

M U N I

M E D

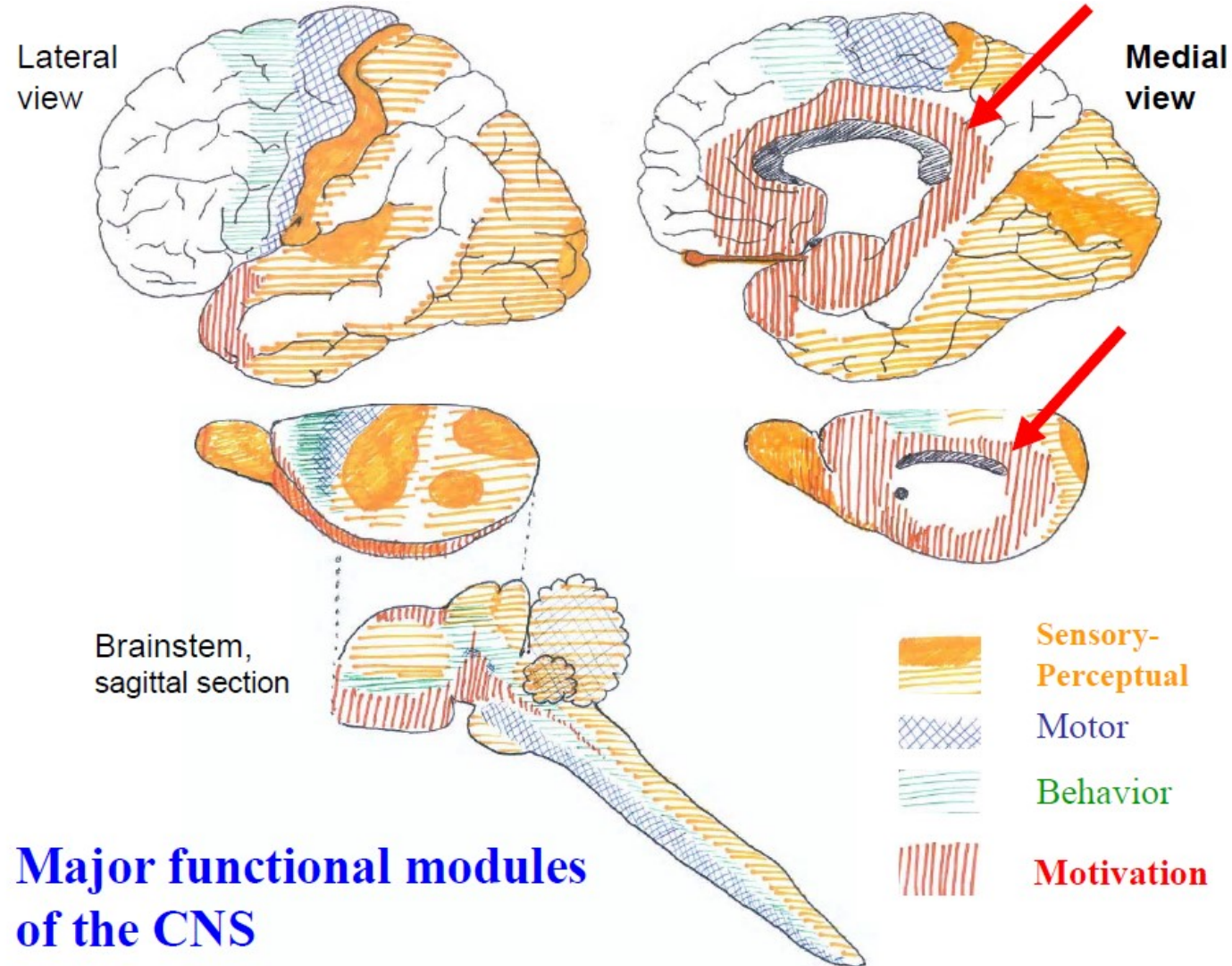
MUNI
MED

14

Limbický systém

Limbický systém

Limbus = okraj



Major functional modules of the CNS

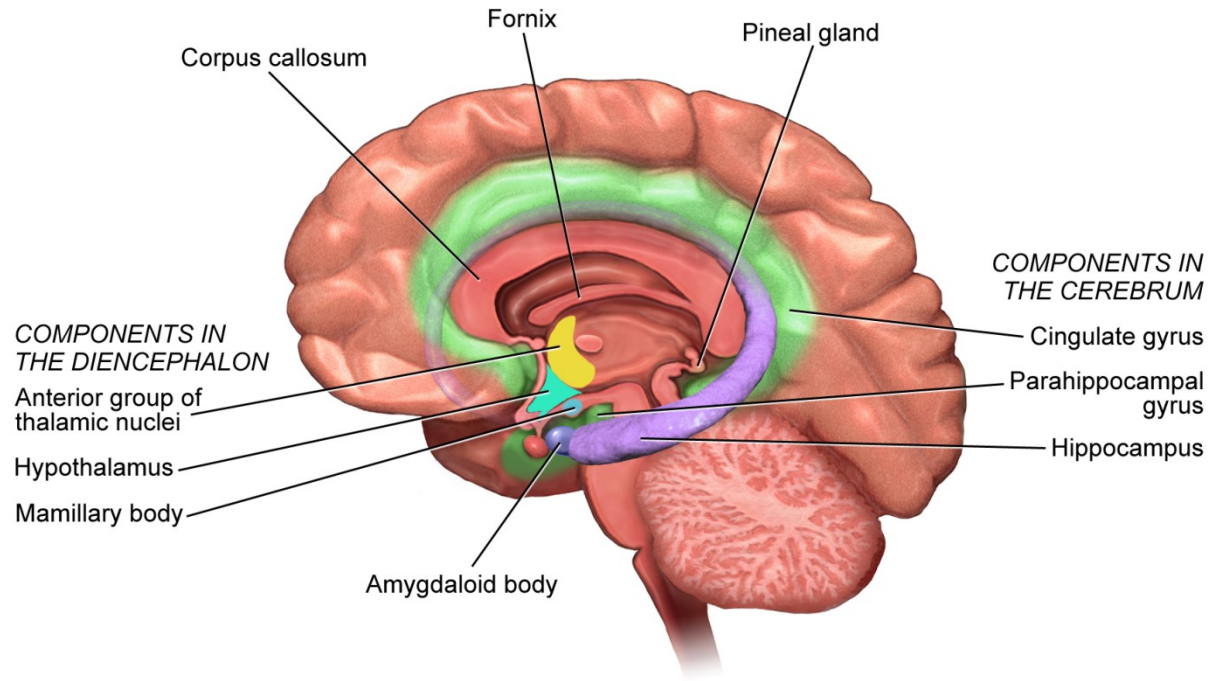
