

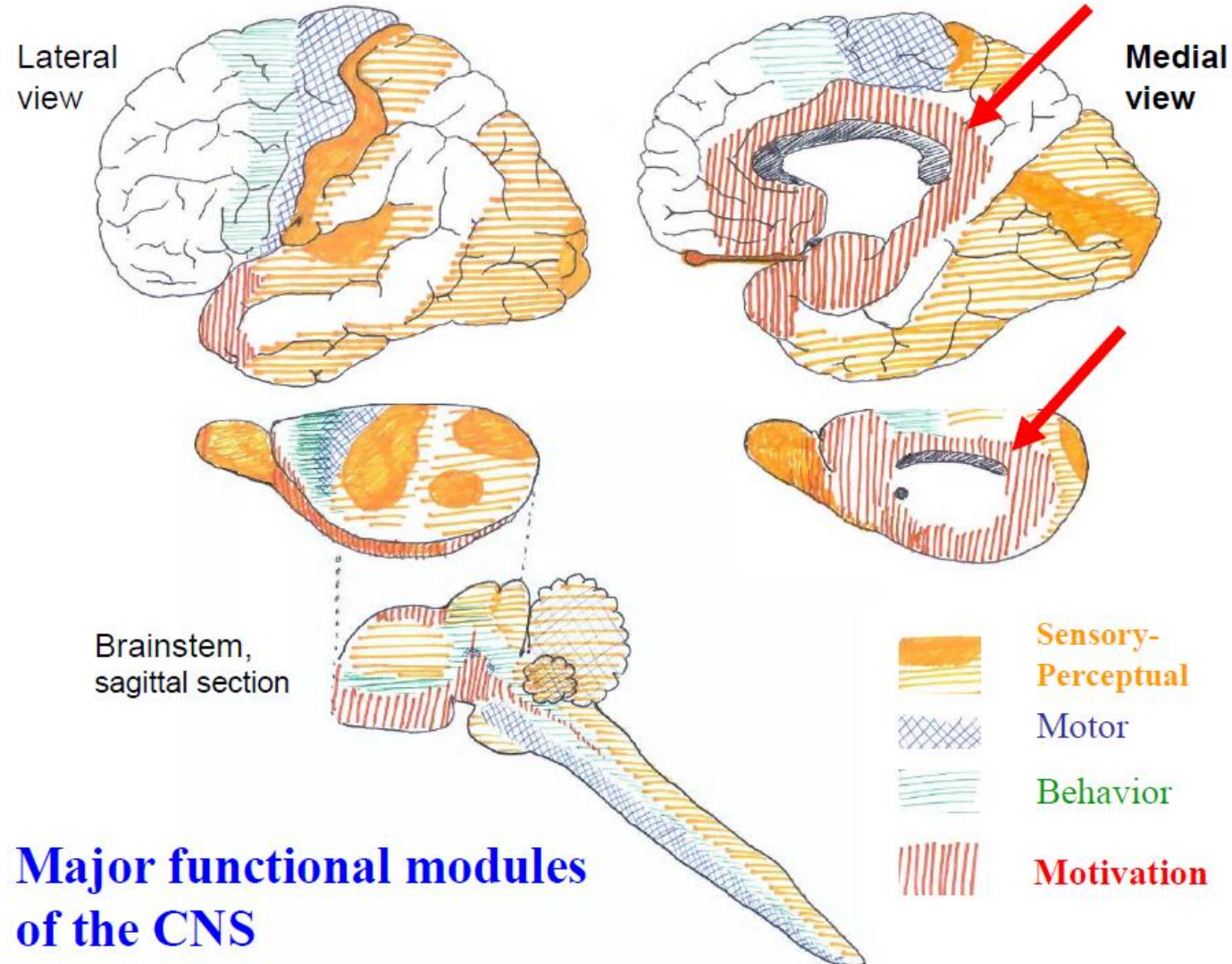
M U N I

M E D

# **Limbický systém**

# Limbický systém

Limbus = okraj



## Major functional modules of the CNS

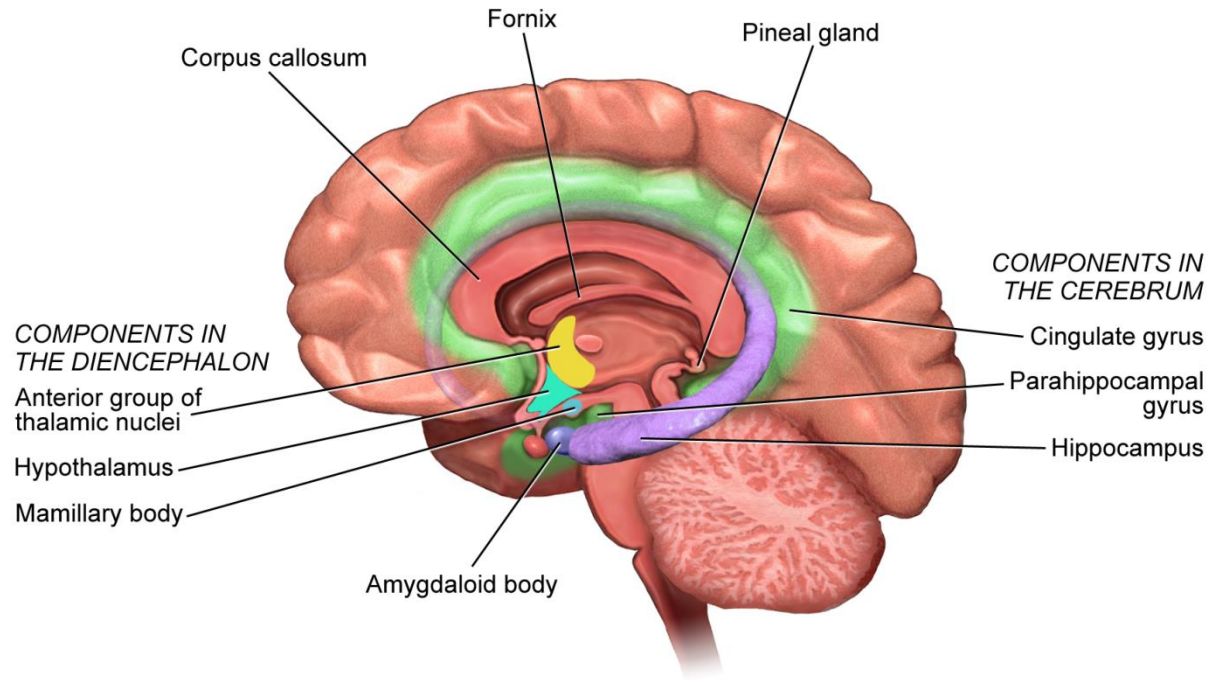
# Koncept limbického systému

- Volní

Somatický nervový systém  
Vstupy - převážně z vnějšího prostředí  
Výstupy – kosterní sval

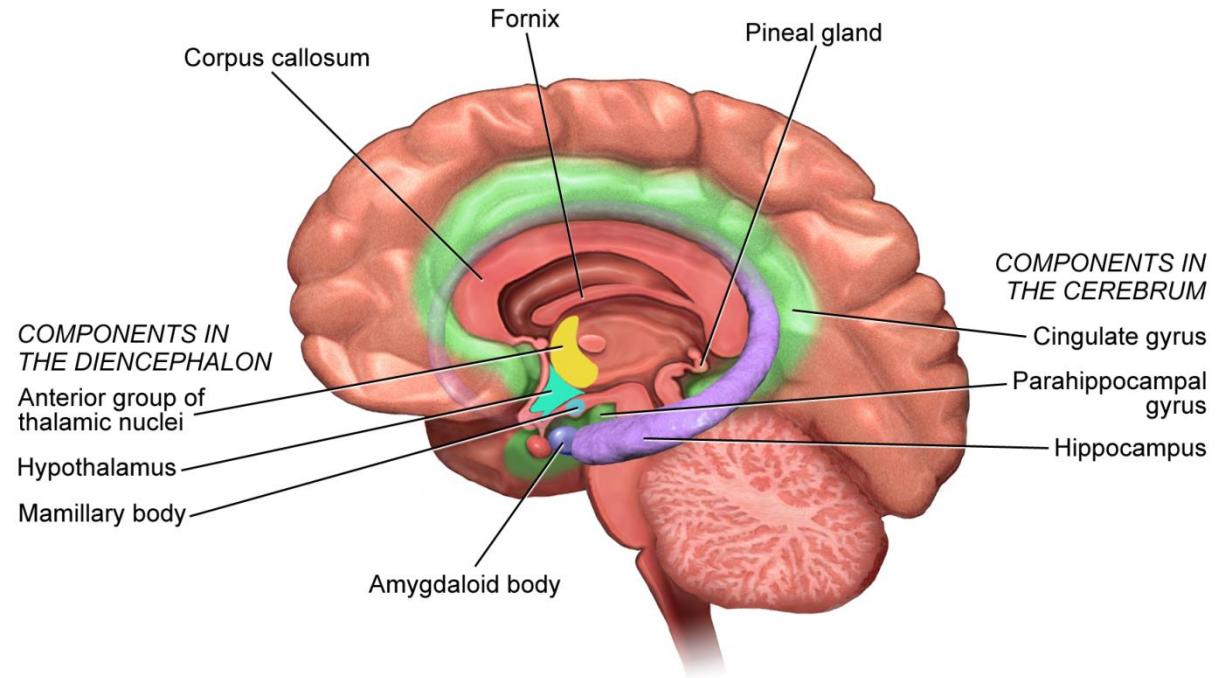
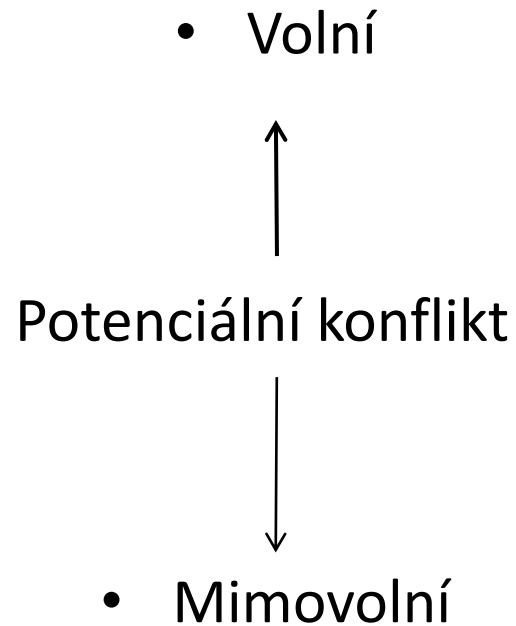
- Mimovolní

Autonomní nervový systém  
Vstupy - převážně z vnitřního prostředí  
Výstupy – hl. sval, srdce, žlázy

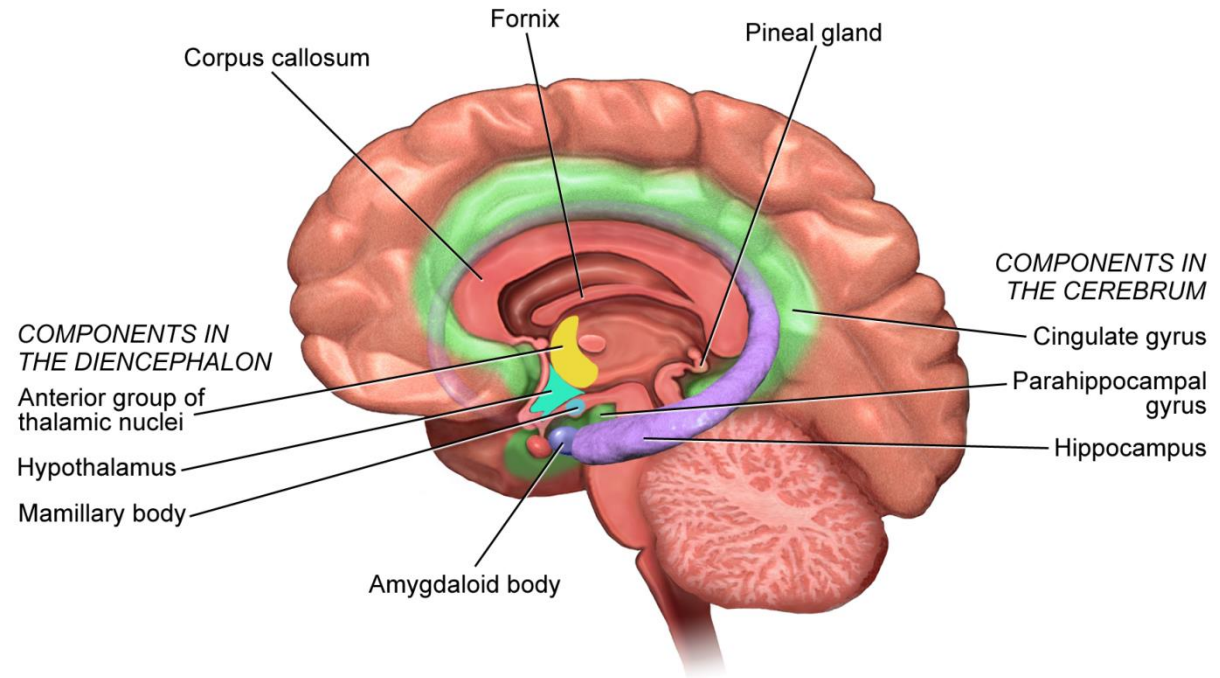
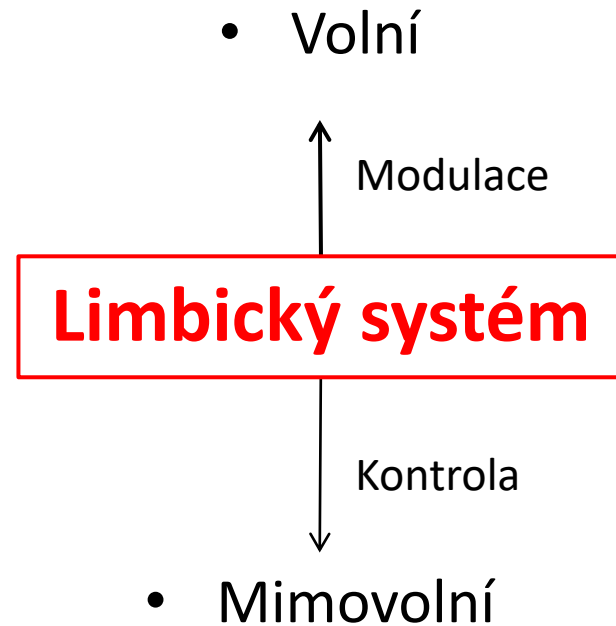


