

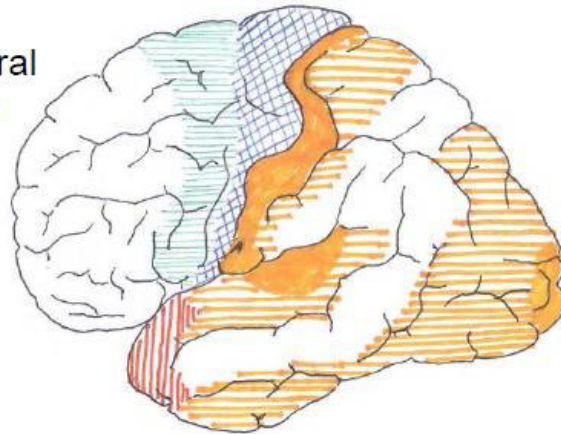
**16**

# **Limbický systém**

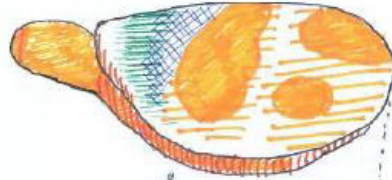
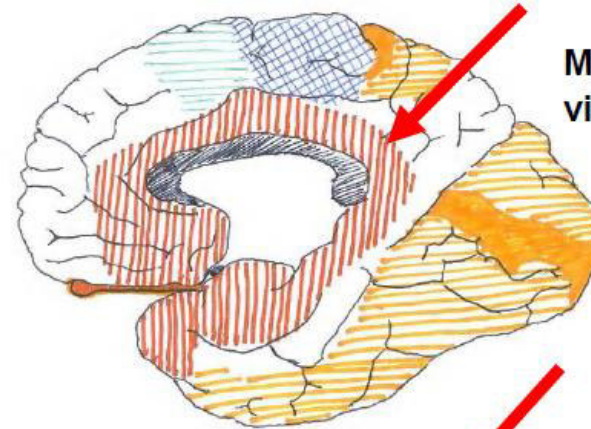
# Limbecký systém