Koncept limbického systému

- Volní

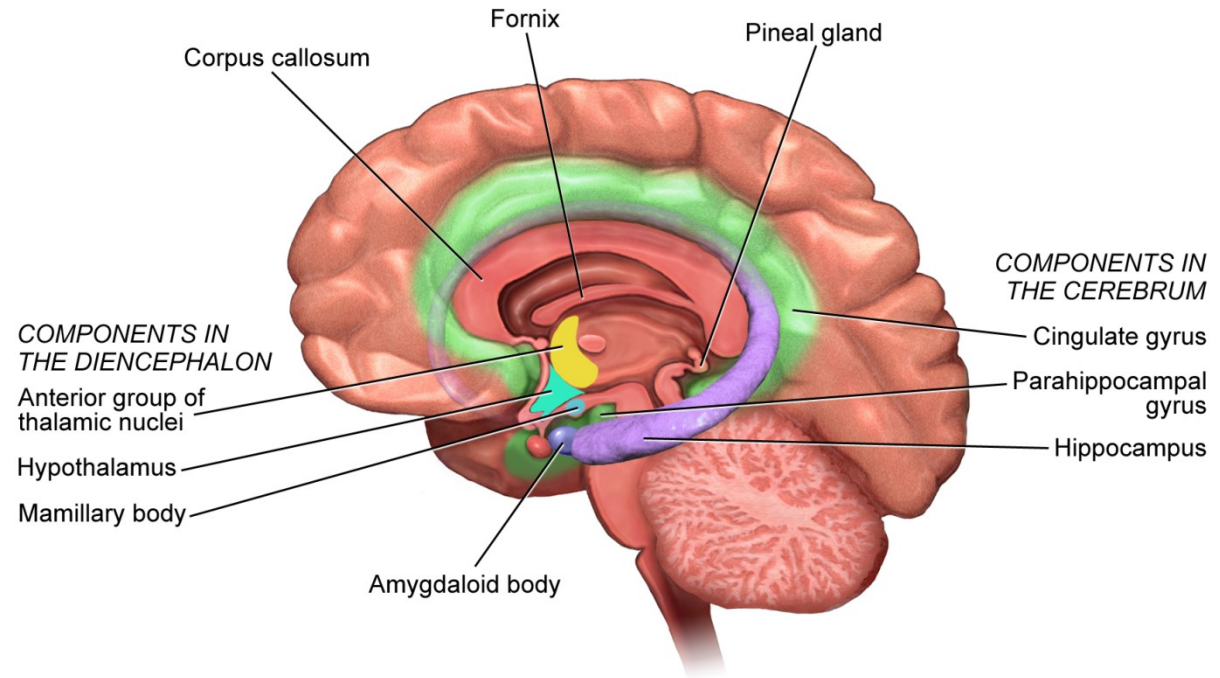
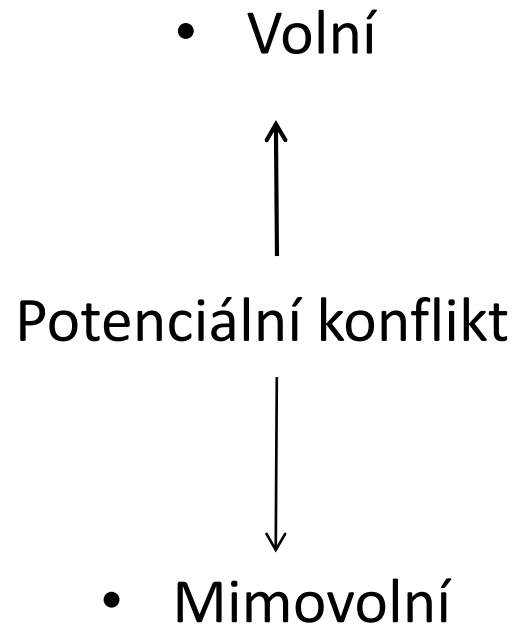
Somatický nervový systém
Vstupy - převážně z vnějšího prostředí
Výstupy – kosterní sval