[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d1/Blausen\\_0614\\_LimbicSystem.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d1/Blausen_0614_LimbicSystem.png)

# Koncept limbického systému



# Koncept limbického systému



# Koncept limbického systému

- Volní

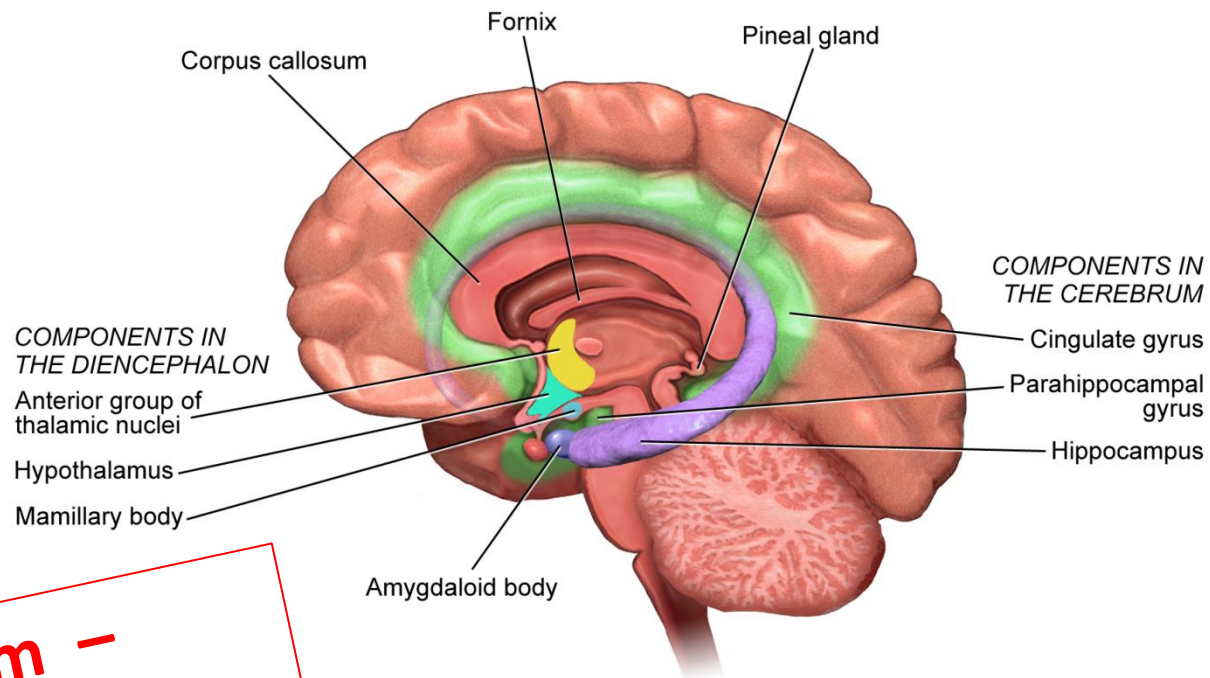
Modulace

**Limbický systém**

Kontrola

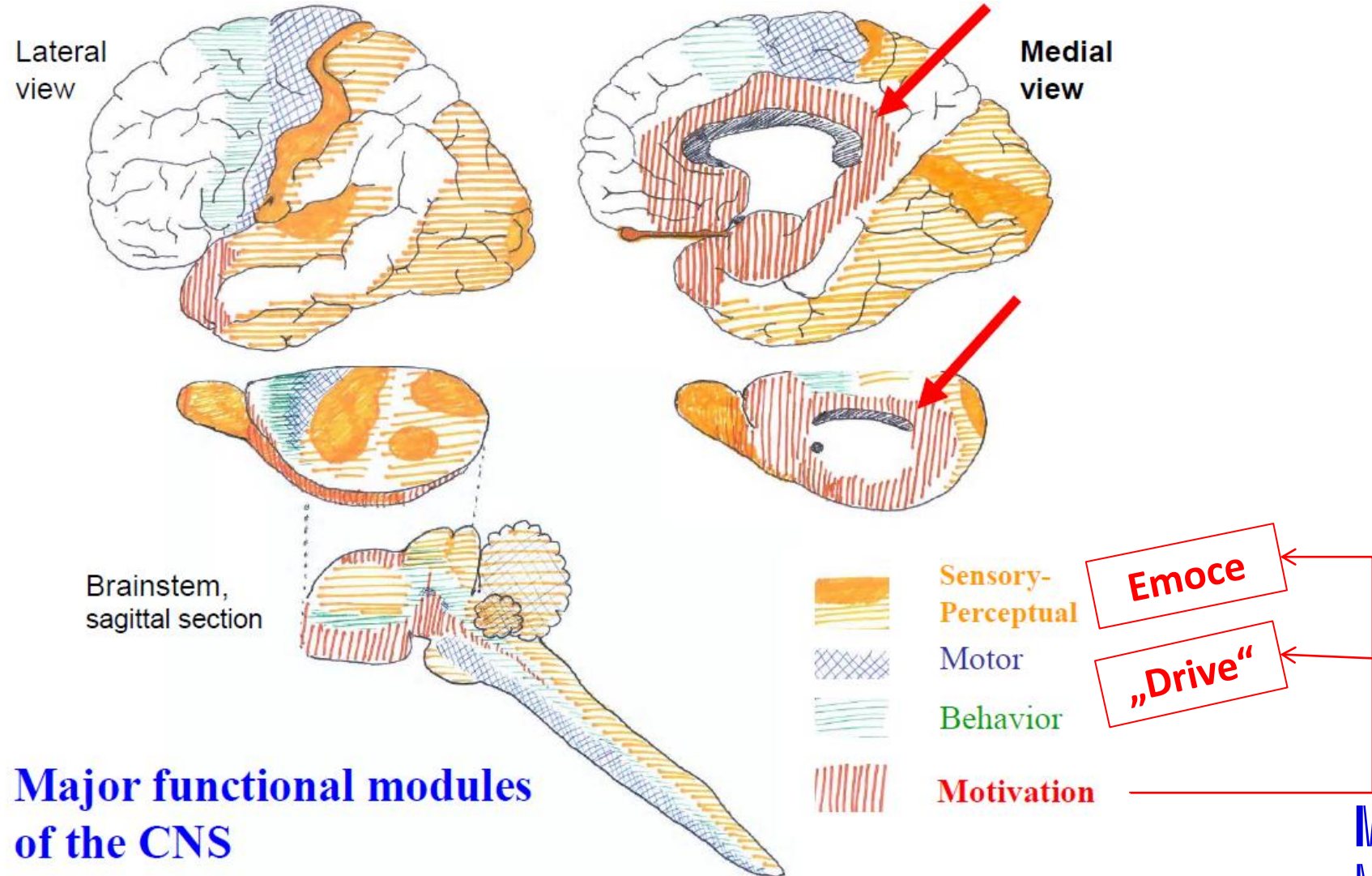
- Mimovolní

**Limbický systém –  
hypotalamus a struktury na  
něj napojené**



# Limbický systém

Limbus = okraj



## Major functional modules of the CNS



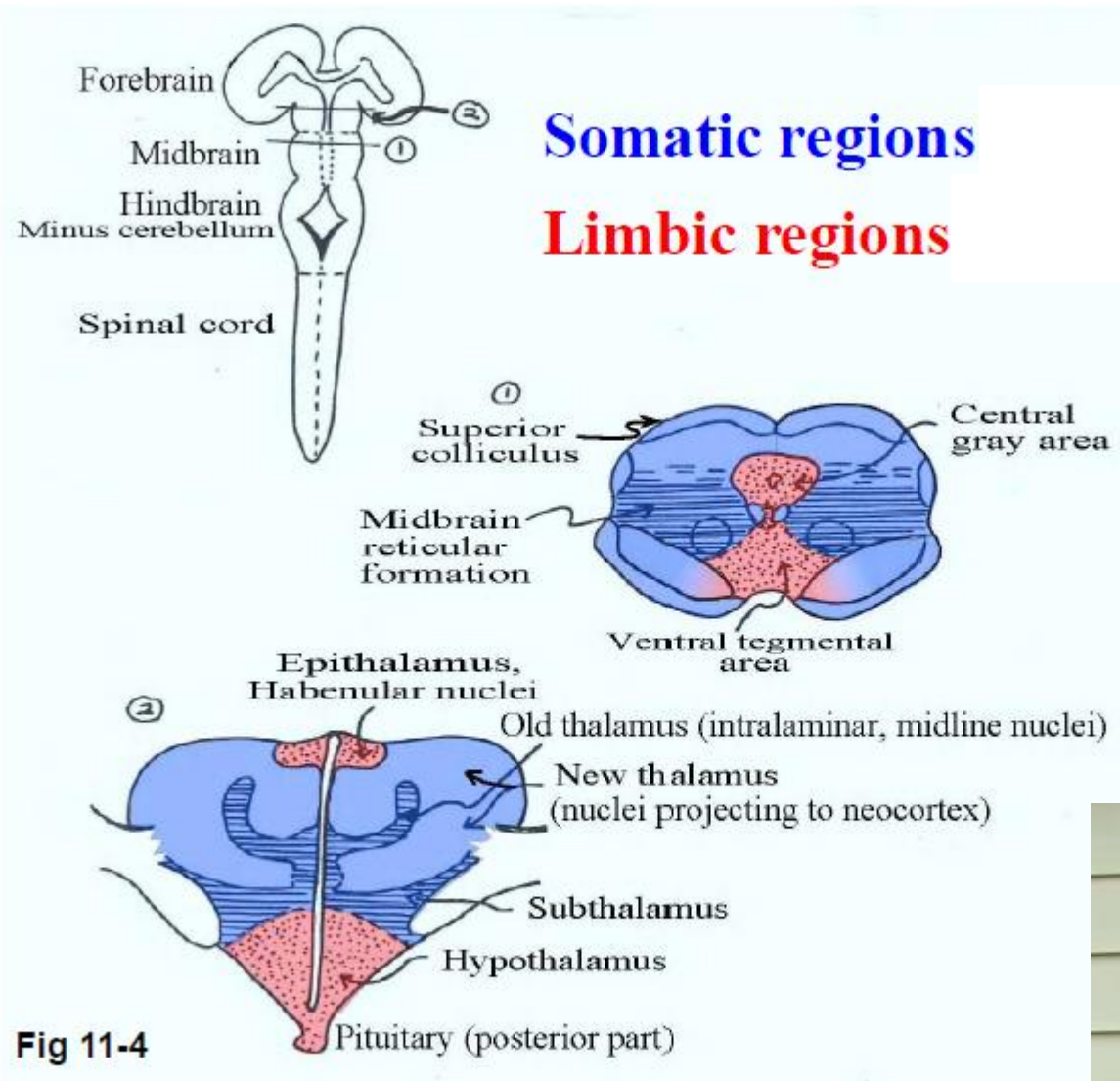


Fig 11-4

Courtesy of MIT Press. Used with permission.  
Schneider, G. E. *Brain Structure and its Origins: In the Development and in Evolution of Behavior and the Mind*. MIT Press, 2014. ISBN: 9780262026734.