Limbus = okraj

Lateral view



Medial view



Brainstem, sagittal section



## Major functional modules of the CNS

- Sensory-Perceptual
- Motor
- Behavior
- Motivation

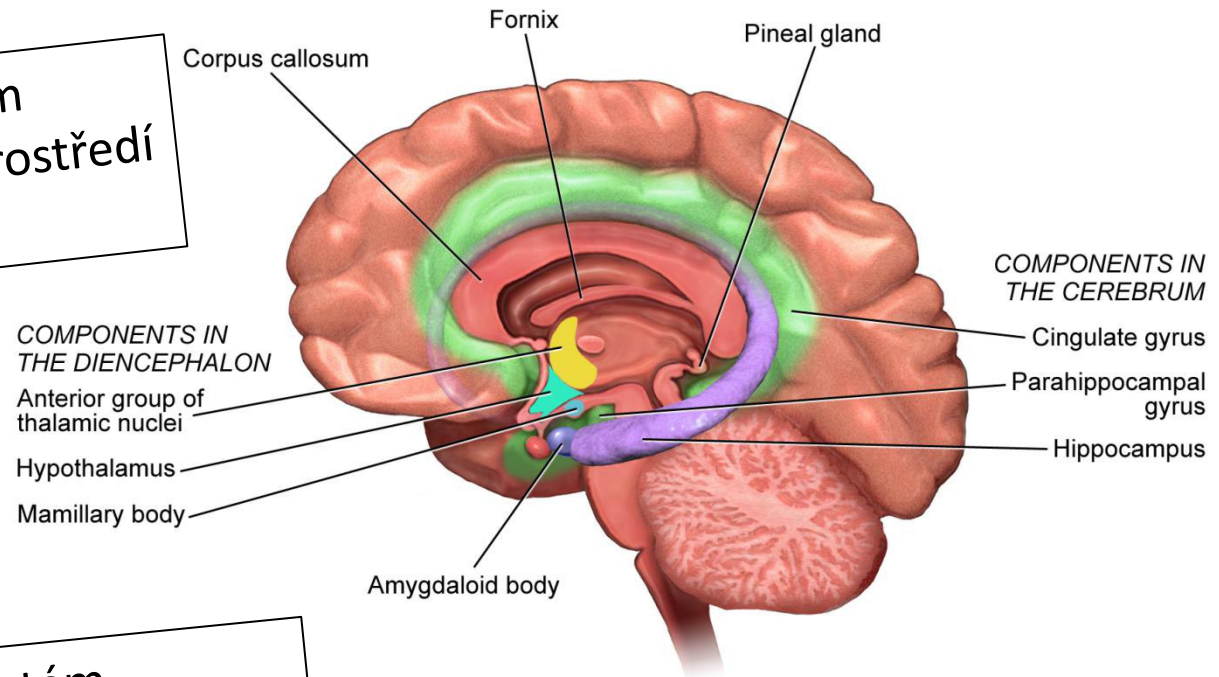
# Koncept limbického systému

- 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



# Koncept limbického systému

- Volní



Modulace

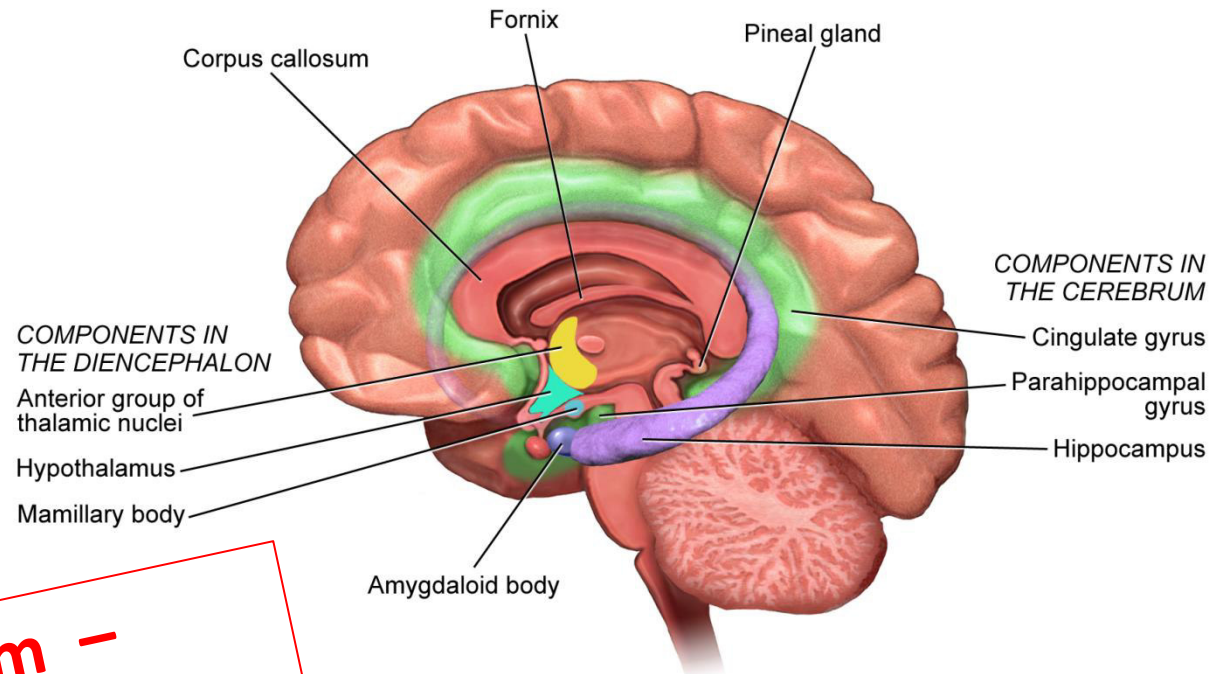
**Limbický systém**



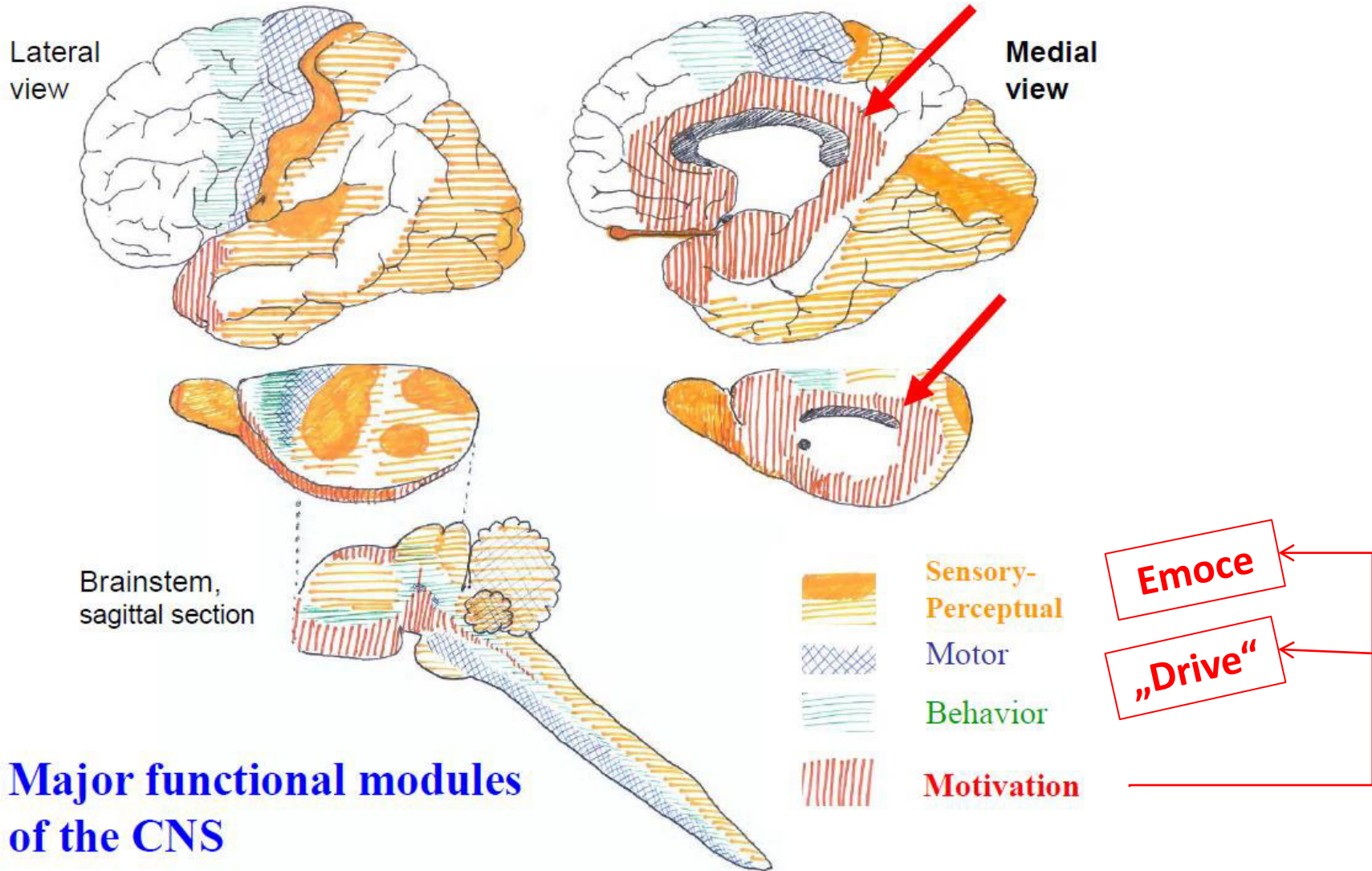
Kontrola

- Mimovolní

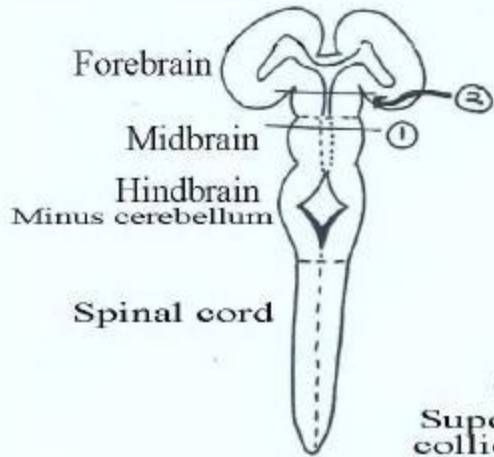
**Limbický systém –  
hypotalamus a struktury na  
něj napojené**



# Limbický systém

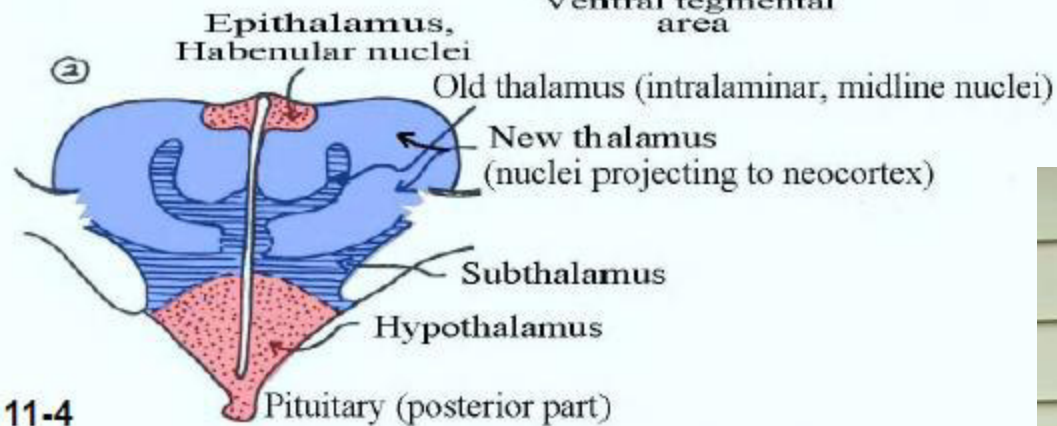
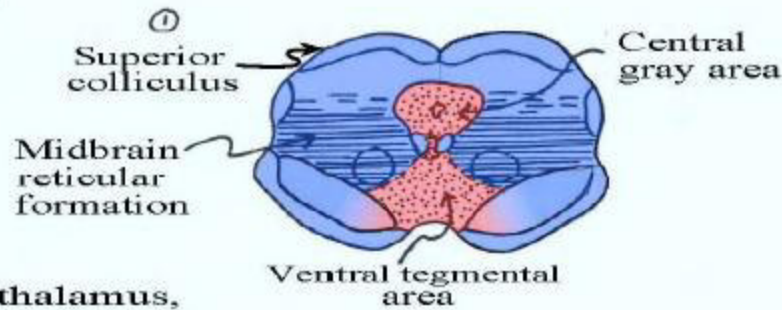


## Major functional modules of the CNS



**Somatic regions: arousal type 1**

**Limbic regions: arousal type 2**

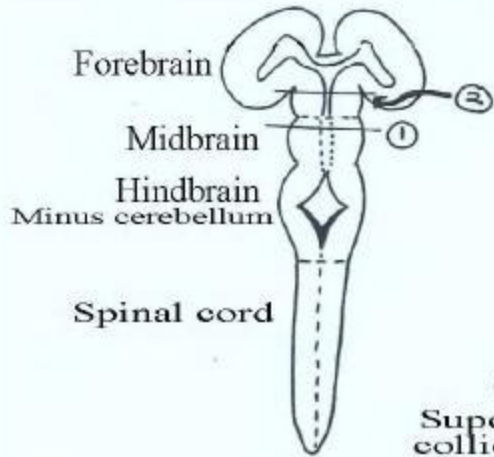


**Fig 11-4**

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.

