hypothalamu





anatomicky:

- 1. ventrální ascendentní svazek
- 2. dorsální ascendentní svazek
- 3. dorsální periventrikulární svazek

# Serotoninerční dráhy:

obr. 76  
str. 422

Skupiny B1-B9

Projekce:

Cortex

Striatum

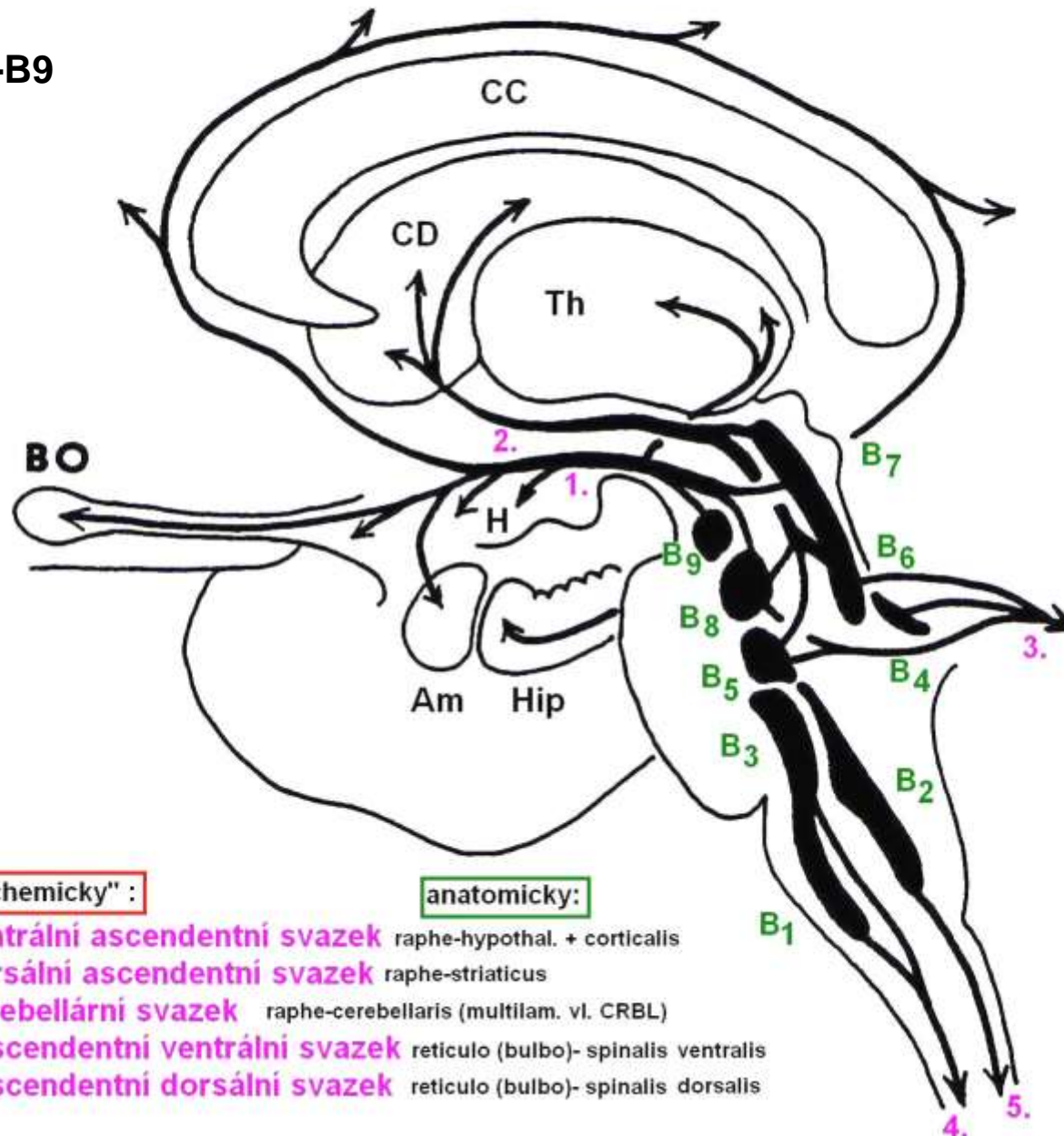
Paleocortex

Am+Hip

Thalamus

Crbl

Mícha



"chemicky" :

anatomicky:

1. **ventrální ascendentní svazek** raphe-hypothal. + corticalis
2. **dorsální ascendentní svazek** raphe-striaticus
3. **cerebellární svazek** raphe-cerebellaris (multilam. vl. CRBL)
4. **descendentní ventrální svazek** reticulo (bulbo)- spinalis ventralis
5. **descendentní dorsální svazek** reticulo (bulbo)- spinalis dorsalis

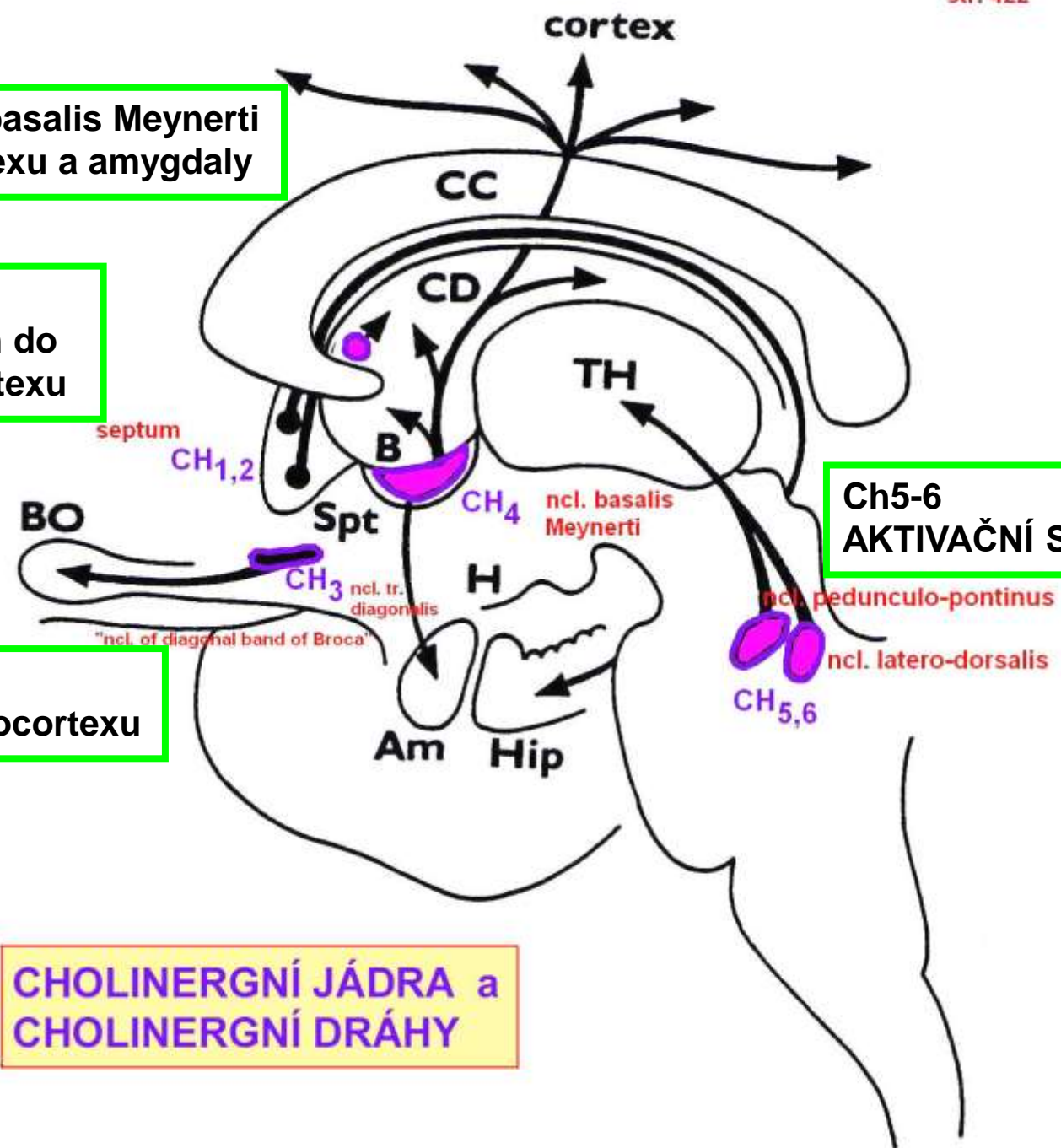
Ch4 – ncl. basalis Meynerti  
do neocortexu a amygdaly