Prof. Gerald Schneider

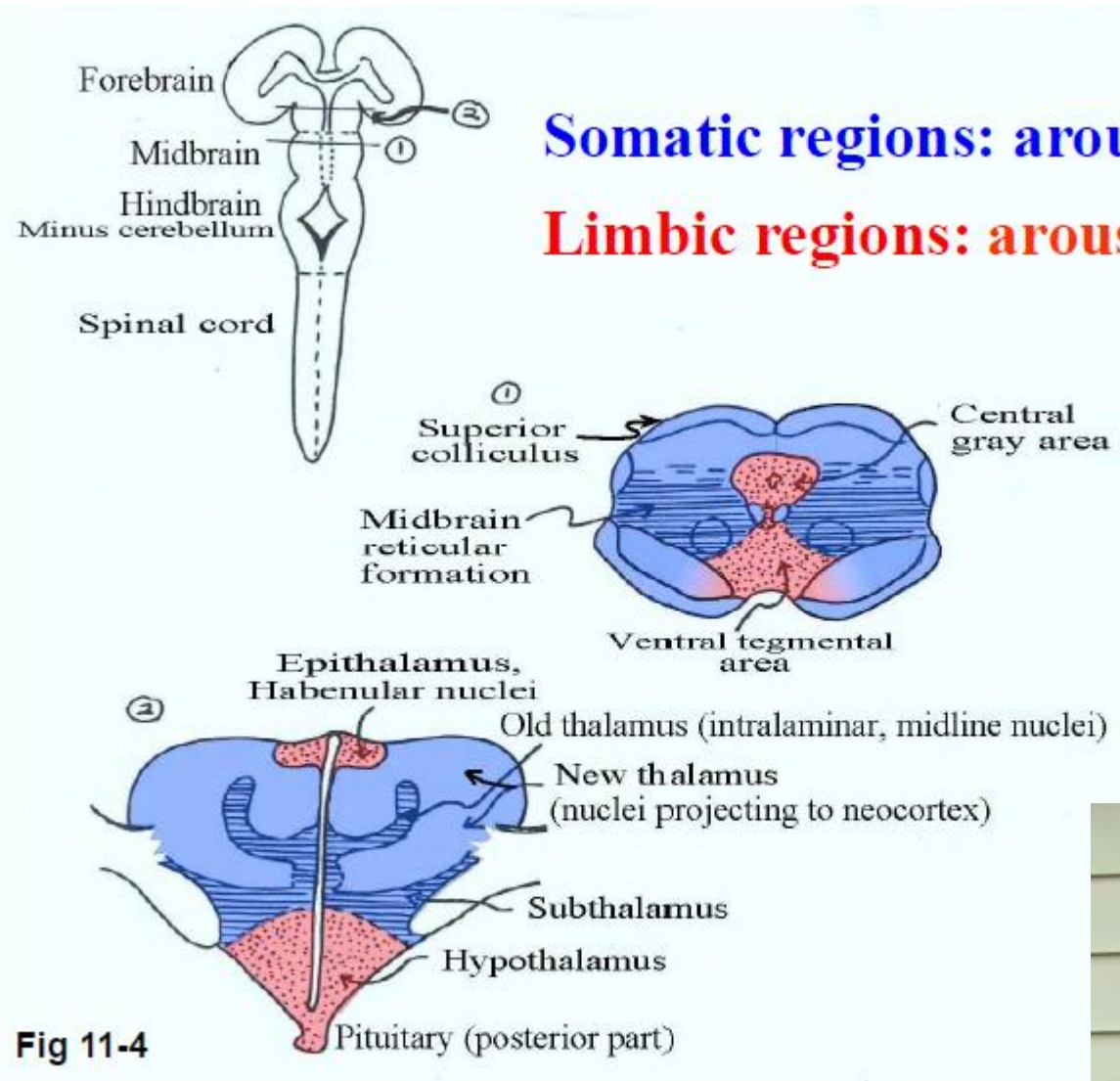
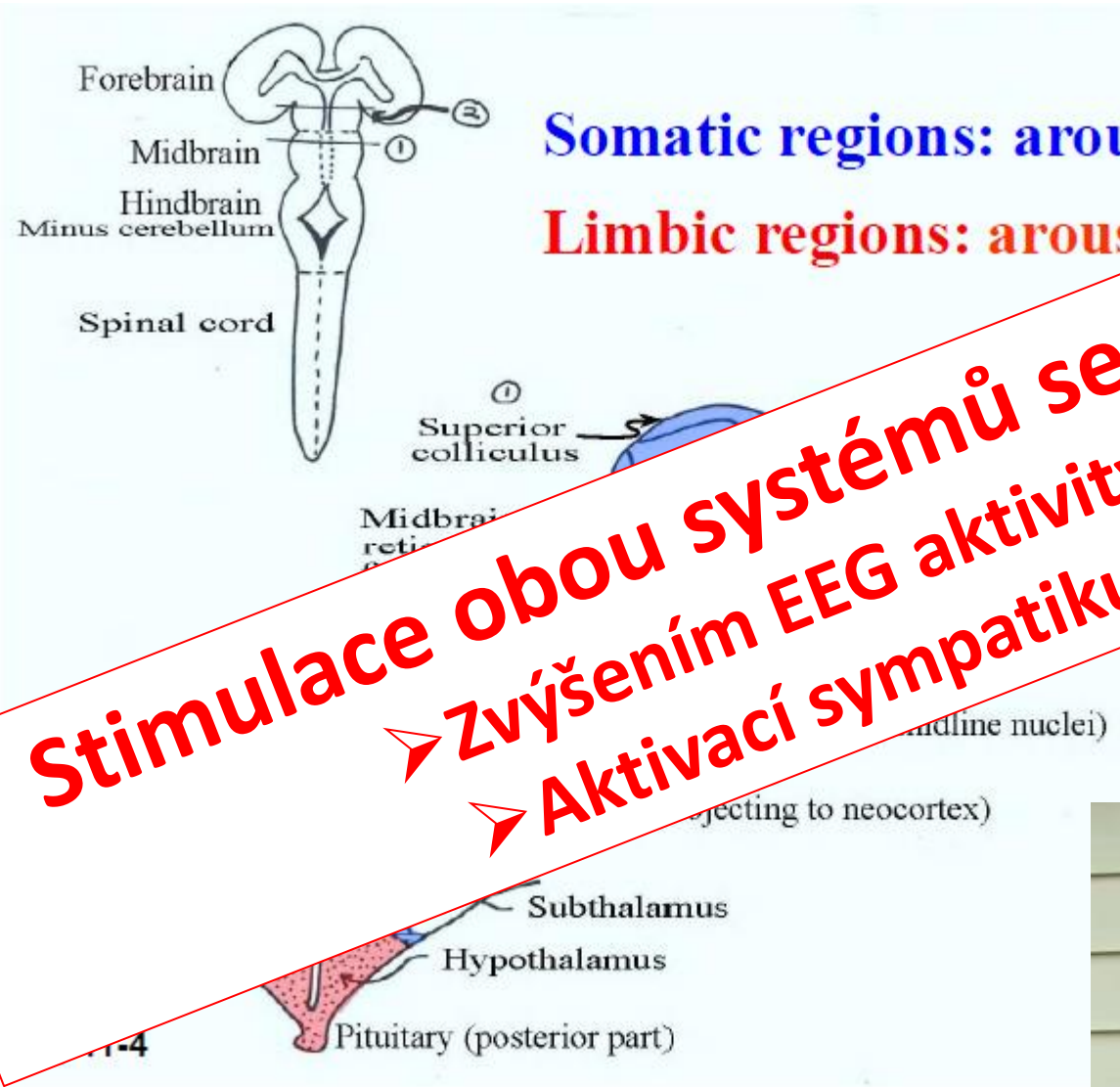


Fig 11-4

Courtesy of MIT Press. Used with permission.  
Schneider, G. E. *Brain Structure and its Origins: In the Development and in Evolution of Behavior and the Mind*. MIT Press, 2014. ISBN: 9780262026734.



Prof. Gerald Schneider



**Somatic regions: arousal type 1**

**Limbic regions: arousal type 2**

**Stimulace obou systémů se projeví**  
➤ Zvýšením EEG aktivity  
➤ Aktivací sympatiku



Prof. Gerald Schneider

Courtesy of MIT Press. Used with permission.  
Schneider, G. E. Brain Structure and its Origins: In the Development and in Evolution of Behavior and the Mind. MIT Press, 2014. ISBN: 9780262026734.

## Arousal type 1 (somatic)    Arousal type 2 (limbický)

### ARAS (ascendentní retikulární aktivační systém)

- Efekt stimulace
  - Habituaace
  - Není aktivace systému „reward/punishing“
- Efekt stimulace
  - Rezistence vůči habituaci
  - Silná aktivace systému „reward/ punishing“
    - Periaquaduktální šed' –CGA - negativní pocity
    - Ventrální tegmentální area – VTA – pozitivní pocity

## Arousal type 1 (somatic)    Arousal type 2 (limbický)

### ARAS (ascendentní retikulární aktivační systém)

- Efekt stimulace
  - Habituaace
  - Není aktivace systému „reward/punishing“
- Ascendentní spoje
  - Somatosenzitivita, zrak, sluch, vestibulární systém, cerebellum
- Descendentní spoje
  - Neokortex, corpus striatum, thalamus
- Efekt stimulace
  - Rezistence vůči habituaci
  - Silná aktivace systému „reward/ punishing“
    - Periaquaduktální šed' –CGA - negativní pocity
    - Ventrální tegmentální area – VTA – pozitivní pocity
- Ascendentní spoje
  - Viscerosenzitivita, bolest
- Descendentní spoje
  - Hypothalamus a další limbické oblasti, amygdala

## Arousal type 1 (somatic)    Arousal type 2 (limbický)

### ARAS (ascendentní retikulární aktivační systém)

- Efekt stimulace
  - Habituaace

**Stimulace obou systémů se projeví**

- Zvýšením EEG aktivity
- Aktivací sympatiku

- Ascendentní spoje

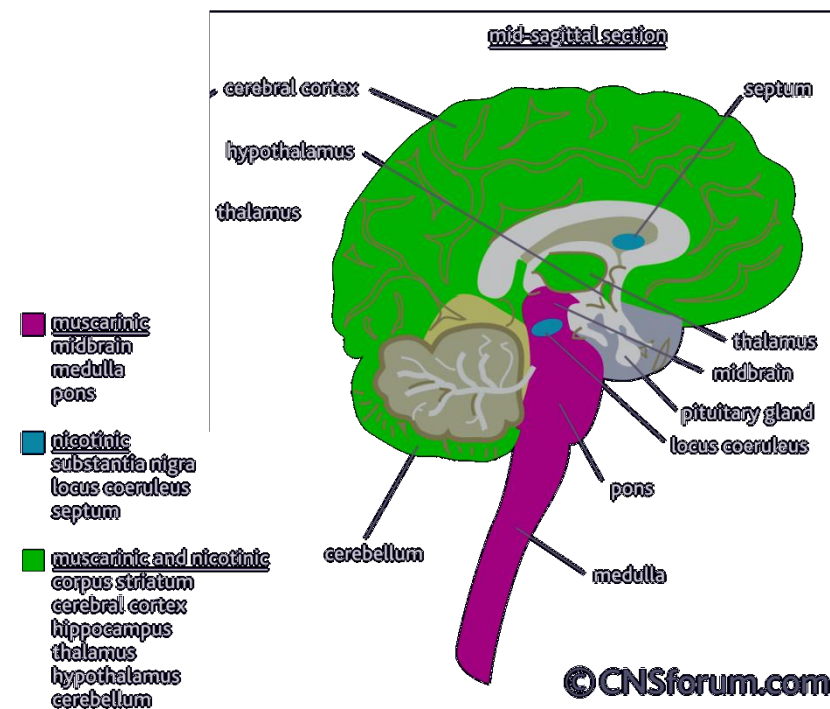
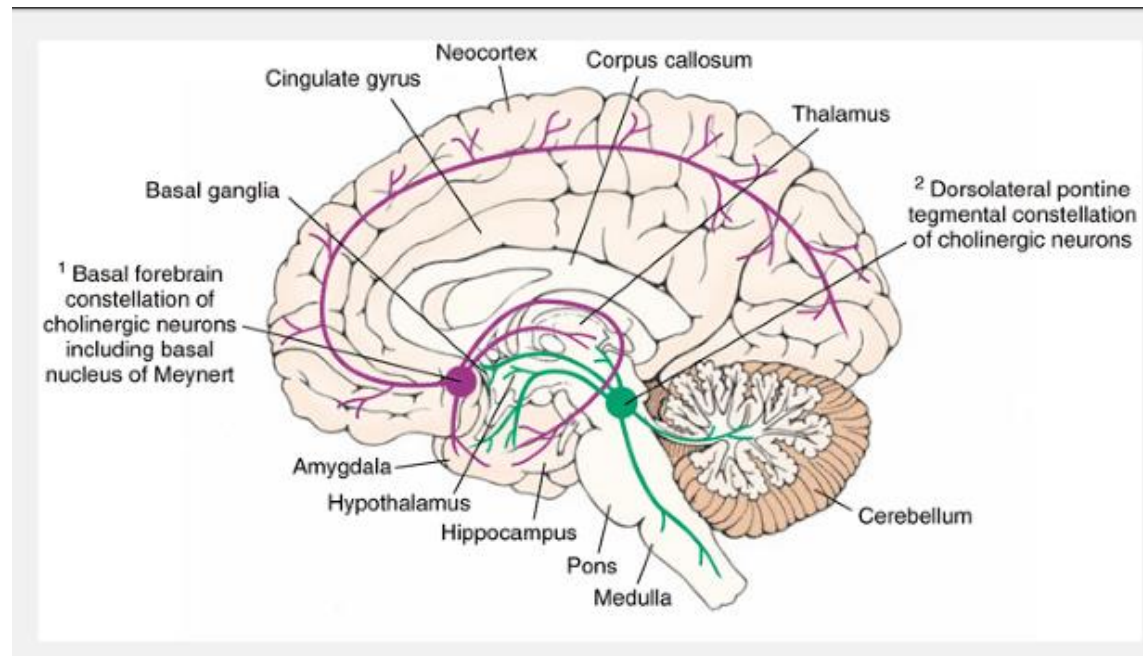
**Souhra obou systémů je klíčová k udržení vědomí cestou neuromodulace**

- Descendentní spoje
  - Neokortex, corpus striatum, thalamus

- Descendentní spoje
  - Hypothalamus a další limbické oblasti, amygdala

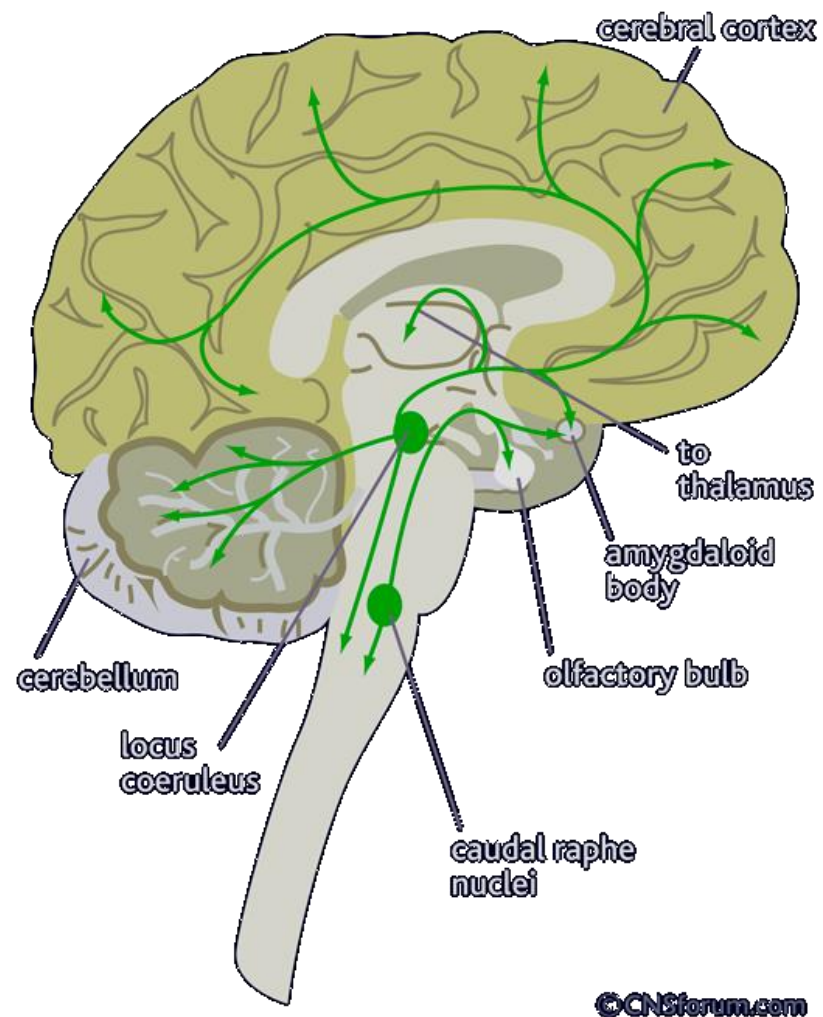
# Acetylcholin

- Nucleus basalis (Meynerti) a řada dalších jader
- Nikotinové receptory
- Muskarinové receptory
  