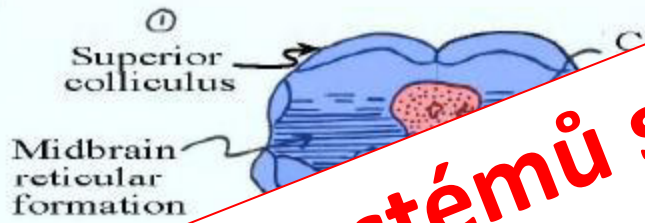


**Prof. Gerald Schneider**



**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 typ 1 (somatický)      Arousal typ 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 typ 1 (somatický)      Arousal typ 2 (limbický)

## ARAS (ascendentní retikulární aktivační systém)

- Efekt stimulace
  - Habituační
  - Neaktivní

- Efekt stimulace

**Stimulace obou systémů se projeví**

- Zvýšením EEG aktivity
- Aktivací sympatiku

- Ascendentní spoje
  - Spina

- Ventrální tegmentální ar...  
VTA – pozitivní

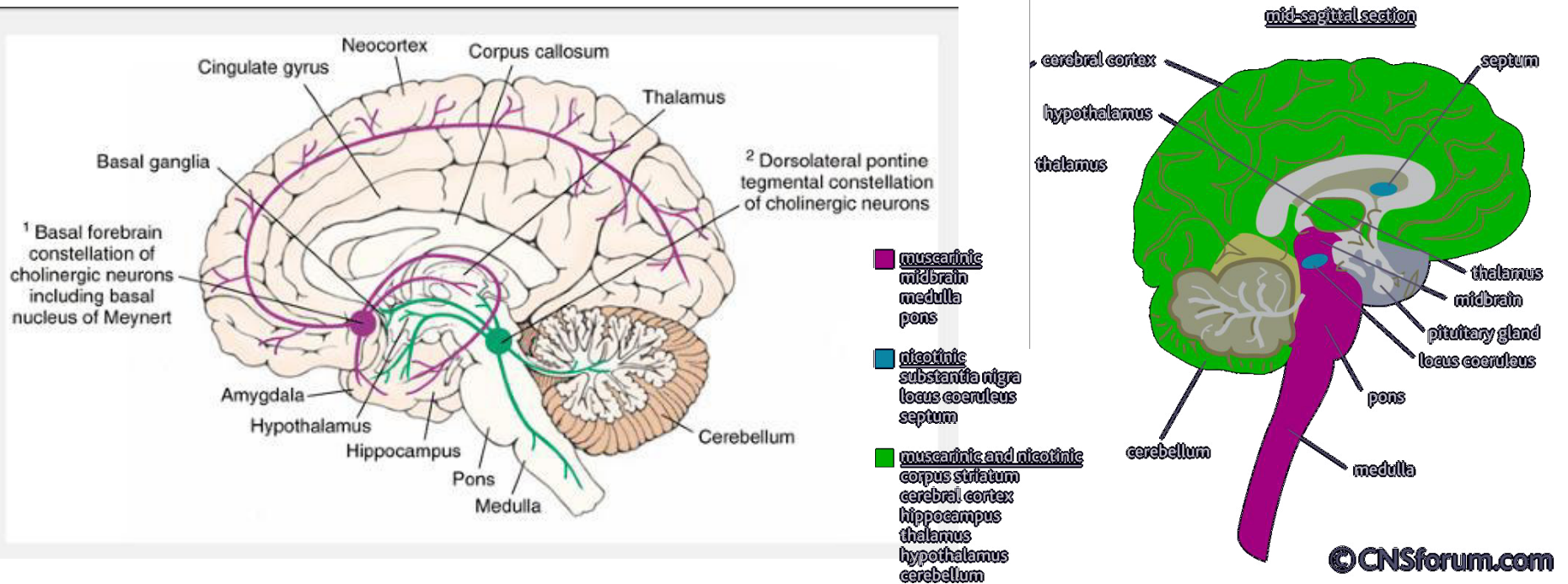
**Souhra obou systémů je klíčová k udržení vědomí cestou neuromodulace**