- Mimovolní

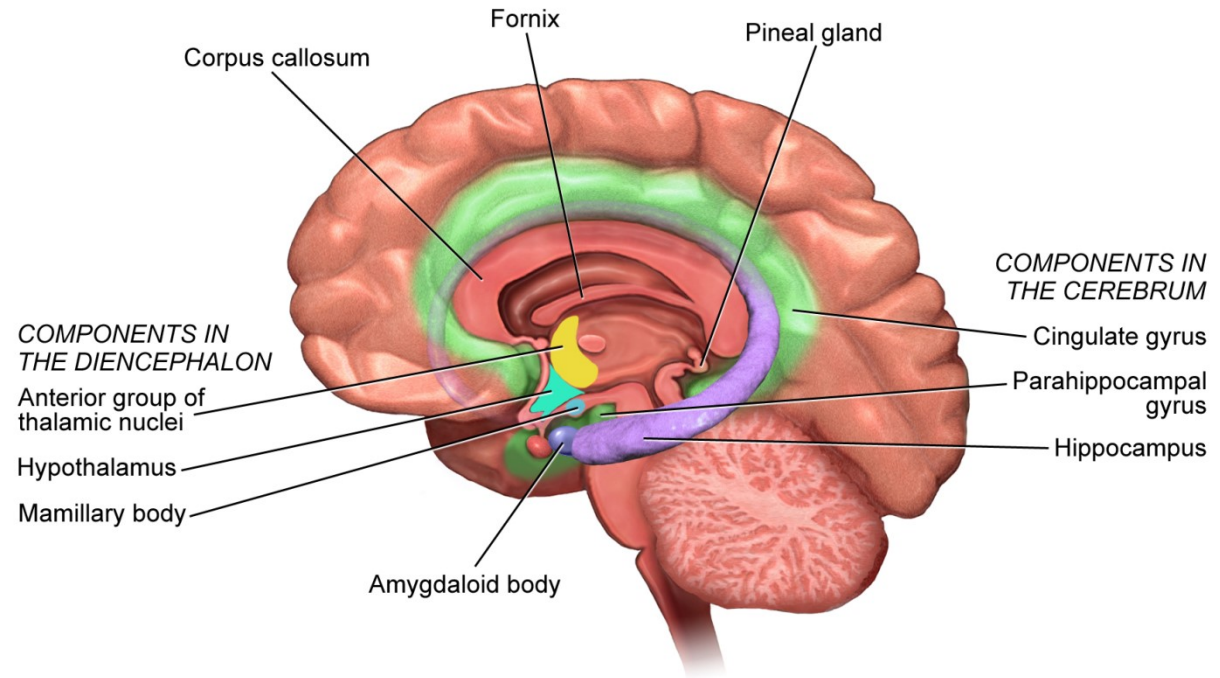
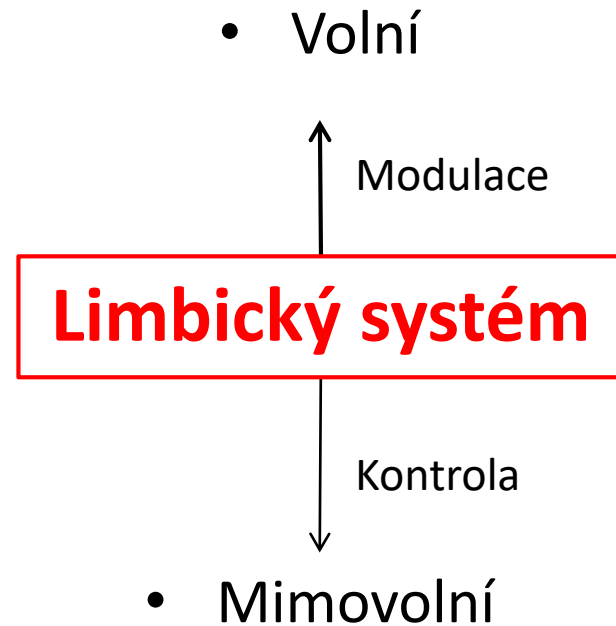
Autonomní nervový systém
Vstupy - převážně z vnitřního prostředí
Výstupy – hl. sval, srdce, žlázy