- Regulace spánku/bdění
- Kognitivní funkce
- Chování
- Emoce



# Noradrenalin

- Locus coeruleus
- Nuclei raphe caudalis
  
- Bdělost
- Responzivita na nečekané podmínky
- Paměť
- Učení

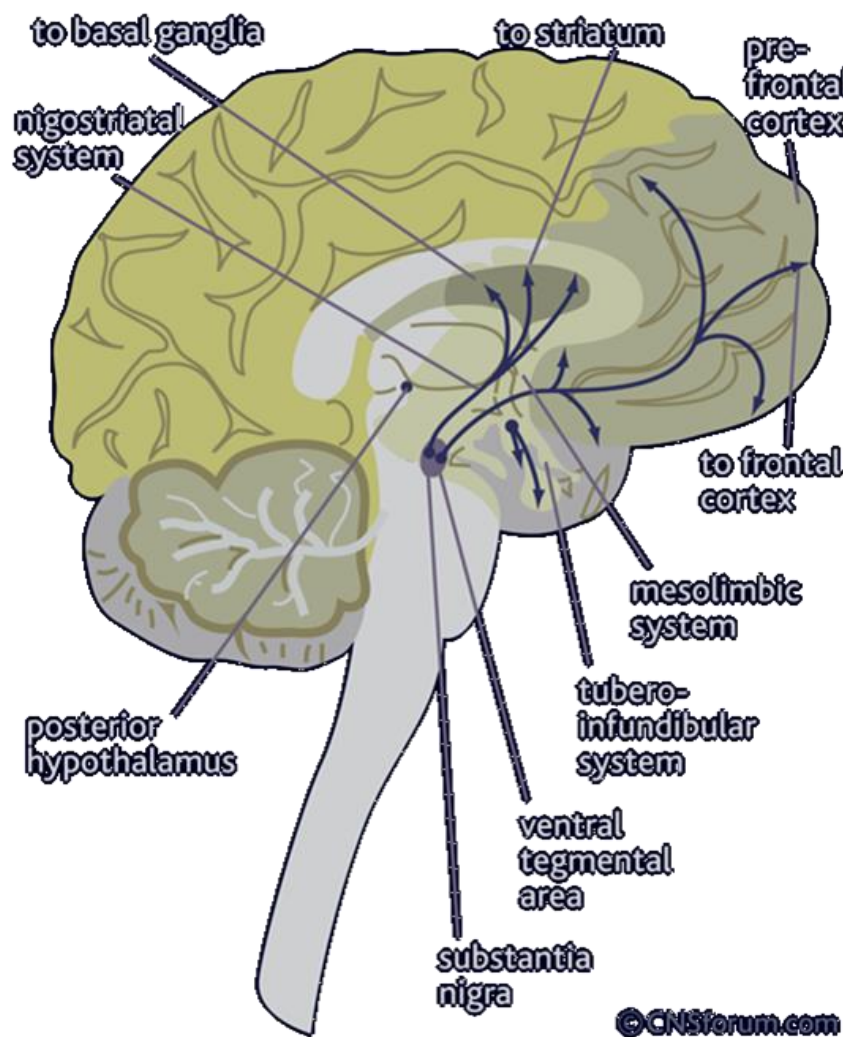


<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>



# Dopamin

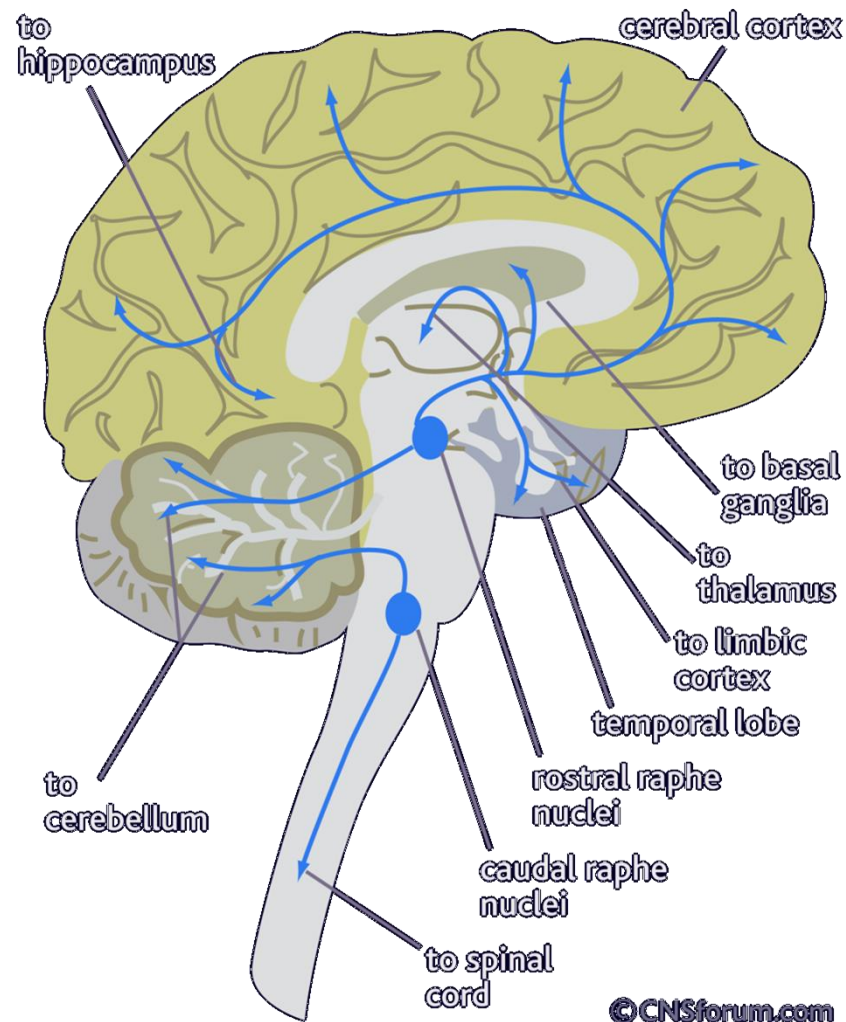
- Nigrostriatální systém
  - Pohyb
  - Senzorika
- Ventrosegmentno-meso-  
limbicko-frontální systém
  - Systém odměny
  - Kognitivní funkce
  - Emoční chování
- Tubero-infundibulární systém
  - Regulace hypotalamo-  
hypofyzárního systému
- D1 receptory – stimulační
- D2 receptory - inhibiční



<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>

# Serotonin

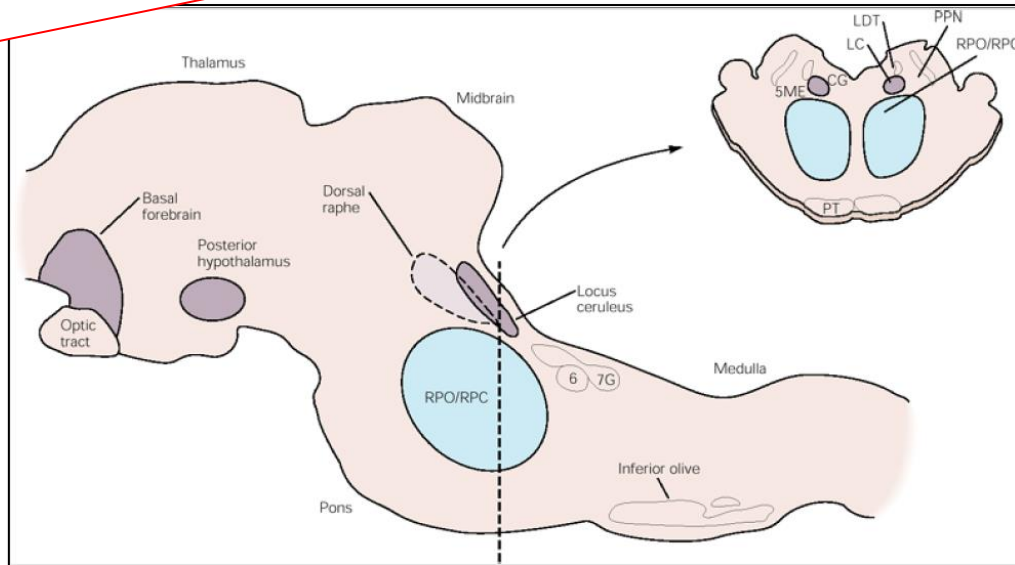
- Nuclei raphe rostralis
- Nuclei raphe caudalis
  
- Úzkost/relaxace
- Impulzivnost
- Spánek



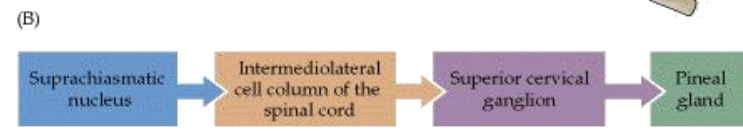
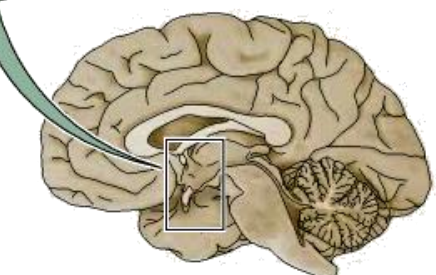
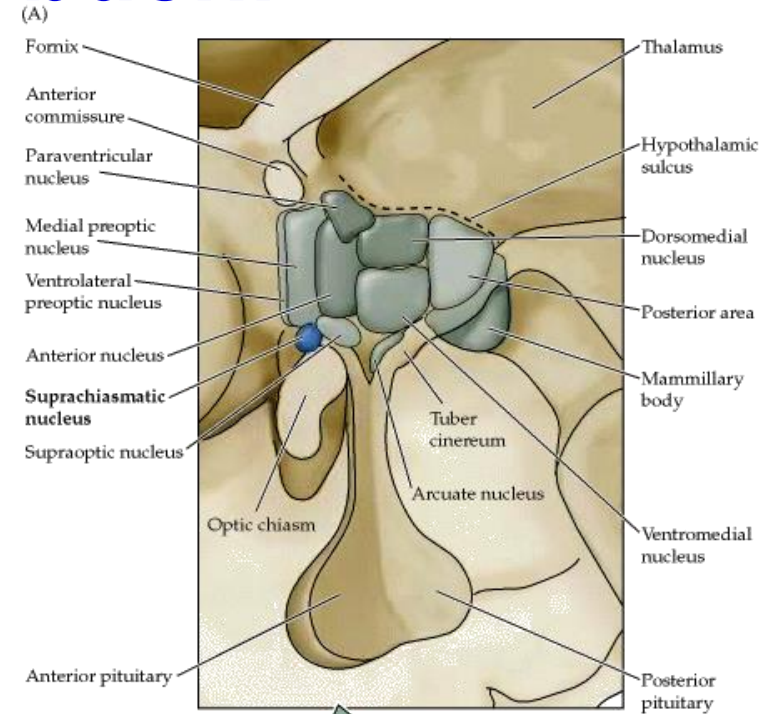
<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>

# Spánek a bdění

**Souhra ARAS a limbického aktivčního systému**



19 Limbický systém RPO/RPC – nucleus reticularis pontis oralis/caudalis



# Spánek

## The sleep cycle

There are two very different types of sleep:

1. Rapid Eye Movement or REM sleep, which is associated with fast brain activity and active dreaming; and
2. Non-REM sleep, which is associated with slower brain activity and divided into 4 stages:
  - » Stages 1-2 light sleep
  - » Stages 3-4 deep slow-wave sleep.

All these combine to make the non-REM/REM sleep cycle, which is about 90 minutes long on average, but can be up to 120 minutes.

For most people, a good night's sleep is around 4 – 5 cycles long.

Good quality sleep requires both non-REM and REM sleep in uninterrupted cycles.

### REM SLEEP

- › Eyes move rapidly under closed eyelids
- › Most dreaming occurs here
- › Brain is active, muscles are relaxed
- › Can't move voluntarily – signals from the brain to the postural muscles are blocked

### DEEP NON-REM SLEEP

- › Stages 3-4
- › Difficult to wake up
- › Sleep inertia when woken

## Rapid Eye Movement (REM)

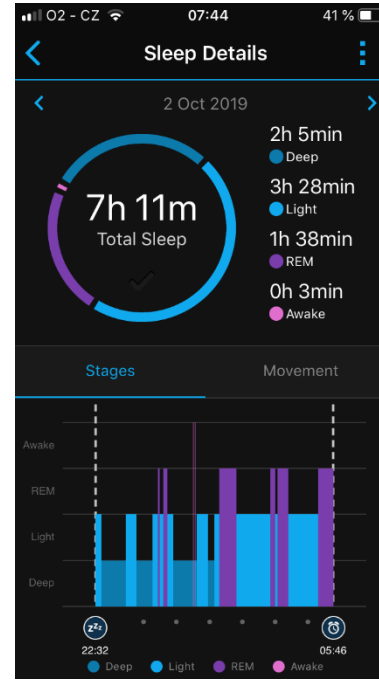
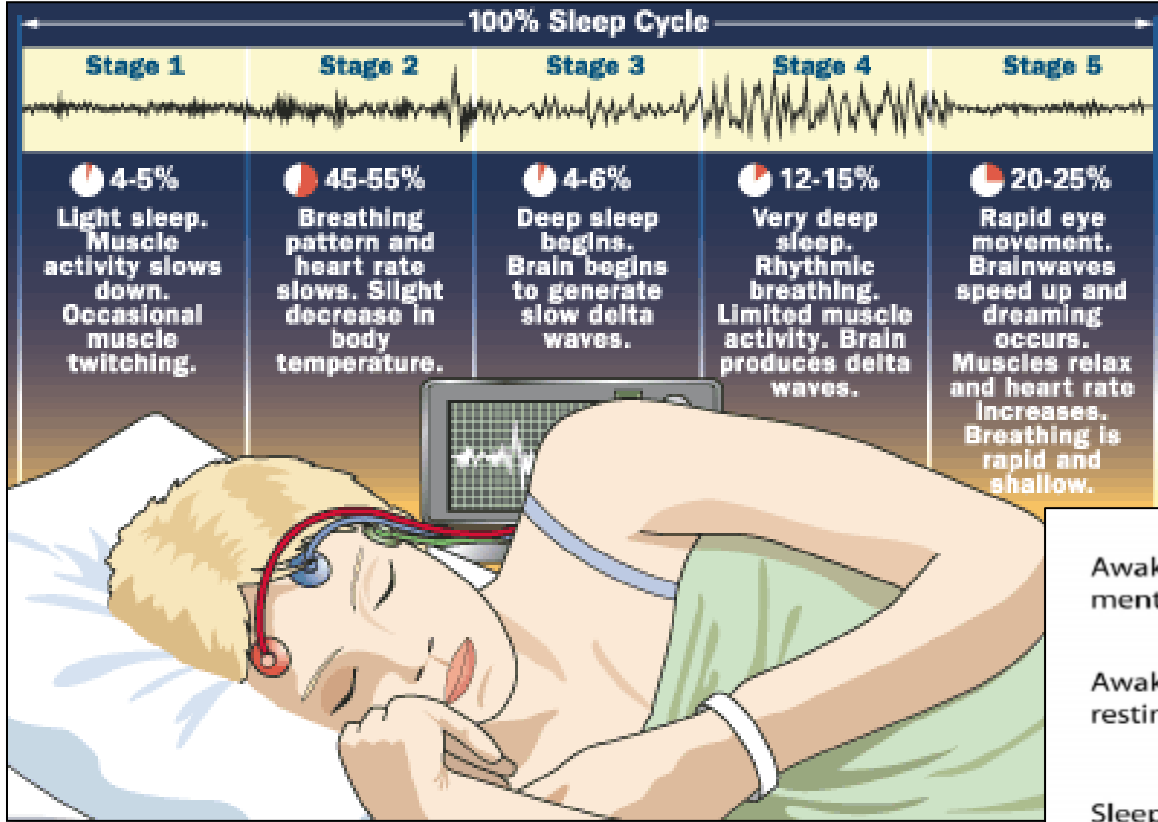
### LIGHT NON-REM SLEEP