- Descendentní spoje
  - Hypothalamus a další limbické oblasti, amygdala

- Neokortex, corpus striatum, thalamus

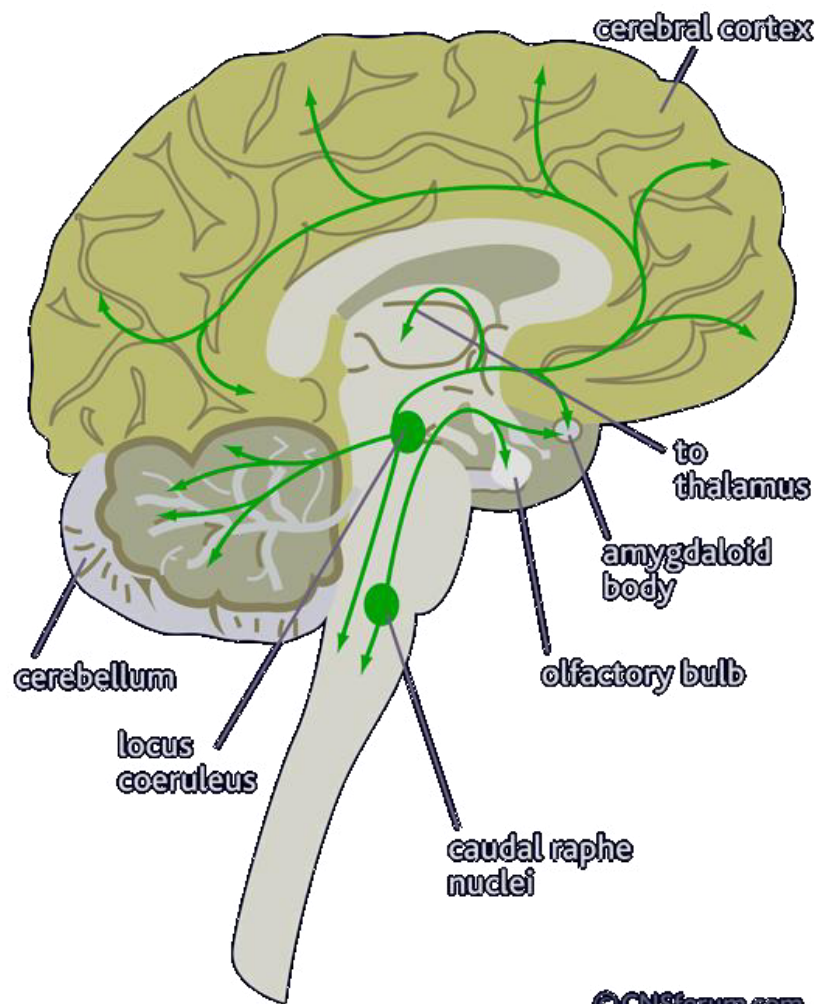
# Acetylcholin

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



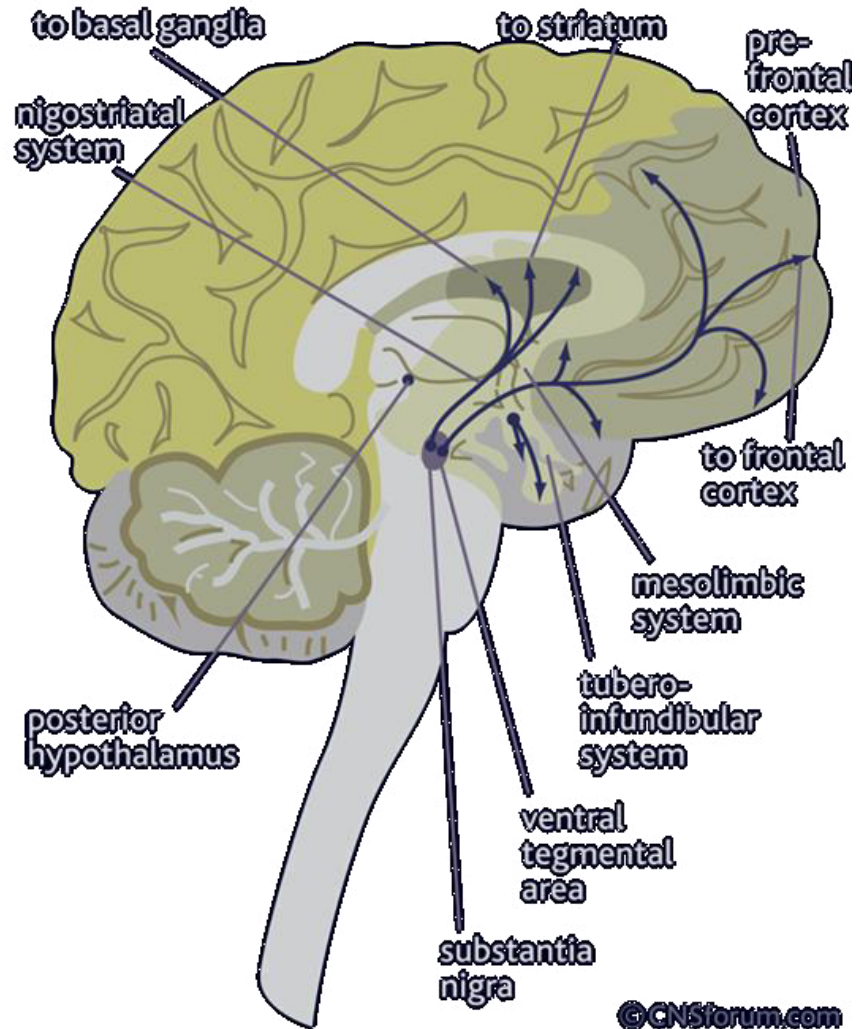
# Noradrenalin

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



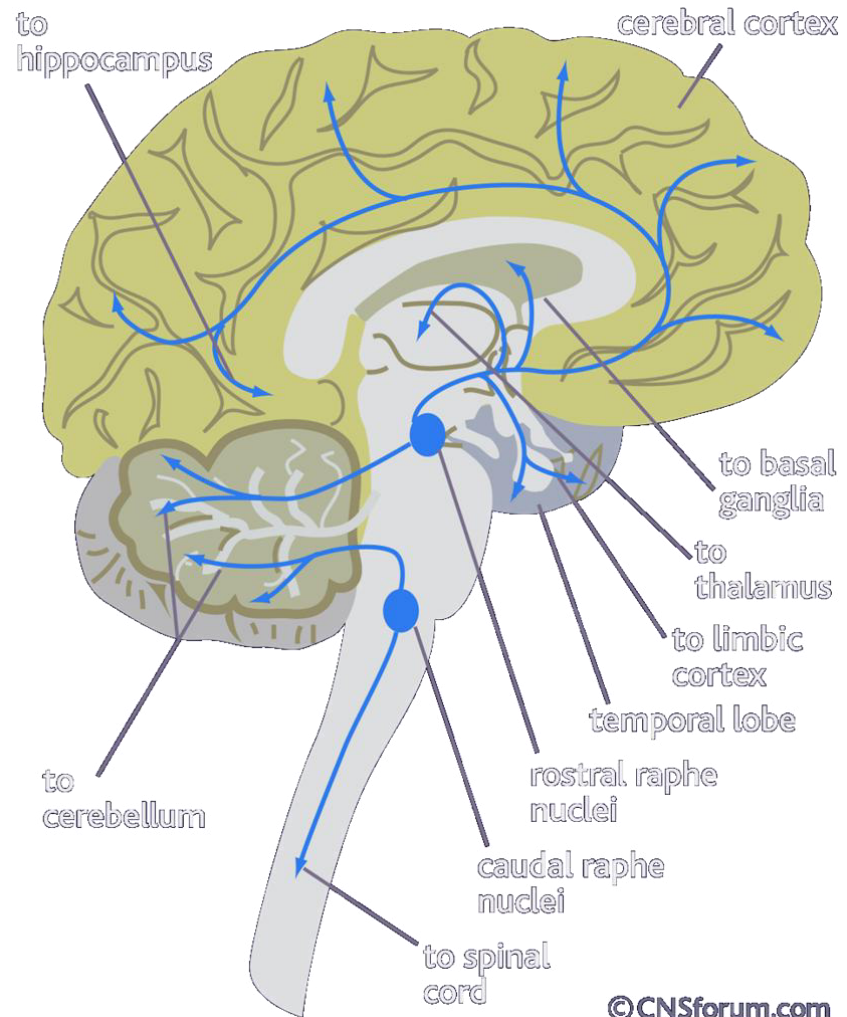
# Dopamin

- Nigrostriální 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



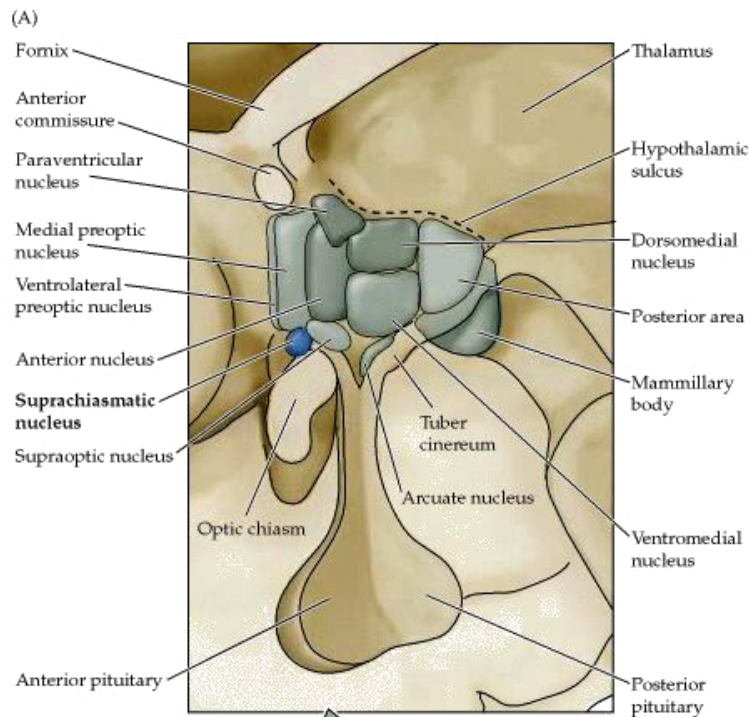
# Serotonin

- Nuclei raphe rostralis
- Nuclei raphe caudalis
  
- Úzkost
- Impulzivnost

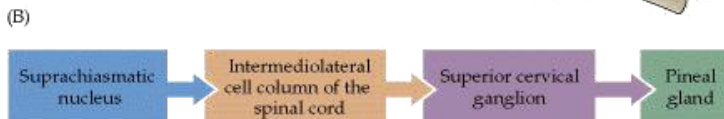
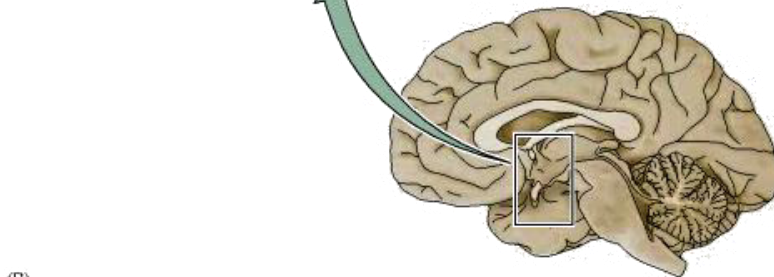
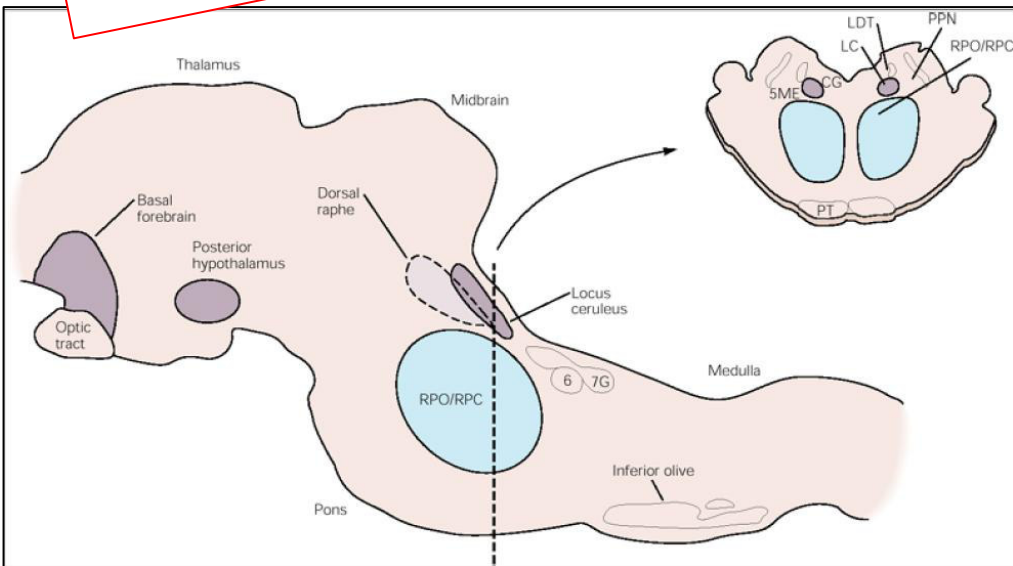