Ch1-2 –  
fornixem do  
archicortexu

Ch3  
do paleocortexu

Ch5-6  
AKTIVAČNÍ SYSTÉM

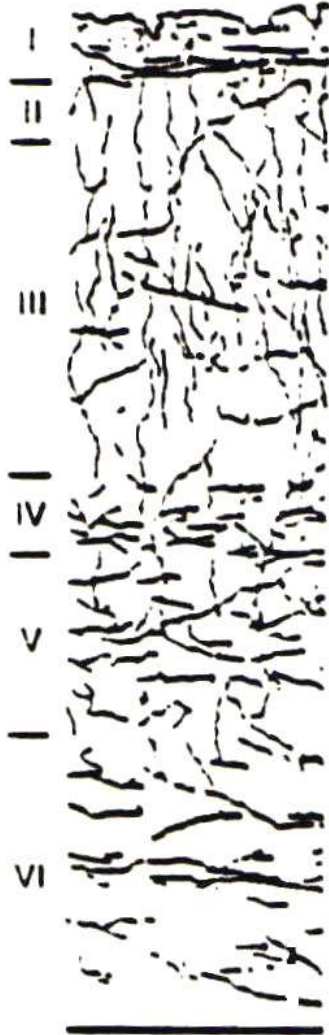
CHOLINERGNI JÁDRA a  
CHOLINERGNI DRÁHY



# Monoaminové zásobení mozkové kůry

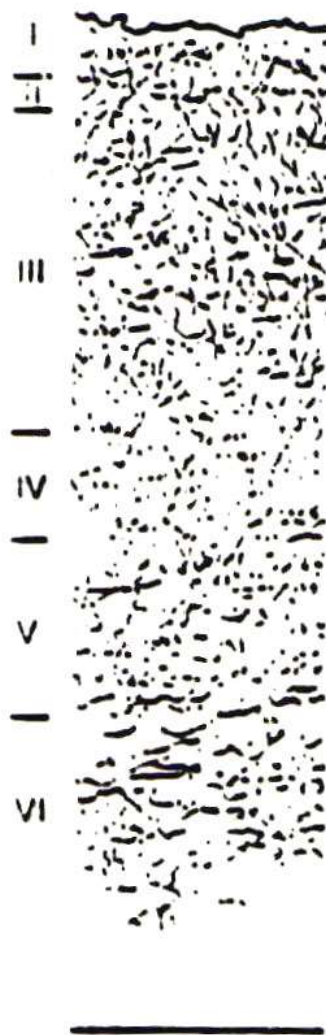
Cortex  
pF

NA



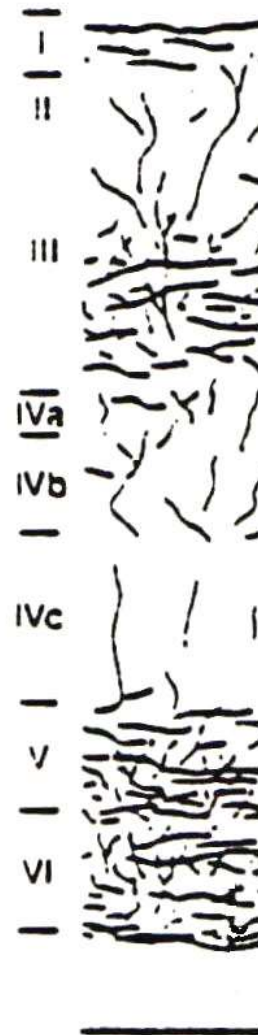
Sens

NA



visuální

NA



SER



# Zdroje

- Petrovický, Anatonie III
- Netter
- Nolte: The human brain in photographs and diagrams
- H-J ten Donkelaar Clinical Neuroanatomy
- Kandel, Principles of Neural Science
- Doc.Naňka - foto