- › Stages 1-2
- › May drift in and out of sleep several times at the start
- › Easy to wake up, disturbs easily

4 to 5 sleep cycles make a good night's sleep

# Spánek

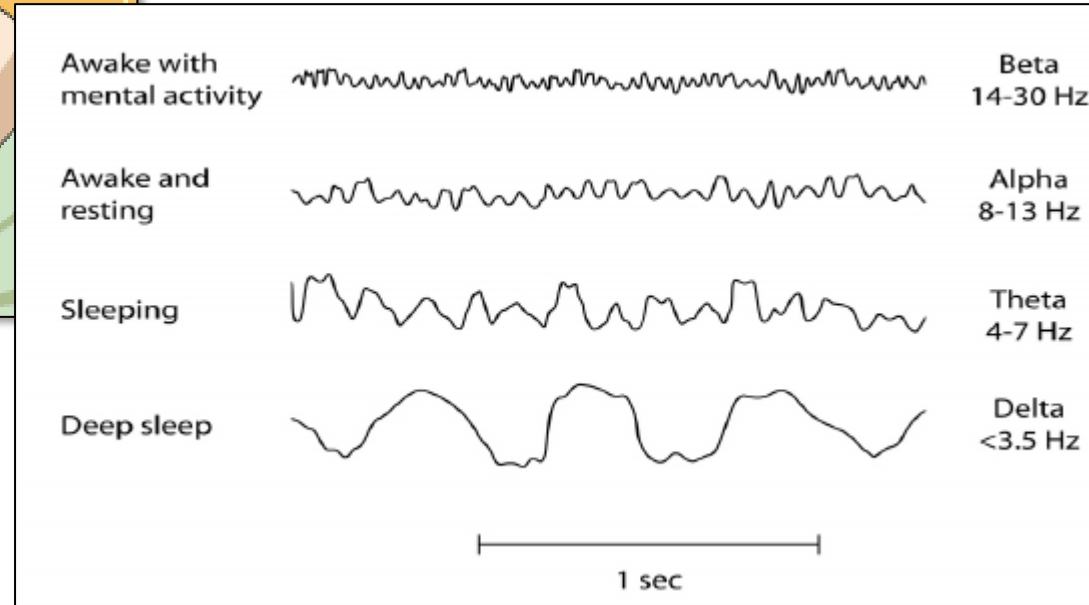
http://www.slideshare.net/dripsdeb/presentations



https://connect.garmin.com/modern/



LIGHT NON-REM SLEEP	DEEP NON-REM SLEEP	REM SLEEP
<ul style="list-style-type: none"> <li>Stages 1-2</li> <li>May drift in and out of sleep several times at the start</li> <li>Easy to wake up, disturbs easily</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stages 3-4</li> <li>Difficult to wake up</li> <li>Sleep inertia when woken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eyes move rapidly under closed eyelids</li> <li>Most dreaming occurs here</li> <li>Brain is active, muscles are relaxed</li> <li>Can't move voluntarily – signals from the brain to the postural muscles are blocked</li> </ul>



https://www.researchgate.net/profile/Priyanka\_Abhang3/publication/281801676/figure/fig4/AS:305025248186371@1449735094401/fig-4-EEG-waves-for-different-signals.png

http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3042230/Sleeping-habits-world-revealed-wakes-grumpy-China-best-quality-shut-eye-South-Africa-wakes-earliest.html

# Spánek a bdění

## Brainstem nuclei responsible

## Neurotransmitter

## Activity state

### *WAKEFULNESS*

Cholinergic nuclei of pons-midbrain junction

Acetylcholine

Active

Locus coeruleus

Norepinephrine

Active

Raphe nuclei

Serotonin

Active

### *NON-REM SLEEP*

Cholinergic nuclei of pons-midbrain junction

Acetylcholine

Decreased

Locus coeruleus

Norepinephrine

Decreased

Raphe nuclei

Serotonin

Decreased

### *REM SLEEP ON*

Cholinergic nuclei of pons-midbrain junction

Acetylcholine

Active

Raphe nuclei

Serotonin

Inactive

### *REM SLEEP OFF*

Locus coeruleus

Norepinephrine

Active

# Hypothalamus

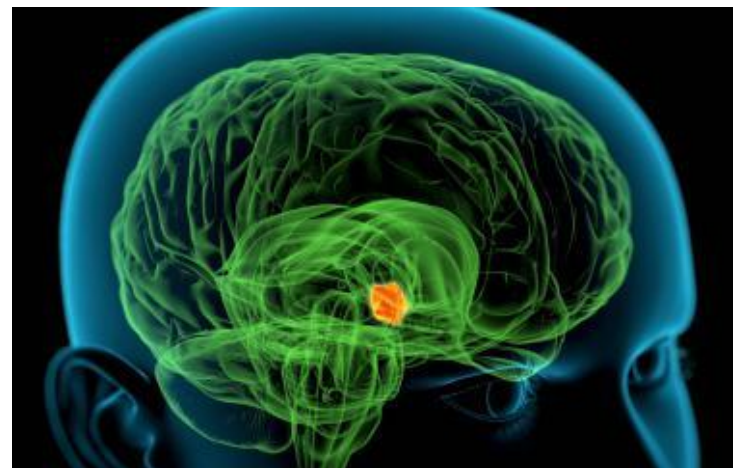
- Klíčové regulační a koordinační centrum
- Integrace informace ze zevního a vnitřního prostředí



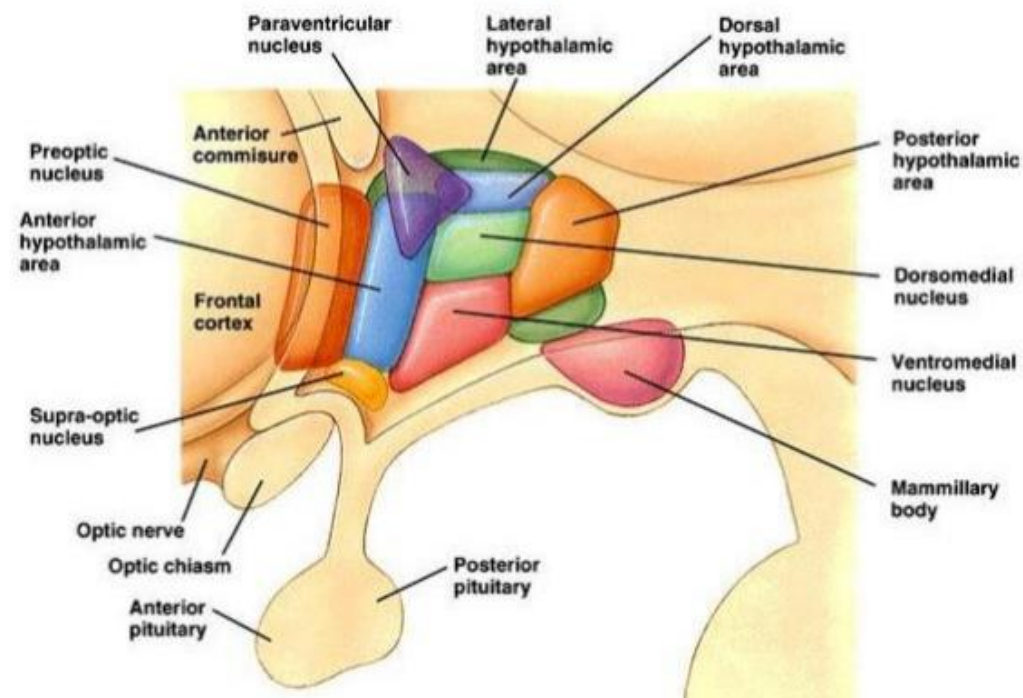
- Modulace chování
- Koordinace a regulace autonomního nervového systému



- **Udržování homeostázy**



<http://biology.about.com/od/anatomy/pl/Hypothalamus.htm>



<http://www.slideshare.net/physiologymgmcri/hypothalamus-15-apr-2016>

# Hypothalamus

- Klíčové regulační a koordinační centrum
- Integrace informací a vnitřní

✓ **Biologické hodiny – cirkadiální /sezónní aktivita**

✓ **Kontrola autonomního nervového systému**

✓ **Kontrola endokrinního systému**

✓ **Regulace příjmu vody a potravin**

✓ **Regulace tělesné teploty**

✓ **Vliv na „okamžité“ chování (např. nervozita při hladu)**

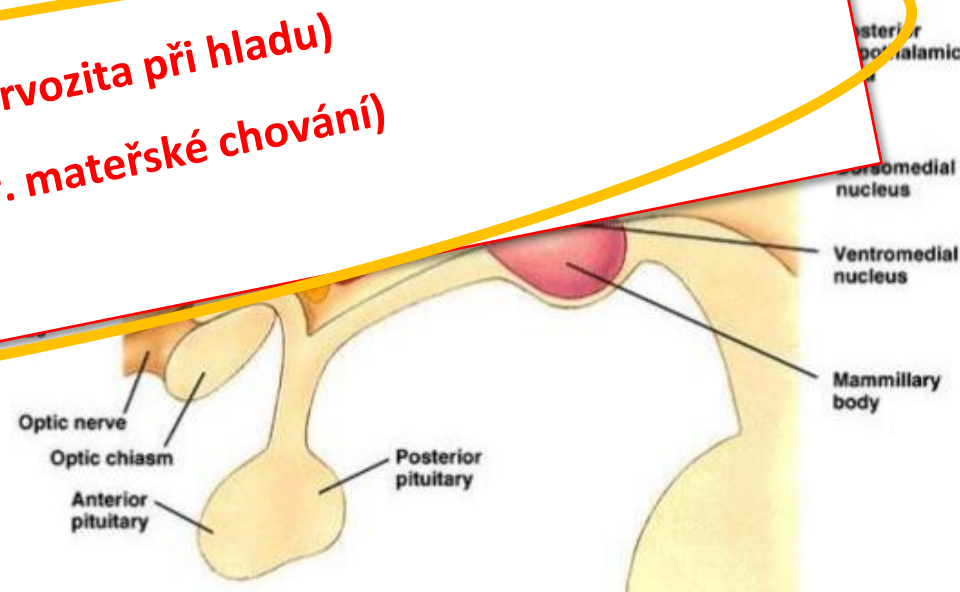
✓ **Vliv na „dlouhodobé“ chování (např. mateřské chování)**

✓ **Pudové chování (sexualita)**

- Udržování rovnováhy



<http://biology.about.com/od/anatomy/pl/Hypothalamus.htm>

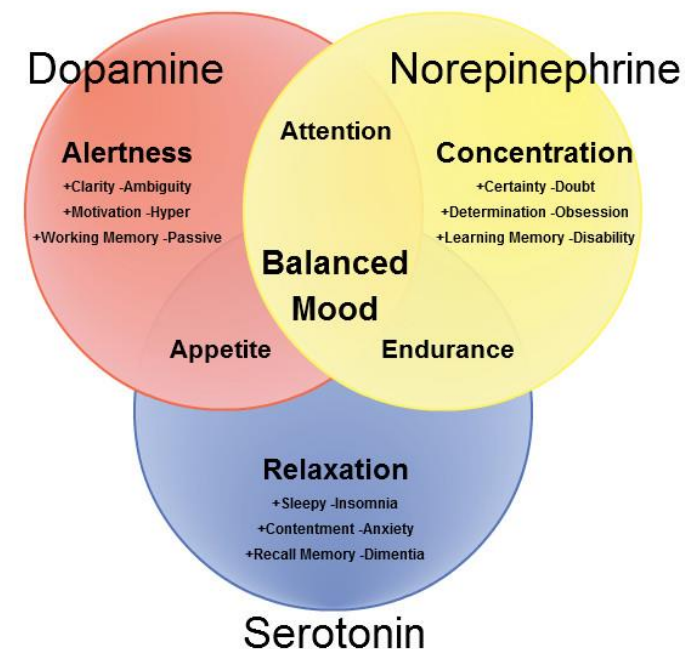


<http://www.slideshare.net/physiologymgmcri/hypothalamus-15-apr-2016>



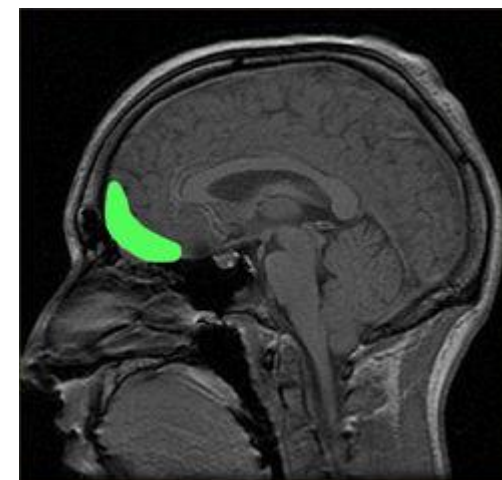
# Vliv hypotalamu na neokortex

- Cestou neuromodulačních systémů
  - Vliv na vědomí (viz. výše)
  - Vliv na náladu
- Cestou thalamu
  - Přes nucleus mediodorsalis vliv na orbitofrontální kortex (vliv při rozhodování)
  - Vliv na gating thalamických jader
- Papézův okruh