# Spánek a bdění

**Souhra ARAS a limbického aktivčního systému**



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



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

# 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.

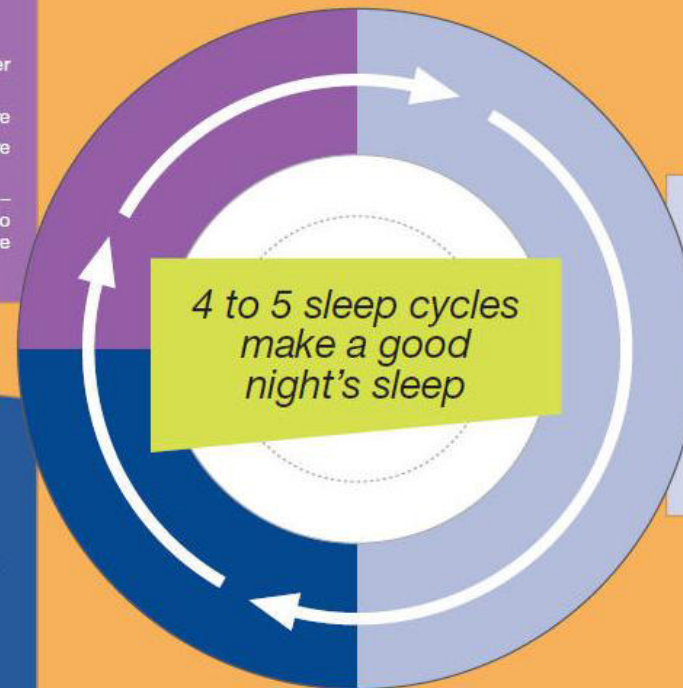
### REM SLEEP

- › 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)

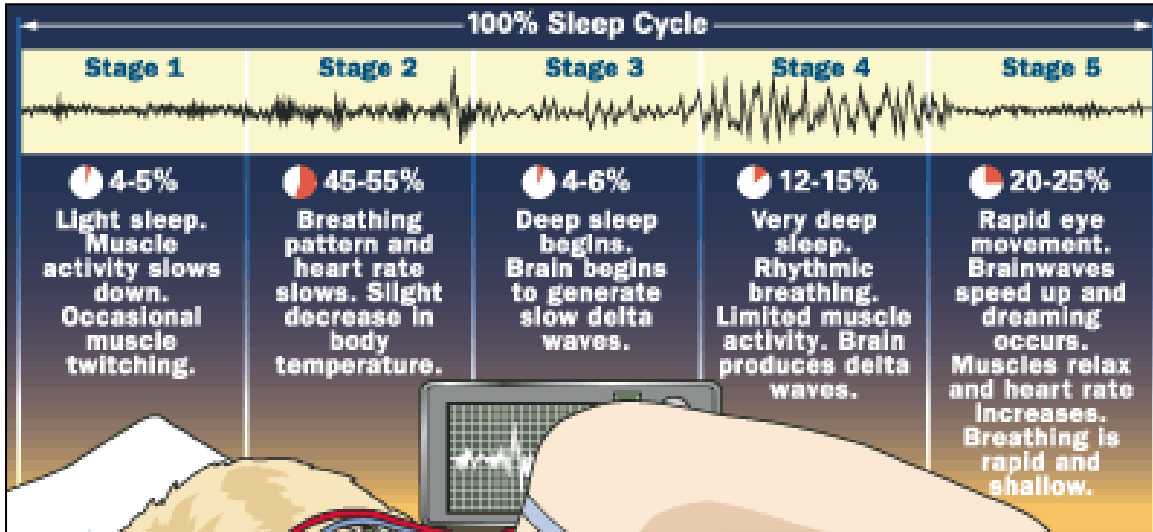


### LIGHT NON-REM SLEEP

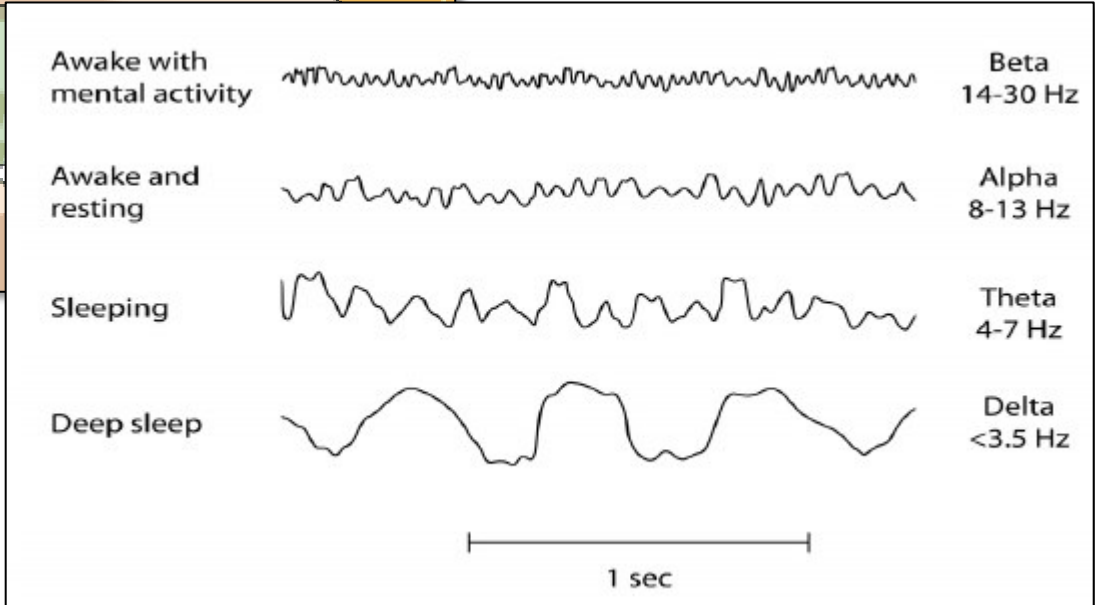
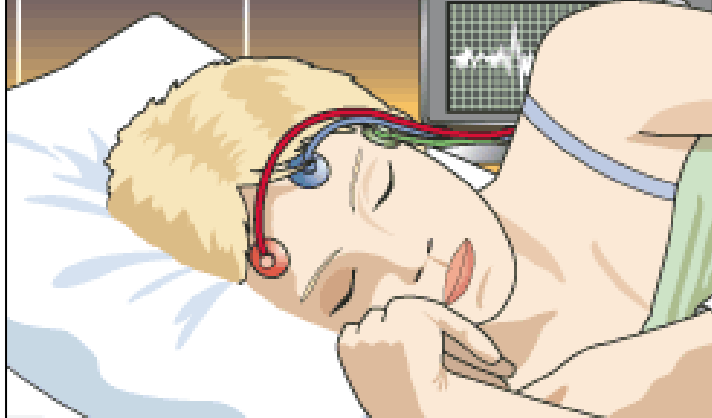
- › Stages 1-2
- › May drift in and out of sleep several times at the start
- › Easy to wake up, disturbs easily

# Spánek

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



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



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

<p><b>LIGHT NON-REM SLEEP</b></p> <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>	<p><b>DEEP NON-REM SLEEP</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Stages 3-4</li> <li>Difficult to wake up</li> <li>Sleep inertia when woken</li> </ul>	<p><b>REM SLEEP</b></p> <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>
--	---	--