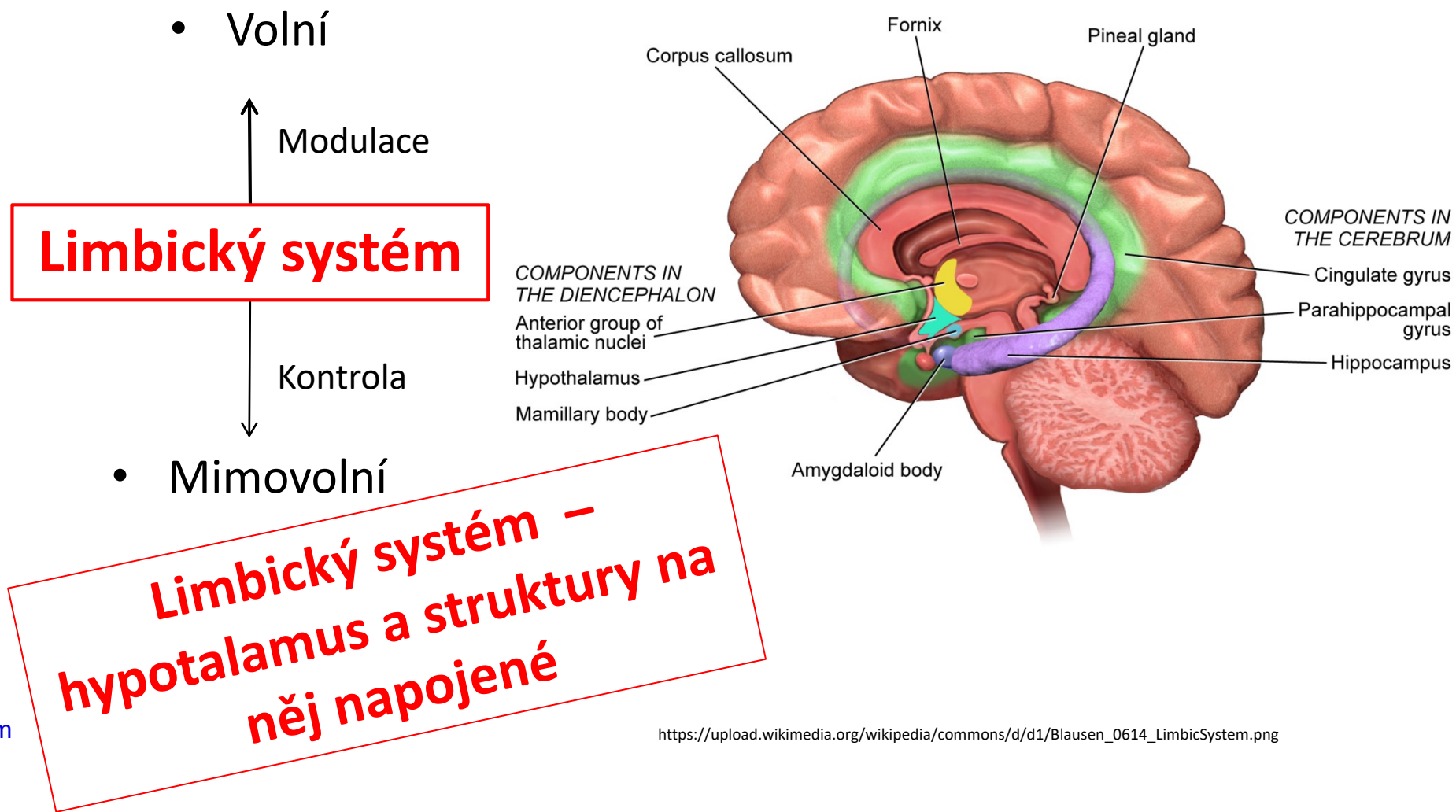
Koncept limbického systému



Koncept limbického systému

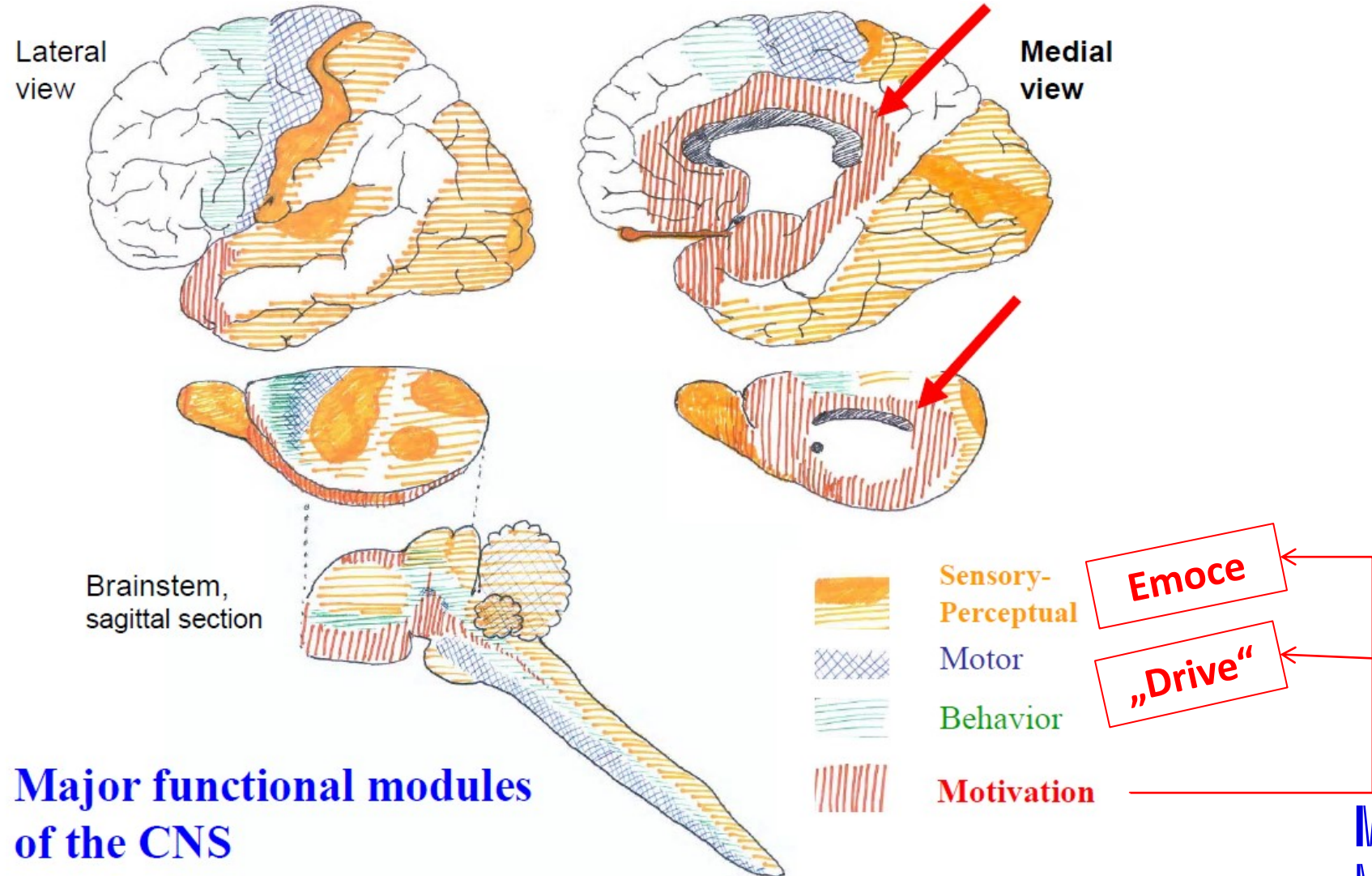