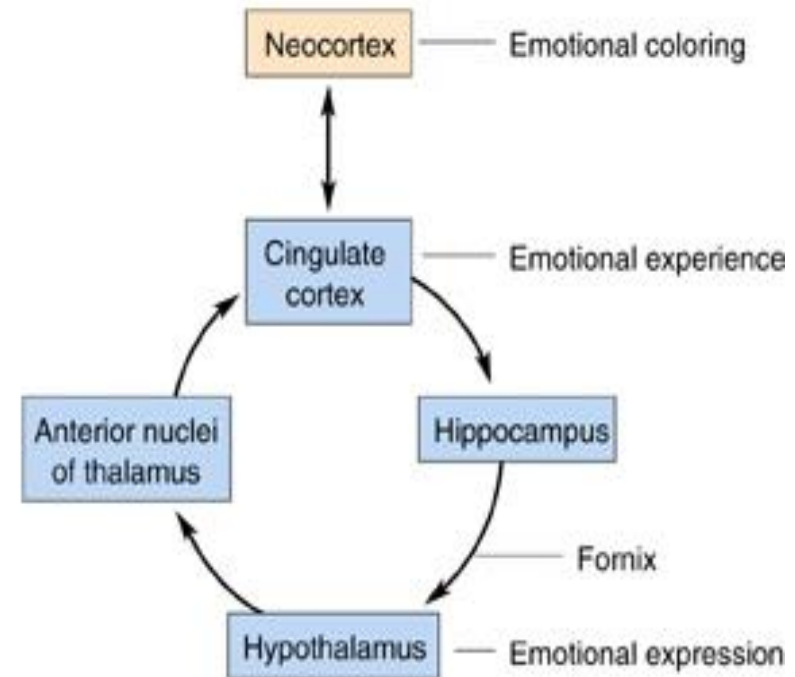
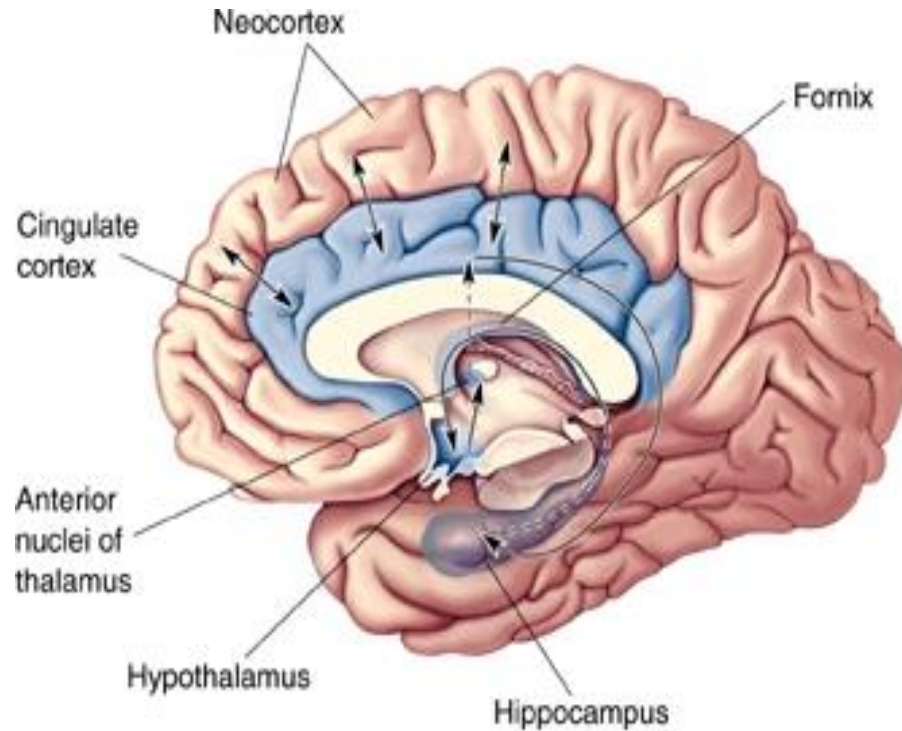
[http://ausm.org.uk/wp-content/uploads/2015/02/Dopamine\\_Norepinephrine\\_Serotonin.jpg](http://ausm.org.uk/wp-content/uploads/2015/02/Dopamine_Norepinephrine_Serotonin.jpg)

Orbitofrontal cortex



[https://en.wikipedia.org/wiki/Orbitofrontal\\_cortex](https://en.wikipedia.org/wiki/Orbitofrontal_cortex)

# Papézův okruh



Copyright © 2007 Wolters Kluwer Health | Lippincott Williams & Wilkins

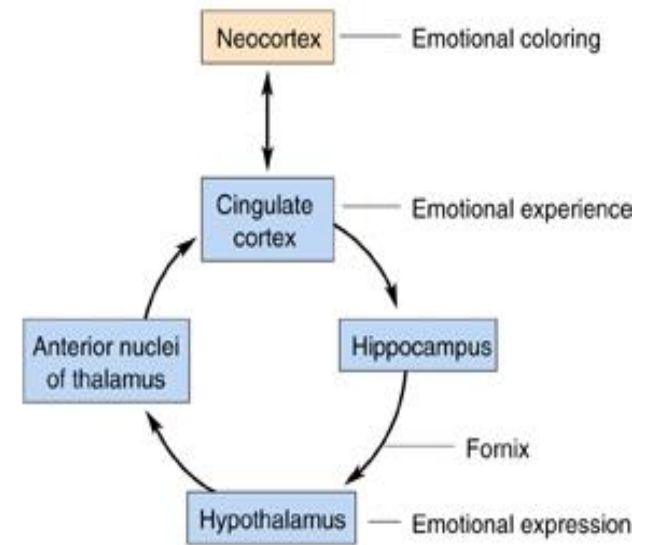
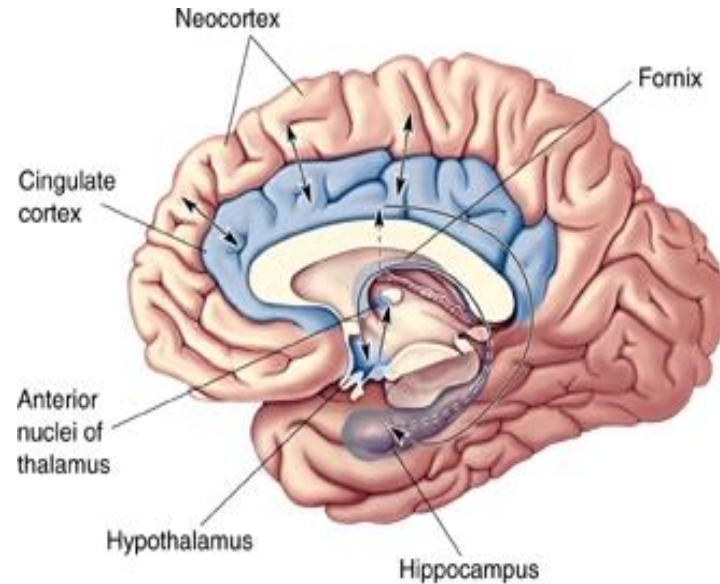
<http://www.slideshare.net/drsunilsuthar/neurobiology-of-emotion>

# Papézův okruh

Gerald Schneider. *9.14 Brain Structure and Its Origins*, Spring 2014. (Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare), <http://ocw.mit.edu> (Accessed). License: Creative Commons BY-NC-SA

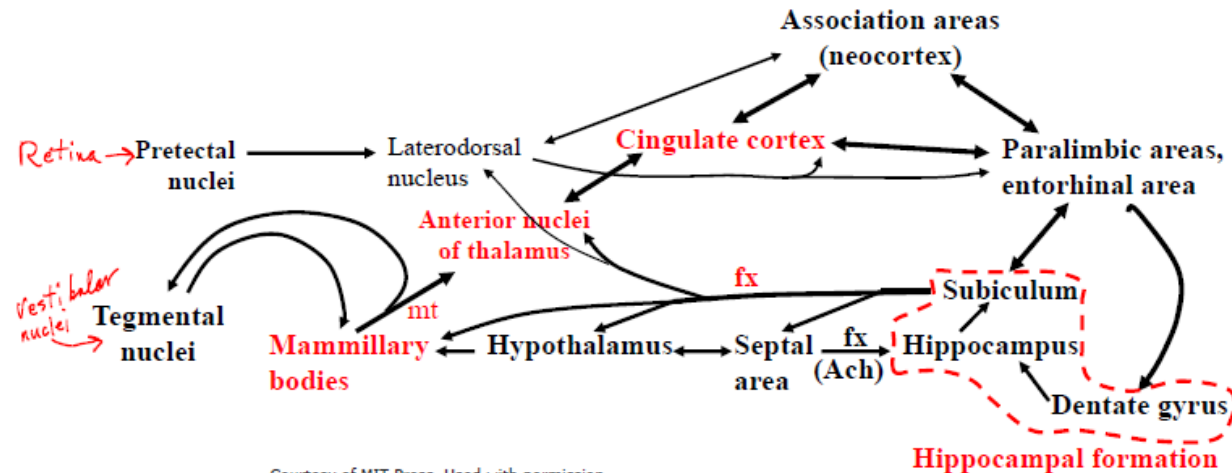


Prof. Gerald Schneider



Copyright © 2007 Wolters Kluwer Health | Lippincott Williams & Wilkins

mt = mammillothalamic tract  
fx = fornix bundle



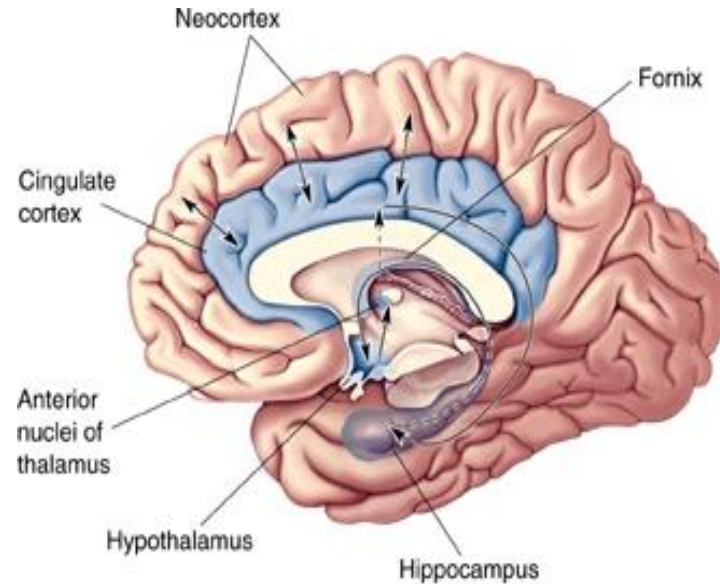
Courtesy of MIT Press. Used with permission.  
Schneider, G. E. *Brain Structure and its Origins: In the Development and in Evolution of Behavior and the Mind*. MIT Press, 2014. ISBN: 9780262026734.

# Papézův okruh

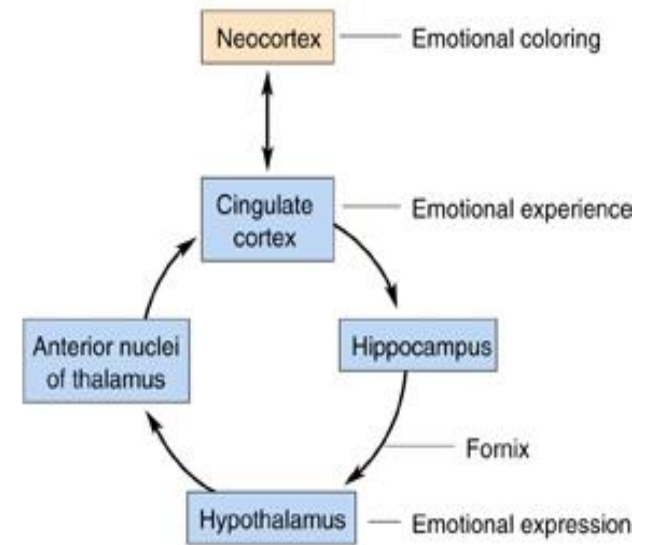
Gerald Schneider. *9.14 Brain Structure and Its Origins, Spring 2014.* (Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare), <http://ocw.mit.edu> (Accessed). License: Creative Commons BY-NC-SA



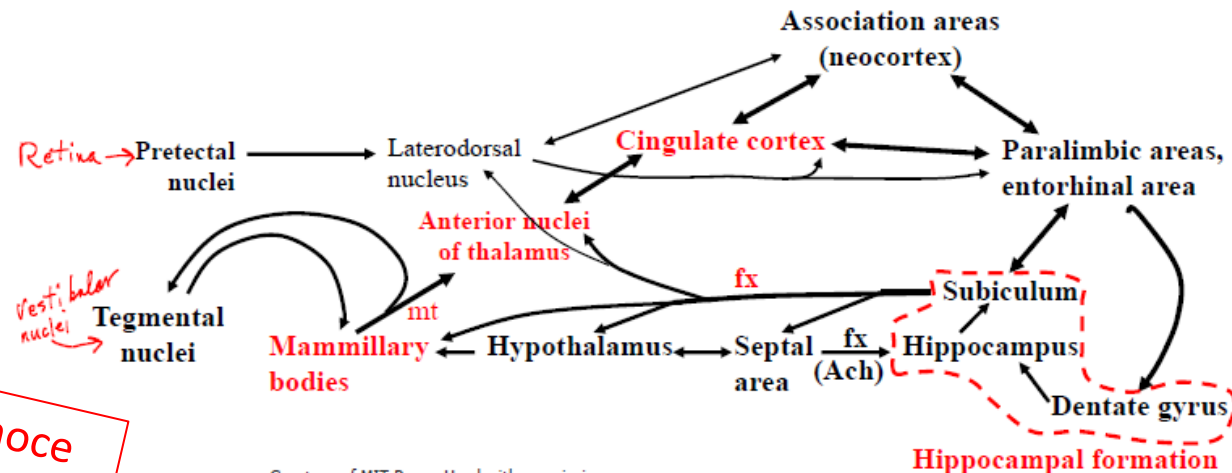
Prof. Gerald Schneider



Copyright © 2007 Wolters Kluwer Health | Lippincott Williams & Wilkins



mt = mammillothalamic tract  
fx = fornix bundle



Courtesy of MIT Press. Used with permission. Schneider, G. E. *Brain Structure and its Origins: In the Development and in Evolution of Behavior and the Mind.* MIT Press, 2014. ISBN: 9780262026734.