# 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 (PGO waves)**

**Raphe nuclei**

**Serotonin**

**Inactive**

### *REM SLEEP OFF*

**Locus coeruleus**

**Norepinephrine**

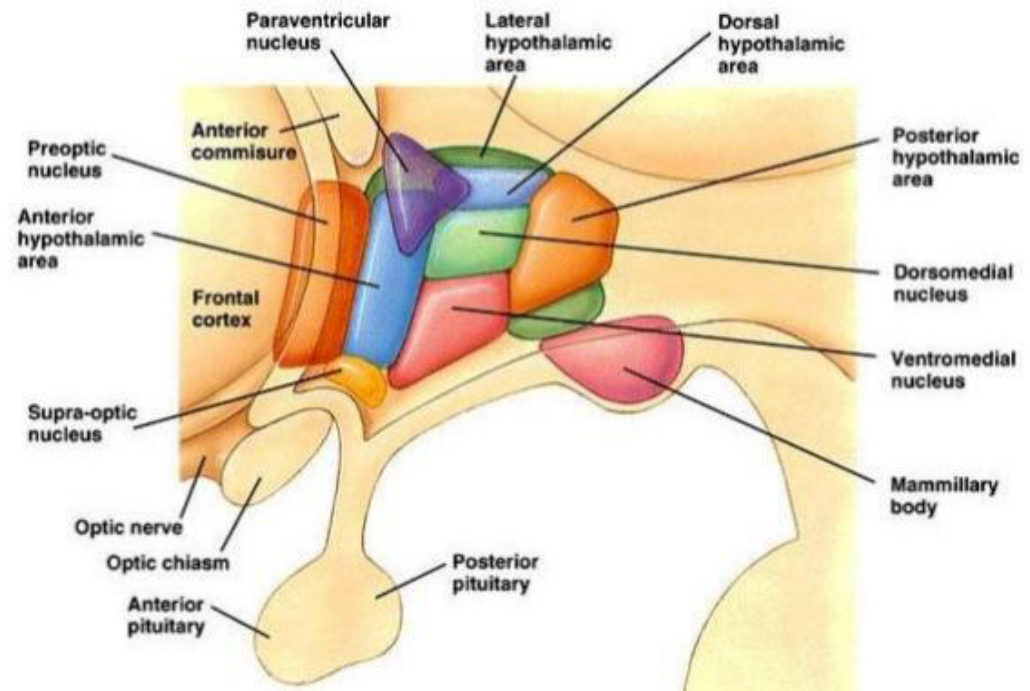
**Active**

# 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/p/Hypothalamus.htm>



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

# Hypothalamus

- Klíčové regulační a koordinační centrum
- Integrace...

✓ **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)**

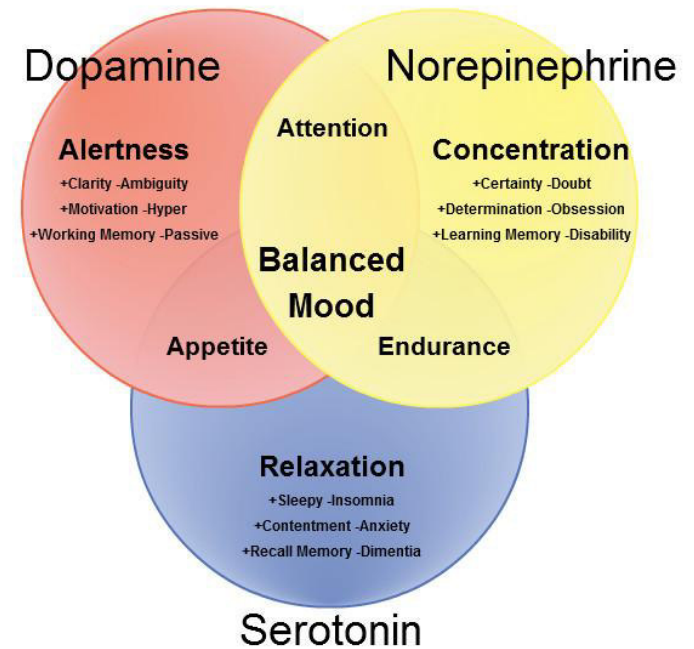
✓ **Pudové chování (sexualita)**

Optic chiasm  
Anterior pituitary  
Posterior pituitary

Mammillary body

# Vliv hypotalamu na neokortex

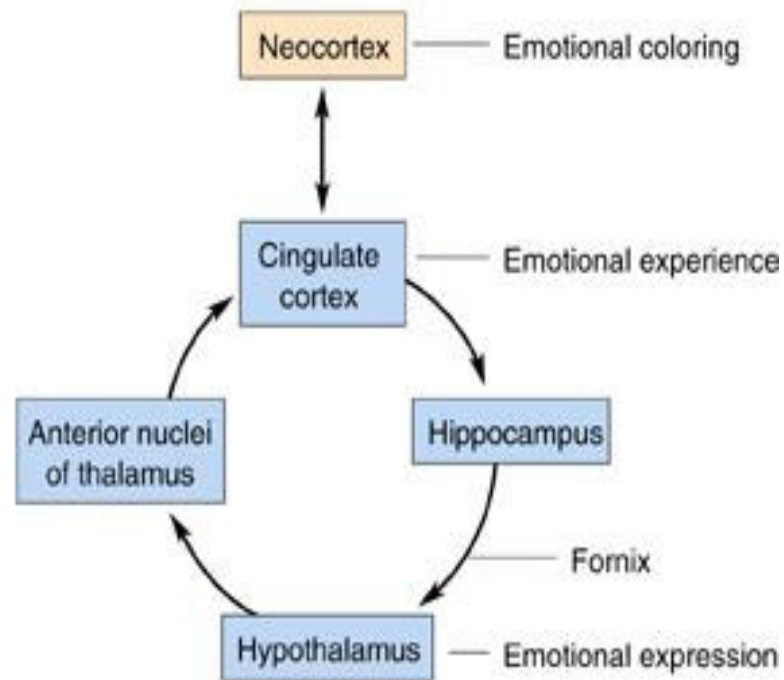
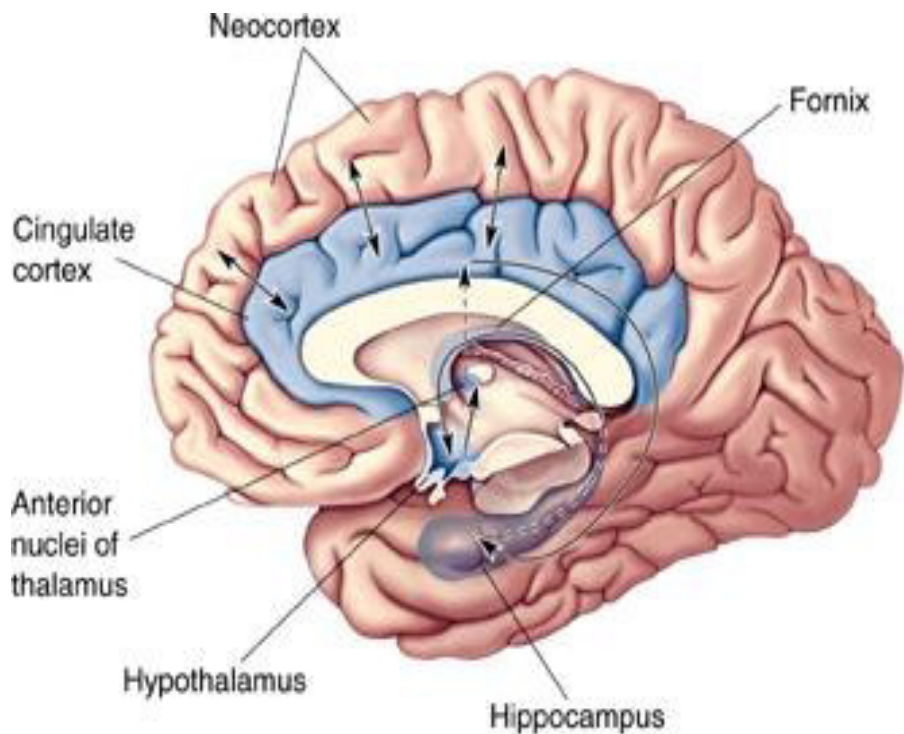
- Cestou neuromodulačních systémů
  - Vliv na vědomí (viz. výše)
  - Vliv na náladu
- Cestou thalamu
  - Přes nucleus mediodorsalis vliv na orbitofrontální kortex (vliv při rozhodování)
  - Vliv na gating thalamických jader
- Papézův okruh



Orbitofrontální kortex

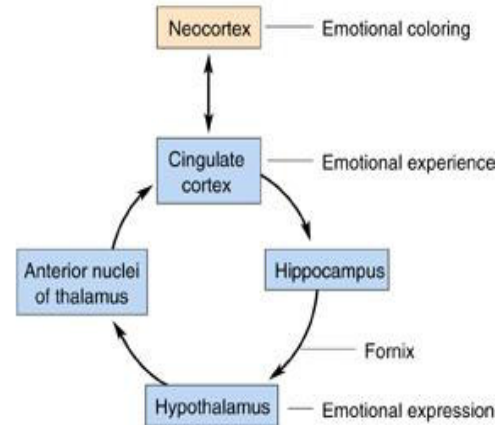
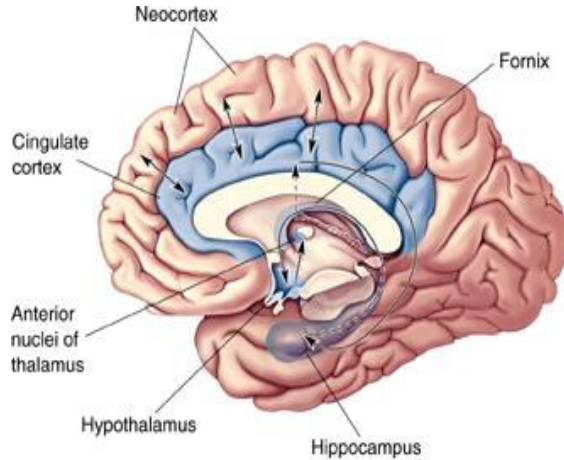