Koncept limbického systému

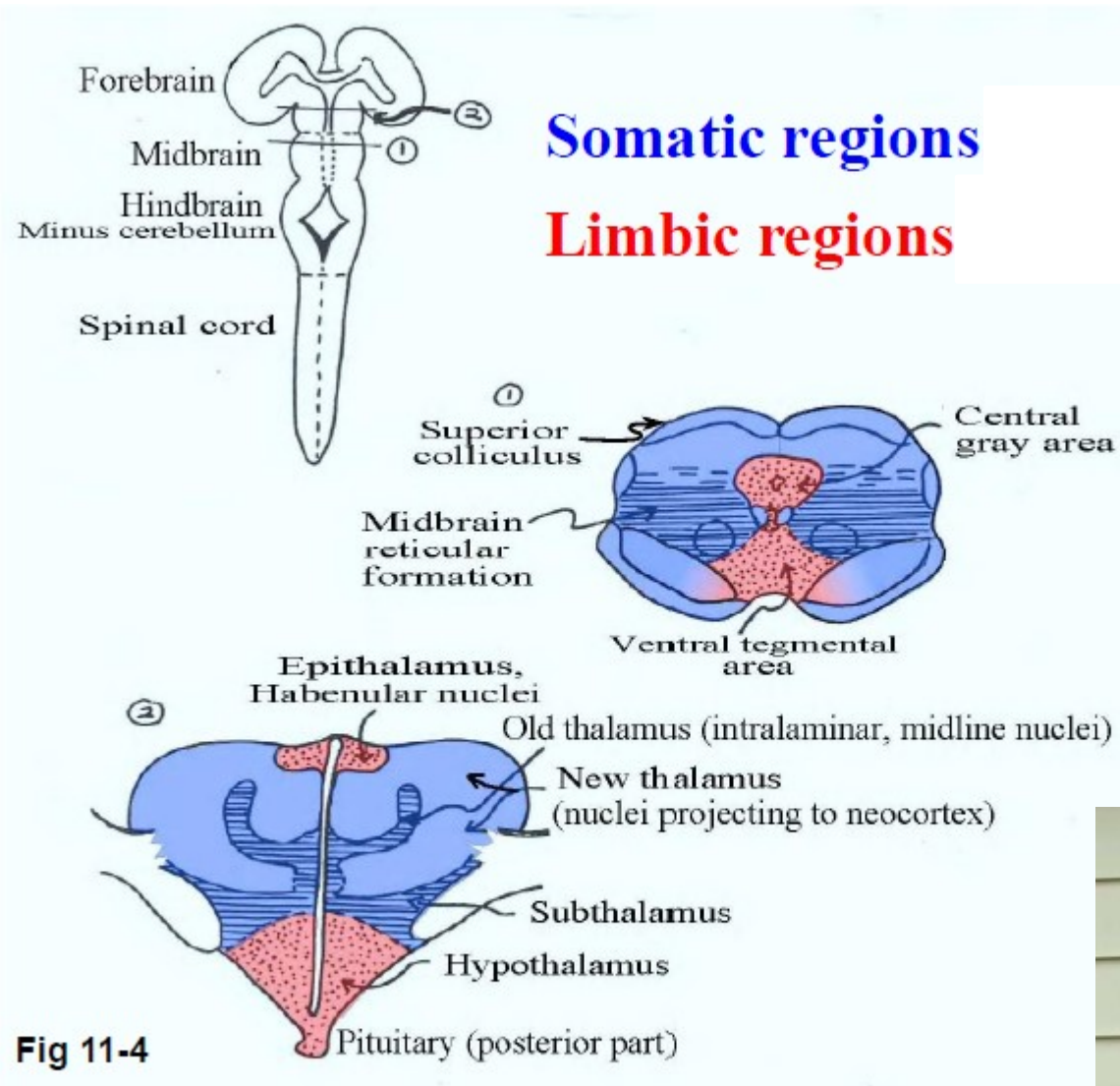


Limbecký systém

Limbus = okraj



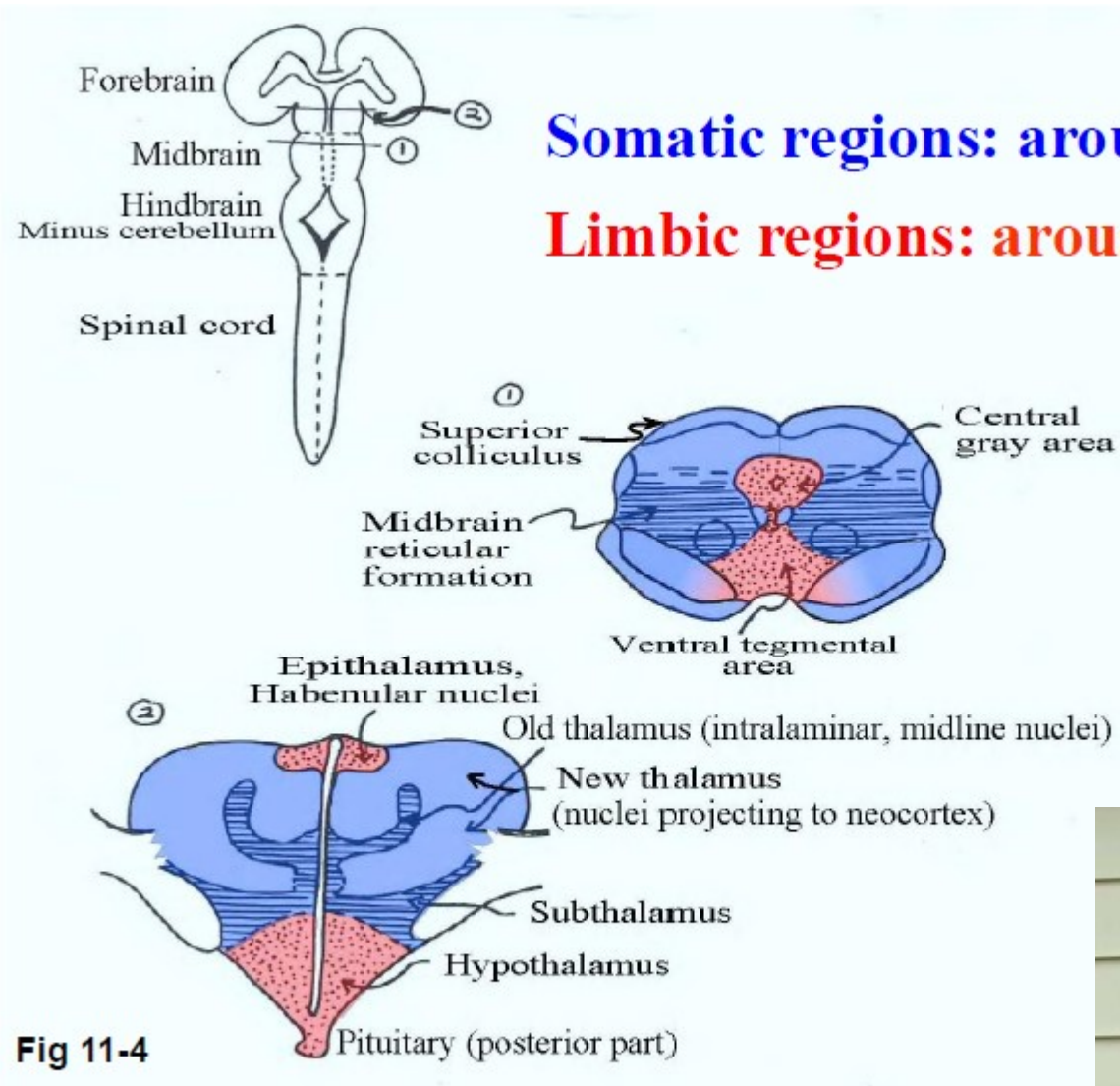