Orientace v prostoru a emoce spojené s daným místem

# Papézův okruh

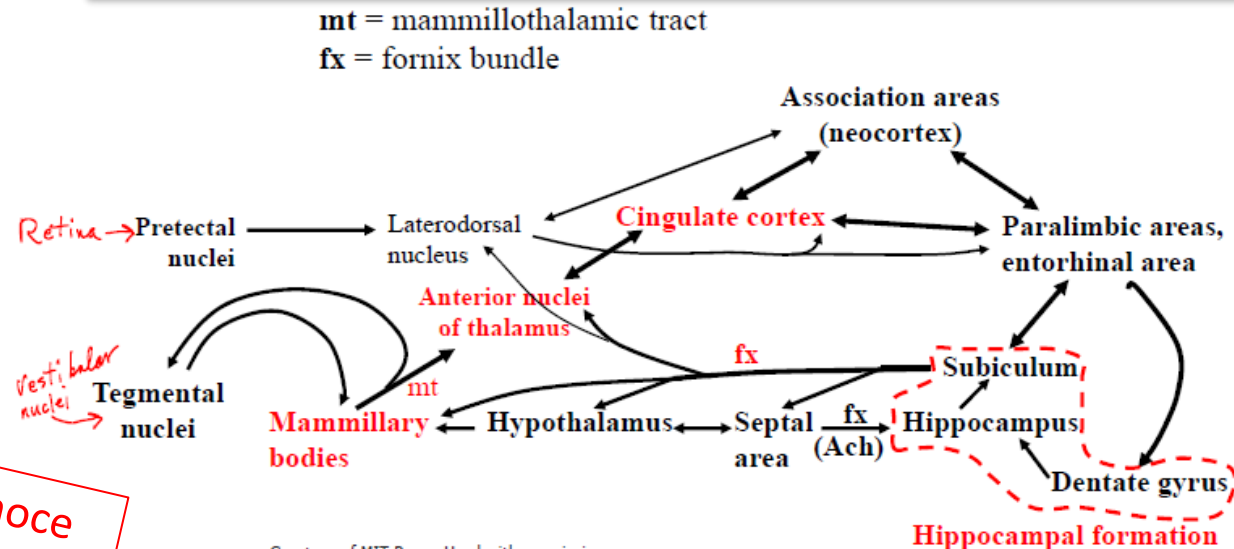
Gerald Schneider. 9.14 Brain Structure and Its Origins, Spring 2014. (Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare), <http://ocw.mit.edu> (Accessed). License: Creative Commons BY-NC-SA



Prof. Gerald Schneider

Orientace v prostoru a emoce spojené s daným místem

- *Suggestion: the ascending axons of this circuit are continuously activating memories of places that lie ahead, in the direction indicated by the current direction of the head.* Thus, decisions about direction of locomotion are influenced by memories of those places, including their good or bad values.
- *Axons in the Papez circuit are of more than one type. Only the ones signaling head direction have been characterized.*
- *What is the hippocampus sending to other parts of the hypothalamus? It may alter motivational levels according to remembered information about locations in the current frame of reference.*



Courtesy of MIT Press. Used with permission. Schneider, G. E. Brain Structure and its Origins: In the Development and in Evolution of Behavior and the Mind. MIT Press, 2014. ISBN: 9780262026734.

# Papézův okruh

Gerald Schneider. *9.14 Brain Structure and Its Origins, Spring 2014*. (Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare), <http://ocw.mit.edu> (Accessed). License: Creative Commons BY-NC-SA

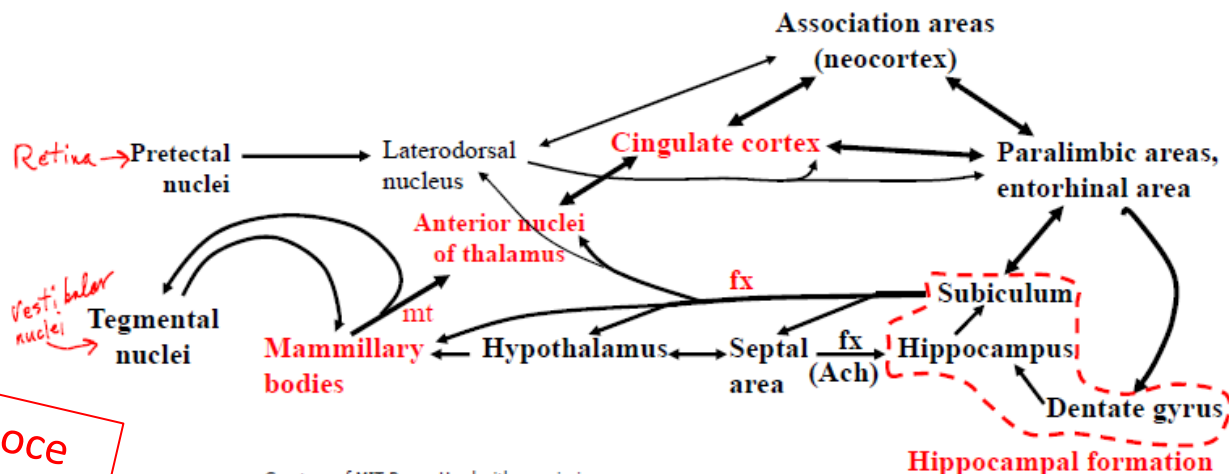


Prof. Gerald Schneider

Orientace v prostoru a emoce spojené s daným místem

- Origins of endbrain: Structures underlying olfaction
- Two major links between olfactory system and the motor systems of the midbrain
  - 1) Through the ventral endbrain, which became corpus striatum and basal forebrain (including much of the septal area)
    - Outputs to hypothalamus, (epithalamus, subthalamus), midbrain
    - These outputs affected locomotion and orienting movements
    - The links were plastic, so habits were formed according to rewarding effects mediated, e.g., by taste effects.
  - 2) Through the medial part of the dorsal endbrain, which became medial pallium—the hippocampal formation
    - Outputs to ventral striatum, hypothalamus, epithalamus
    - The links were plastic, but the “habits” formed were different: The association of place with good or bad consequences of approach.

mt = mammillothalamic tract  
fx = fornix bundle



Courtesy of MIT Press. Used with permission. Schneider, G. E. Brain Structure and its Origins: In the Development and in Evolution of Behavior and the Mind. MIT Press, 2014. ISBN: 9780262026734.

# Papézův okruh

Gerald Schneider. *9.14 Brain Structure and Its Origins, Spring 2014.* (Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare), <http://ocw.mit.edu> (Accessed). License: Creative Commons BY-NC-SA



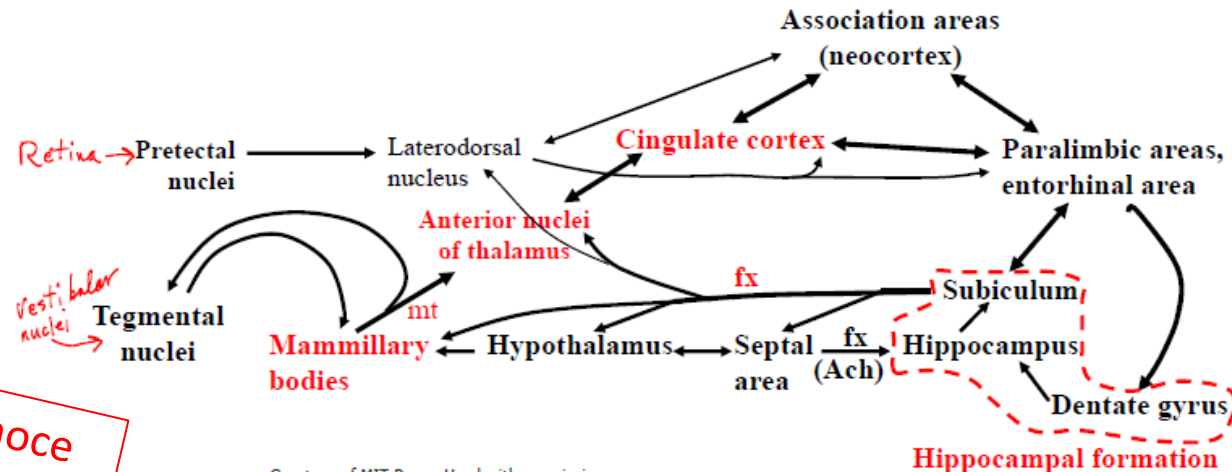
Prof. Gerald Schneider

Object oriented...

Location oriented...

- Origins of endbrain: Structures underlying olfaction
- Two major links between olfactory system and the motor systems of the midbrain
  - 1) Through the ventral endbrain, which became corpus striatum and basal forebrain (including much of the septal area)
    - Outputs to hypothalamus, (epithalamus, subthalamus), midbrain
    - These outputs affected locomotion and orienting movements
    - The links were plastic, so habits were formed according to rewarding effects mediated, e.g., by taste effects.
  - 2) Through the medial part of the dorsal endbrain, which became medial pallium—the hippocampal formation
    - Outputs to ventral striatum, hypothalamus, epithalamus
    - The links were plastic, but the “habits” formed were different: The association of place with good or bad consequences of approach.

mt = mammillothalamic tract  
fx = fornix bundle



Orientace v prostoru a emoce spojené s daným místem

# Papézův okruh

Gerald Schneider. *9.14 Brain Structure and Its Origins, Spring 2014*. (Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare), <http://ocw.mit.edu> (Accessed). License: Creative Commons BY-NC-SA



Prof. Gerald Schneider

## Review

### Evolution of corpus striatum: *basic outline of a story*

1. Beginnings: a link between olfactory inputs and motor control: The link becomes “Ventral striatum”. It was a modifiable link (capable of experience-induced change).

2. Non-olfactory inputs invade the striatal integrating mechanisms (via paleothalamic structures).

3. Early expansions of endbrain: striatal and pallial.

4. Pre-mammalian & then mammalian expansions of cortex and striatum: For the striatum, the earlier outputs and inputs remain as connections with neocortex expand.

Figure 1. Postulated beginnings in primitive chordates

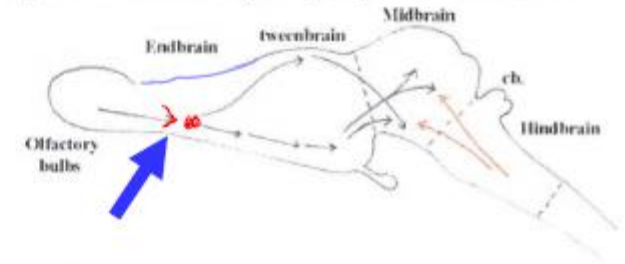


Figure 2. Other inputs reached the striatum

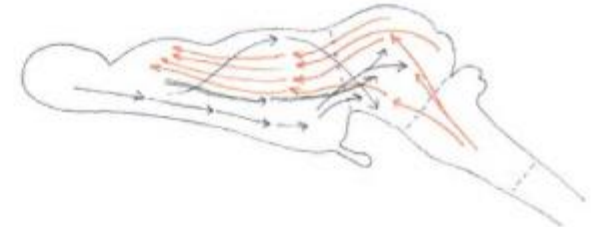


Figure 3. Early expansion of striatal and adjacent “limbic” areas

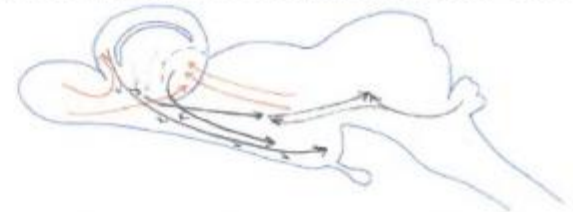
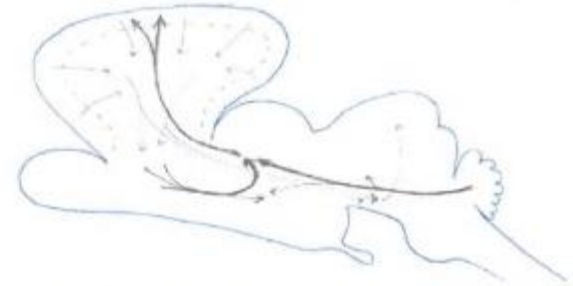


Figure 4. Pre-mammalian, and then mammalian expansions



Courtesy of MIT Press. Used with permission.  
Schneider, G. E. *Brain structure and its Origins: In the Development and in Evolution of Behavior and the Mind*. MIT Press, 2014. ISBN: 9780262026734.



# Učení a paměť

**Working/Short term  
memory**

– „RAM“

**Long term memory**

– „Hard disk“

# Učení a paměť

- Spoje striata i hippocampu jsou plastické
- Plasticita spojů je podkladem učení
- Učení je formování dlouhodobé paměti

**Working/Short term  
memory**  
– „RAM“  
**Long term memory**  
– „Hard disk“

# Učení a paměť

- Spojení striata i hippocampu jsou plastická
- Plasticita spojů je podkladem učení
- Učení je formování dlouhodobé paměti
- Procedurální paměť (implicitní)
  - Závislá na striatu
  - Dovednosti – motorické schopnosti ale i sociální návyky
  - „Tvorba algoritmů“

# Učení a paměť

- Spojení striata i hippocampu jsou plastická
- Plasticita spojů je podkladem učení
- Učení je formování dlouhodobé paměti
- Procedurální paměť (implicitní)
  - Závislá na striatu
  - Dovednosti – motorické schopnosti ale i sociální návyky
  - „Tvorba algoritmů“
- Deklarativní paměť (explicitní)
  - Závislá na hippocampu
  - Explicitní informace ukládány a vědomě vybavovány
  - „Tvorba map (vztahů)“ ať už prostorových nebo abstraktních

# Učení a paměť

- Spojení striata i hippocampu jsou plastická
- Plasticita spojů je podkladem učení
- Učení je formování dlouhodobé paměti
- Procedurální paměť (implicitní)
  - Závislá na striatu
  - Dovednosti – motorické schopnosti ale i sociální návyky
  - „Tvorba algoritmů“
- Deklarativní paměť (explicitní)
  - Závislá na hippocampu
  - Explicitní informace ukládány a vědomě vybavovány
  - „Tvorba map (vztahů)“ ať už prostorových nebo abstraktních

## Orientace na objekt

Dá se to jíst a jak to zpracovat?

## Orientace na místo

Kde to jsem a co se tady stalo?