# Papézův okruh



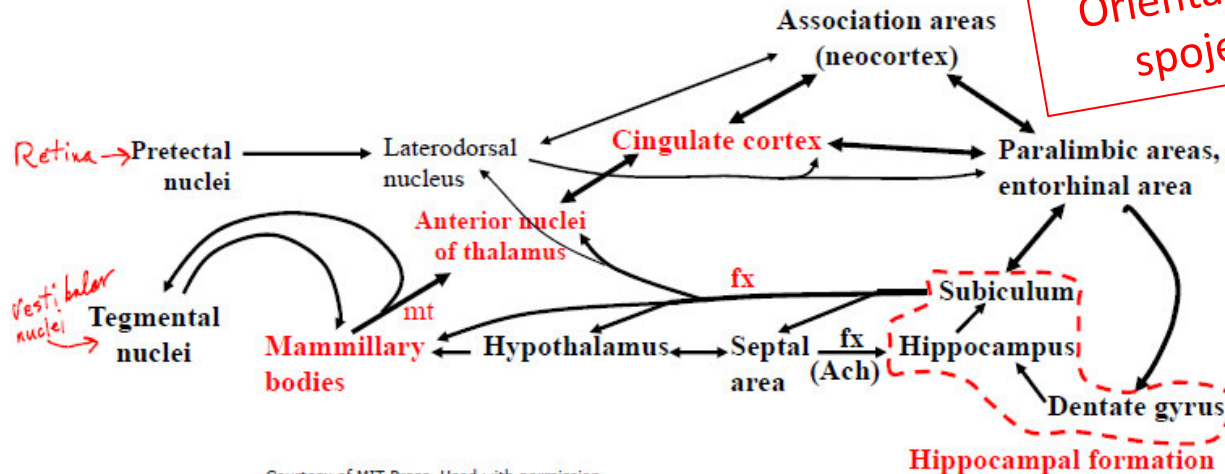
Copyright © 2007 Wolters Kluwer Health | Lippincott Williams & Wilkins

# Papézův okruh



Copyright © 2007 Wolters Kluwer Health | Lippincott Williams & Wilkins

mt = mammillothalamic tract  
fx = fornix bundle



Orientace v prostoru a emoce spojené s daným místem

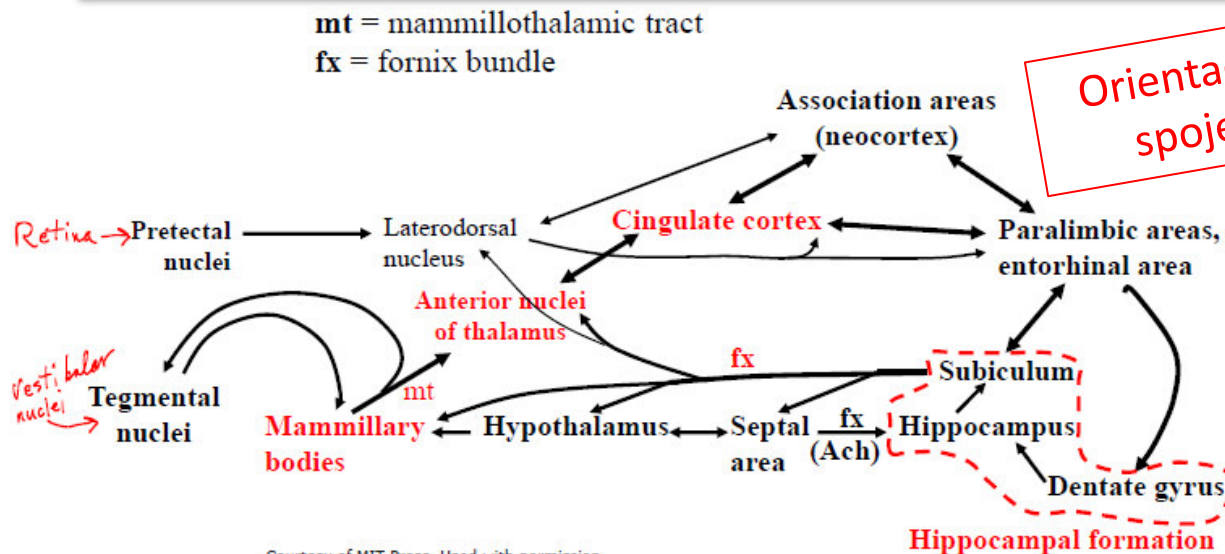


Prof. Gerald Schneider

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.

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

- *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.*



**Orientace v prostoru a emoce spojené s daným místem**



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.  
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

- Origins of endbrain: Structures underlying olfaction
- Two major links between olfactory system and the motor systems of the midbrain

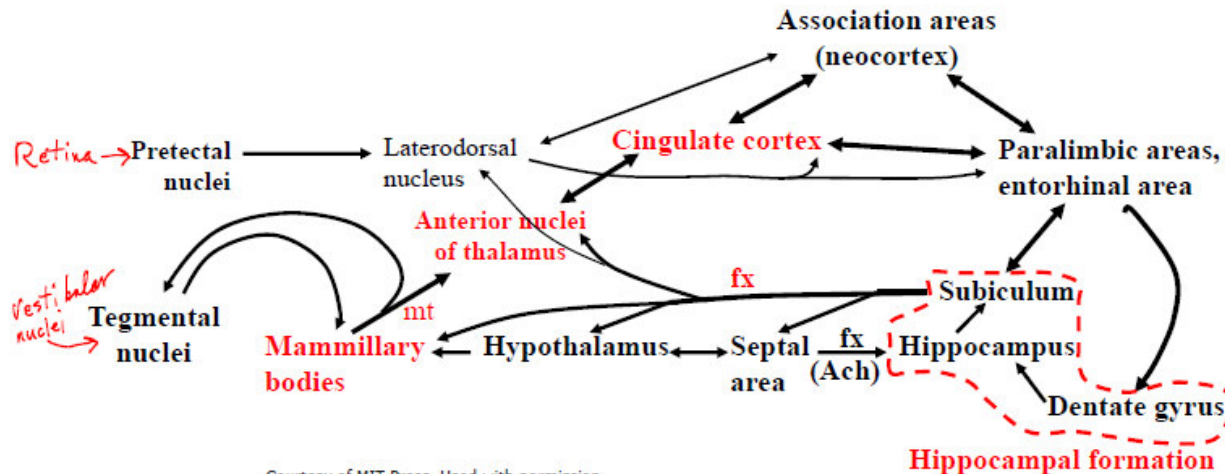
Orientace na objekt

- 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.

Orientace na místo

- 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.

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



# 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

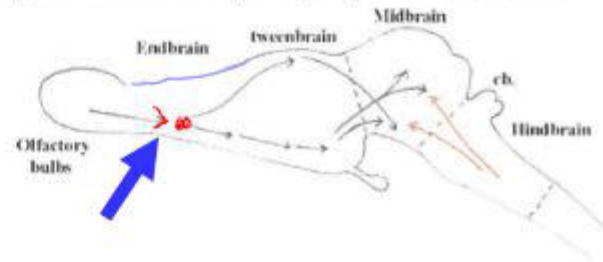


Figure 2. Other inputs reached the striatum

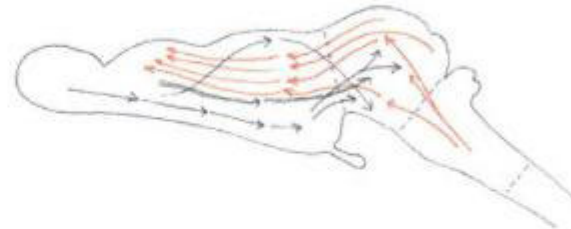


Figure 3. Early expansion of striatal and adjacent “limbic” areas

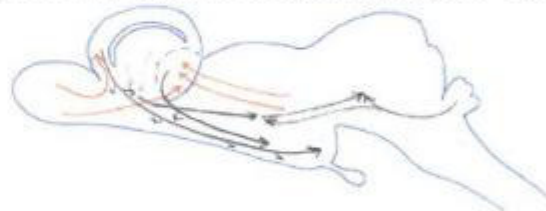


Figure 4. Pre-mammalian, and then mammalian expansions



Courtesy of MIT Press. Used with permission.