Major functional modules of the CNS



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

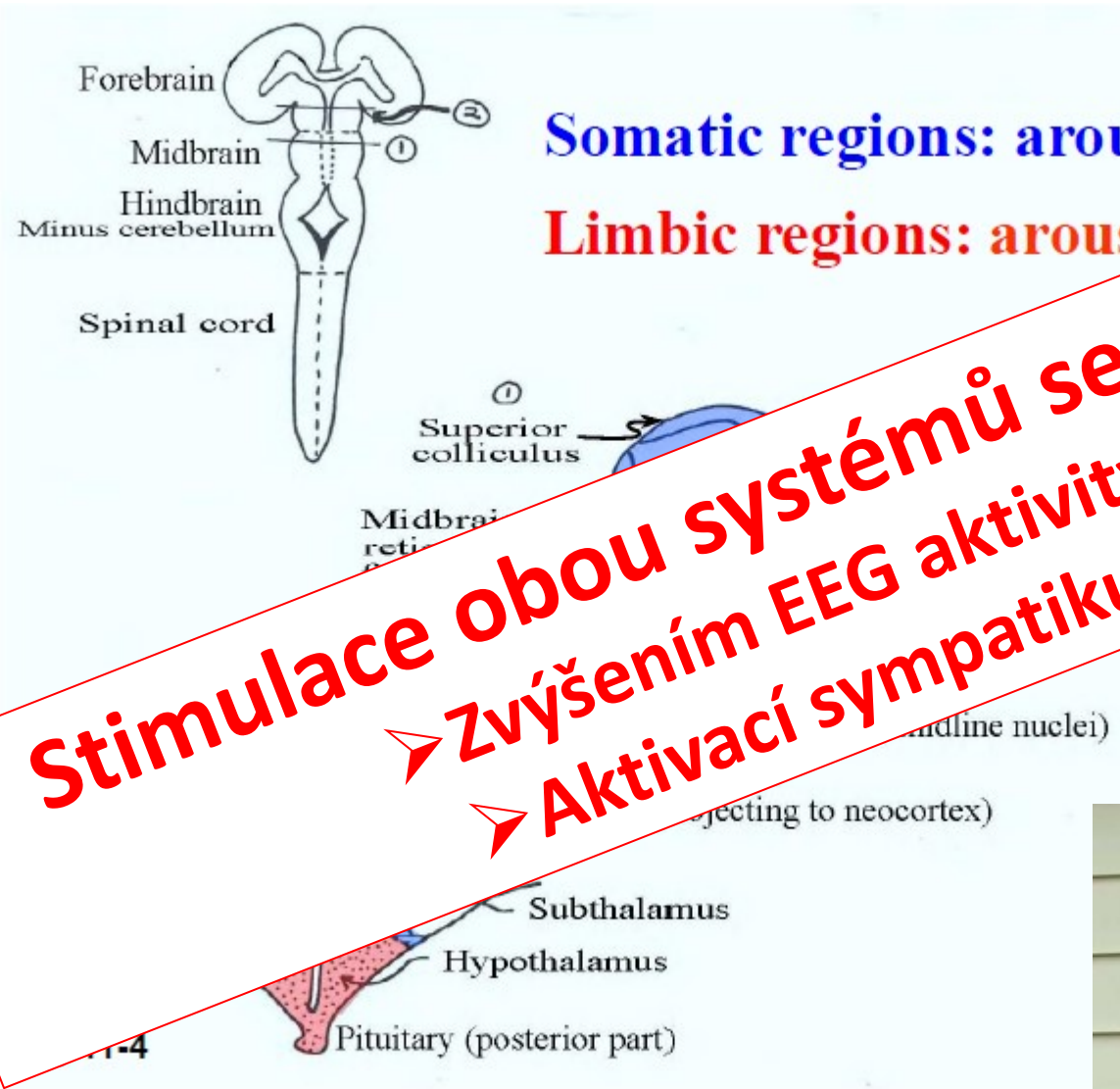