# Kognitivní mapy

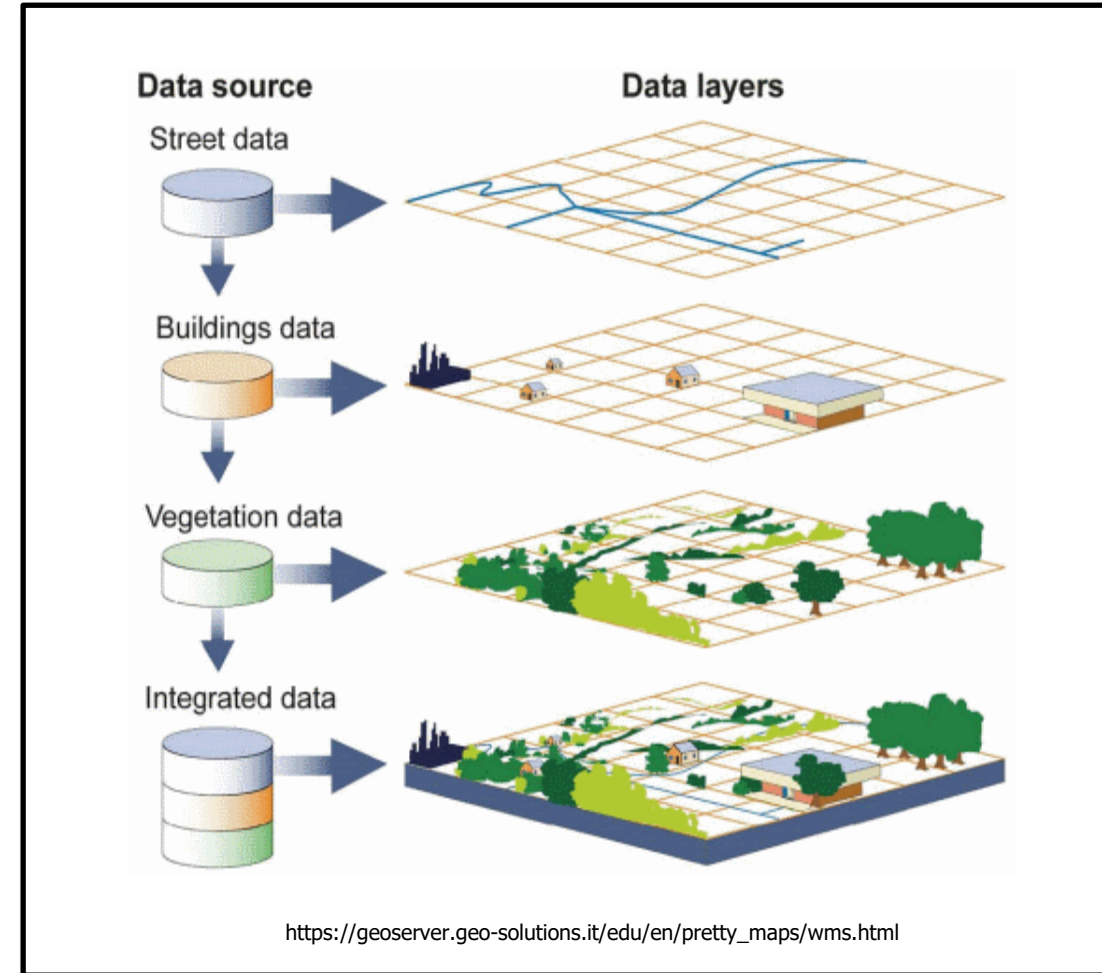
Type of **mental representation** which serves an individual to acquire, code, store, recall, and decode information about the **relative locations and attributes** of phenomena in their everyday or metaphorical spatial environment.

Wikipedia

- ✓ Unikátní
- ✓ Více úhlů náhledu
- ✓ Komplexní

Later generalized to refer to a kind of **semantic network** representing an individual's personal **knowledge or schemas**.

Wikipedia



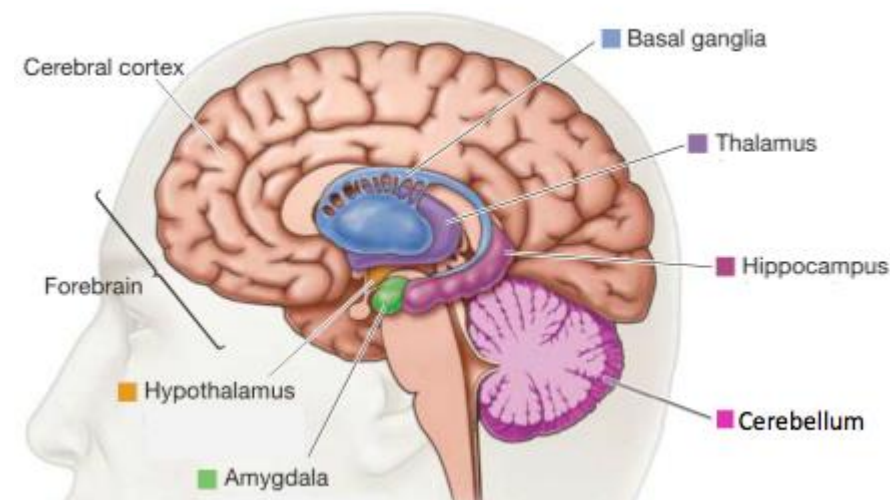
# Amygdala

*Corticomedial: Inputs from olfactory bulbs, hypothalamus & lateral amygdala; outputs to hypothalamus, amygdala, ANS*

*Basolateral: Inputs from thalamus, neocortex, hippocampus; outputs to prefrontal cortex, ventral striatum, other amygdala nuclei*

*Central: Intra-amygdalar inputs; outputs through stria terminalis (see later slides)*

- Napojení na všechny významné kortikální a subkortikální struktury
- Modifikovaná část corpus striatum
- Spoje plastické – paměť



[http://proprofs-cdn.s3.amazonaws.com/images/FC/user\\_images/1406217/9806788916.png](http://proprofs-cdn.s3.amazonaws.com/images/FC/user_images/1406217/9806788916.png)

[http://1.bp.blogspot.com/-DTBzUhiQrAE/Uz\\_biohLgII/AAAAAAAAAADU/kFhO3Eeq688/s1600/amygdala-bypass.gif](http://1.bp.blogspot.com/-DTBzUhiQrAE/Uz_biohLgII/AAAAAAAAAADU/kFhO3Eeq688/s1600/amygdala-bypass.gif)

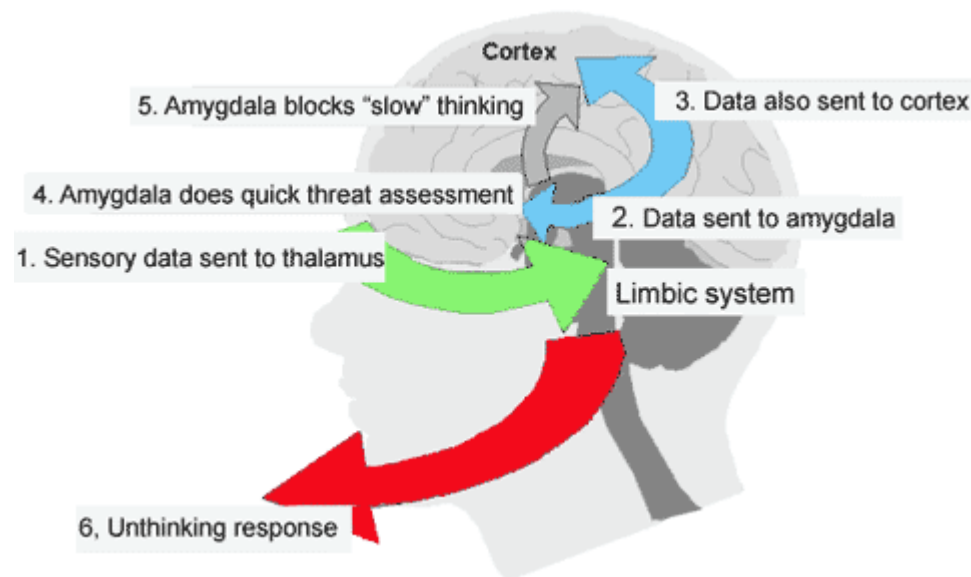
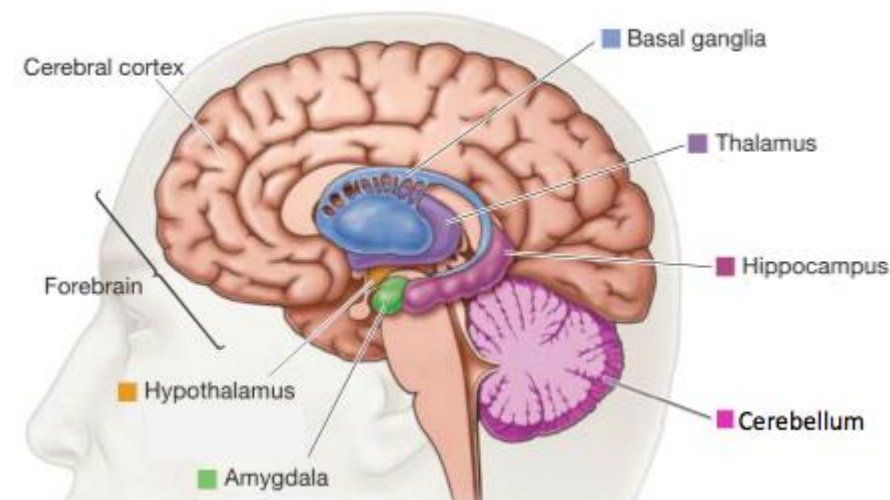
# Amygdala

*Corticomedial: Inputs from olfactory bulbs, hypothalamus & lateral amygdala; outputs to hypothalamus, amygdala, ANS*

*Basolateral: Inputs from thalamus, neocortex, hippocampus; outputs to prefrontal cortex, ventral striatum, other amygdala nuclei*

*Central: Intra-amygdalar inputs; outputs through stria terminalis (see later slides)*

- Napojení na všechny významné kortikální a subkortikální struktury
- Modifikovaná část corpus striatum
- Spoje plastické – paměť
- „Vliv informací z vnějšku na limbický systém“
- „Amygdala hijack“
- „Affective tags“
  - Pozitivní i negativní
  - Větší vnímavost k negativním

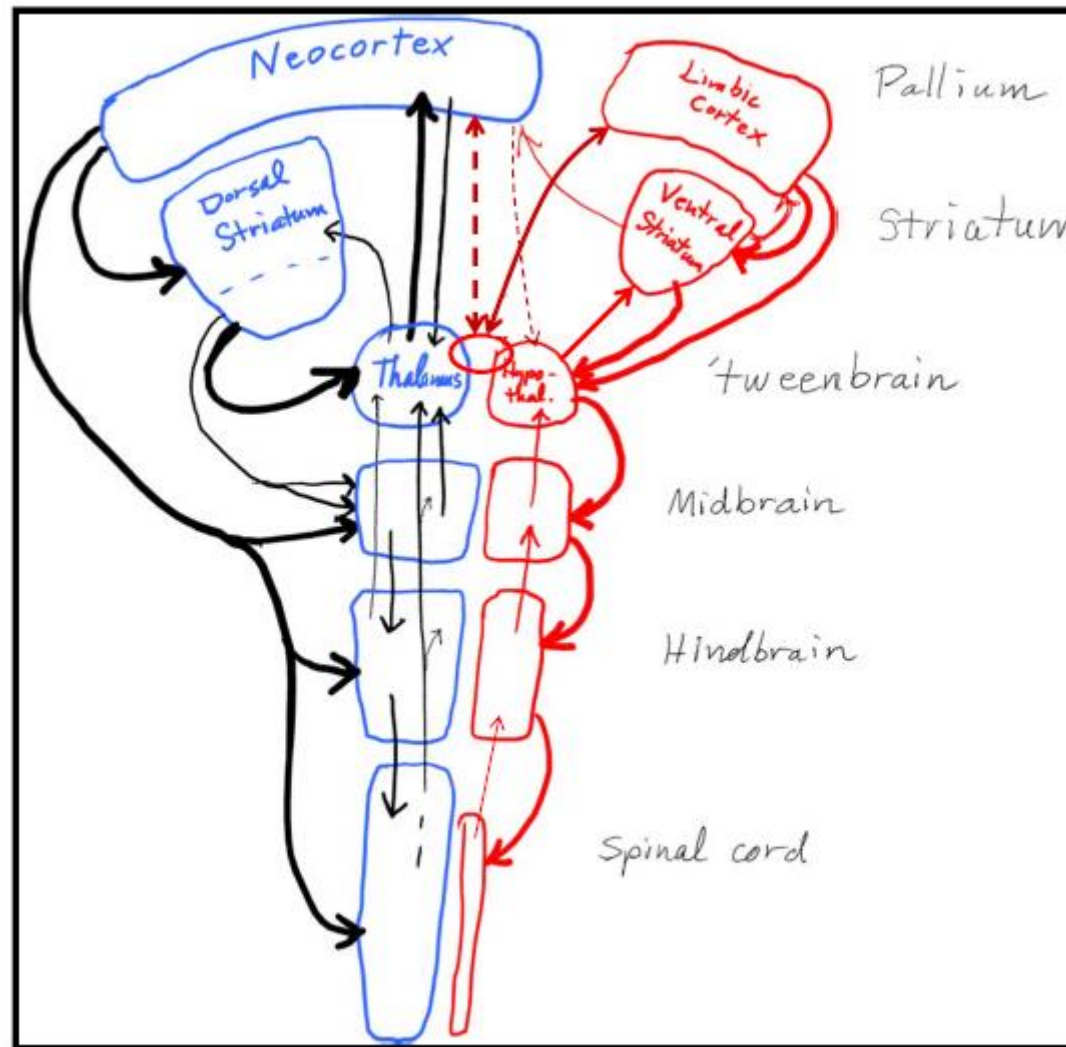


[http://proprofs-cdn.s3.amazonaws.com/images/FC/user\\_images/1406217/9806788916.png](http://proprofs-cdn.s3.amazonaws.com/images/FC/user_images/1406217/9806788916.png)

[http://1.bp.blogspot.com/-DTBzUhiQrAE/Uz\\_biohLgII/AAAAAAAAAAU/kFhO3Eeq688/s1600/amygdala-bypass.gif](http://1.bp.blogspot.com/-DTBzUhiQrAE/Uz_biohLgII/AAAAAAAAAAU/kFhO3Eeq688/s1600/amygdala-bypass.gif)



Gerald Schneider. *9.14 Brain Structure and Its Origins*, Spring 2014. (Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare), <http://ocw.mit.edu> (Accessed). License:Creative Commons BY-NC-SA



Courtesy of MIT Press. Used with permission.  
Schneider, G. E. *Brain structure and its Origins: In the Development and in Evolution of Behavior and the Mind*. MIT Press, 2014. ISBN: 9780262026734.

## 83. Význam limbického systému a stručný popis základních funkcí – somatický vs. limbický aktivační systém, spánek a bdění

- Koncept, charakteristika a struktury limbického systému
  - Integrace informace z vnitřního a vnějšího prostředí
  - Hypotalamus a na něj napojené struktury...
- Somatický vs. limbický aktivační systém
  - Habitace, napojení na systém odměny...
- Spánek/bdění – kooperace somatického a limbického aktivačního systému cestou neromodulace
- Fáze spánku, základní EEG charakteristiky

## 84. Význam limbického systému a stručný popis základních funkcí – učení a paměť, vliv hypotalamu na neokortex, role amygdaly

- Koncept, charakteristika a struktury limbického systému
  - Integrace informace z vnitřního a vnějšího prostředí
  - Hypotalamus a na něj napojené struktury...
  - Stručný přehled funkcí hypotalamu
  - Vliv hypotalamu na neokortex
- Učení a paměť
  - Učení je založeno na plasticitě, učení je formování dlouhodobé paměti
  - Explicitní paměť – hippocampus
  - Implicitní paměť - striatum
- Amygdala
  - Vliv informace z vnějšího prostředí (neokortexu) na limbický systém
  - Amygdala hijack, affective tags

M U N I

M E D