Schneider, G. E. *Brain structure and its Origins: In the Development of Behavior and the Mind*. MIT Press, 2014. ISBN: 97



Prof. Gerald Schneider

# Učení a paměť

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

**Working 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
- Deklarativní paměť (explicitní)
  - Závislá na hippocampu
  - Explicitní informace ukládány a vědomě vybavovány
  - „Tvorba map (vztahů)“ at' už prostorových nebo abstraktních
- Procedurální paměť (implicitní)
  - Závislá na striatu
  - Dovednosti – motorické schopnosti ale i sociální návyky
  - „Tvorba algoritmů“

Orientace na  
místo:  
Kde to jsem a  
co se tady  
stalo?

Orientace na  
objekt:  
Dá se to jíst a  
jak to  
zpracovat?

# Amygdala

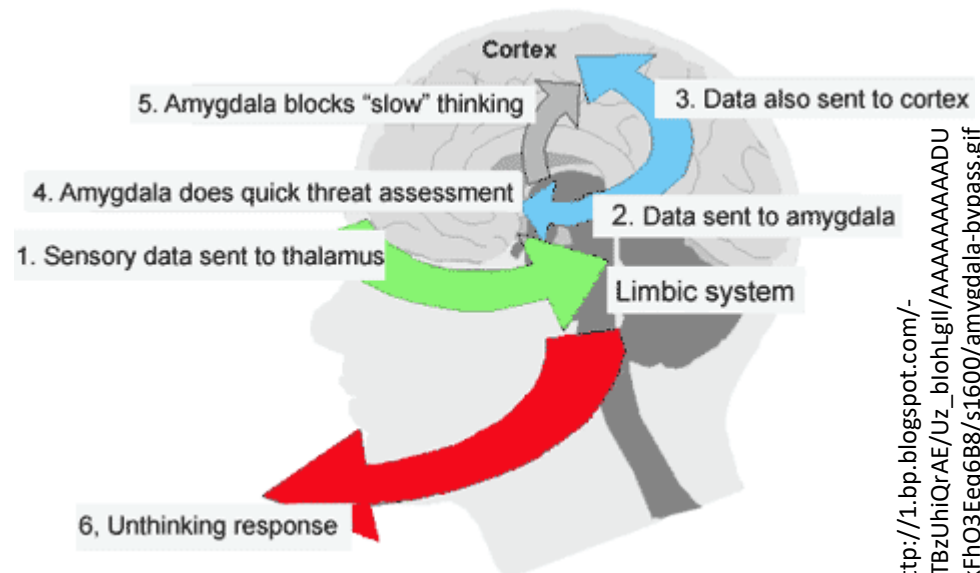
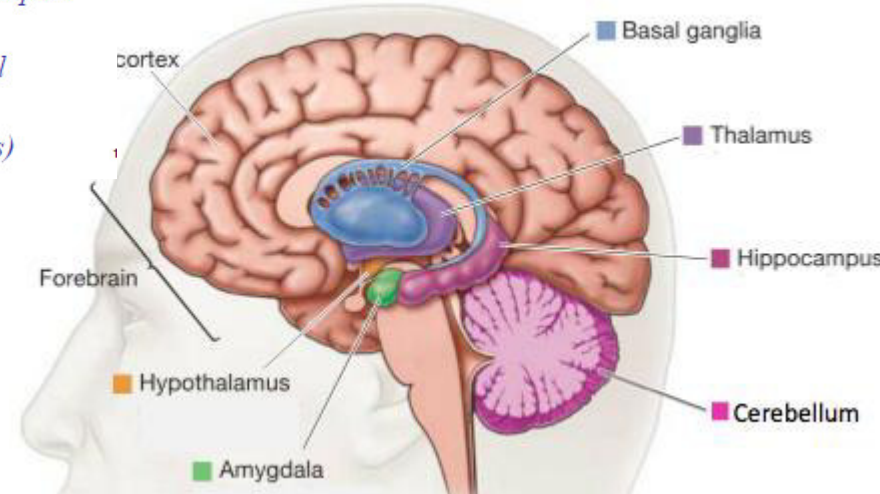
[http://proprofs-cdn.s3.amazonaws.com/images/FC/user\\_images/1406217/9806788916.png](http://proprofs-cdn.s3.amazonaws.com/images/FC/user_images/1406217/9806788916.png)

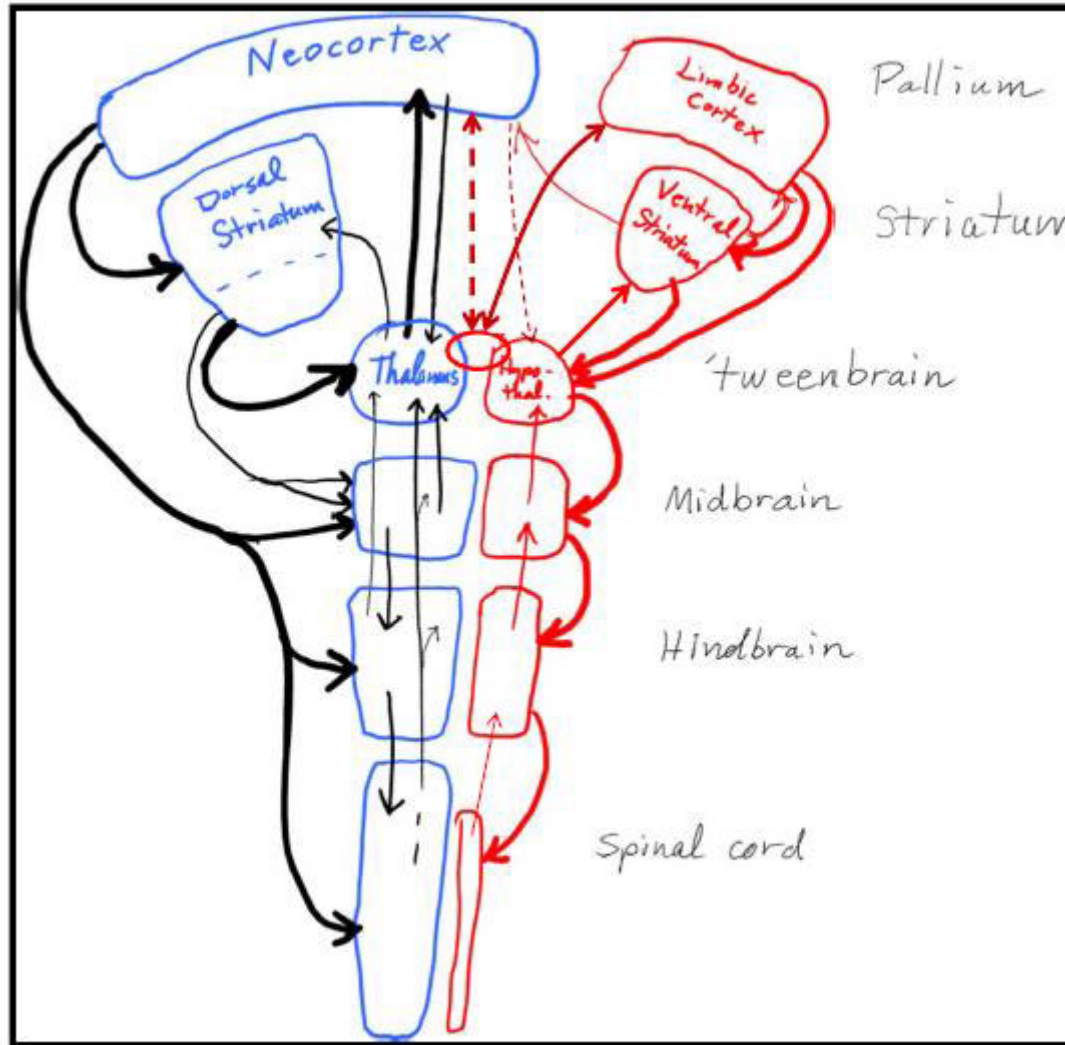
*Corticomedial: Inputs from olfactory bulbs, hypothalamus & lateral amygdala; outputs to hypothalamus, amygdala, ANS*

*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





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.