Limbic regions: arousal type 2

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
 - Habituace
 - 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

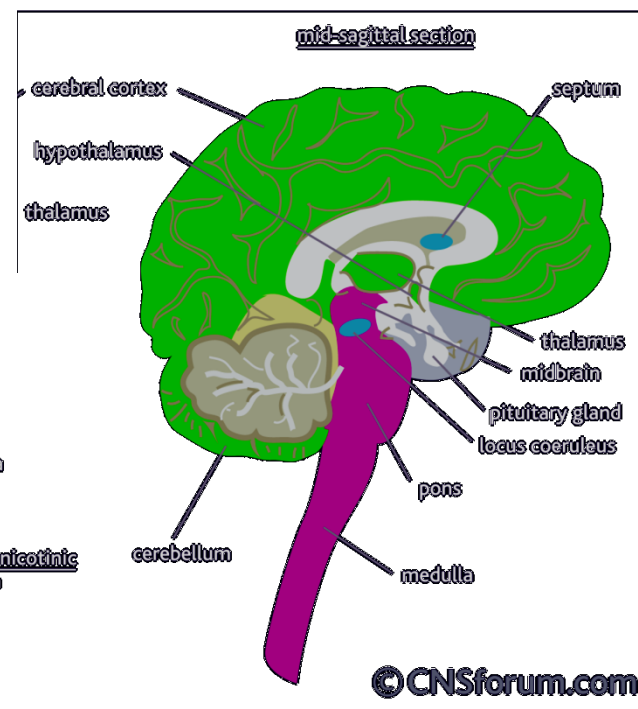
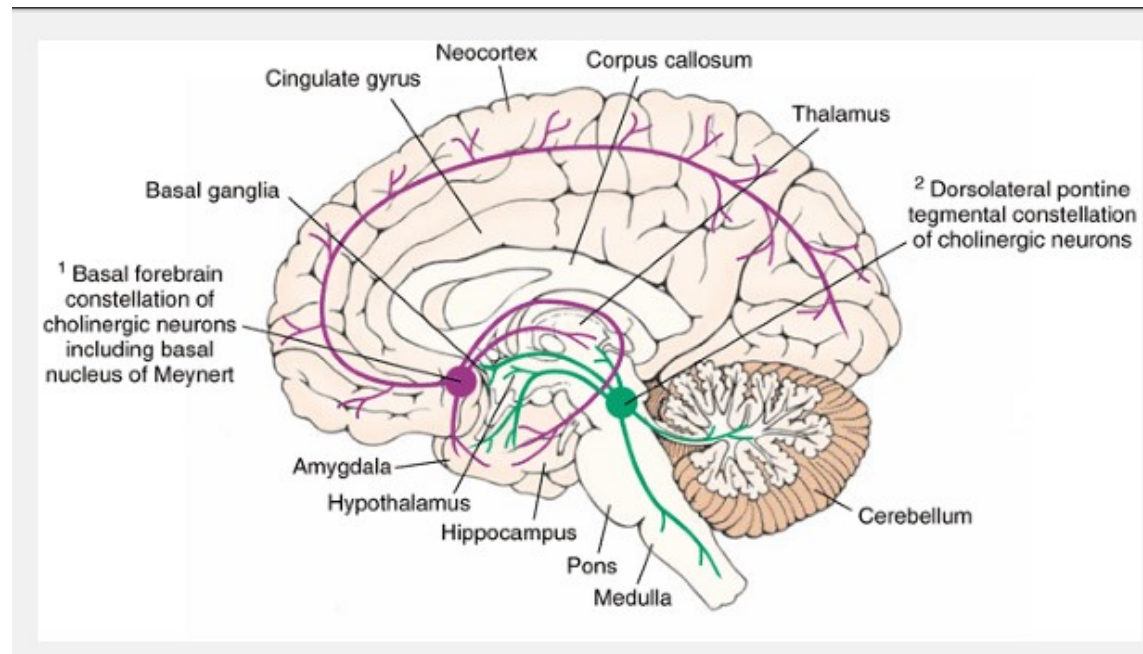
- Descendentní spoje
 - Neokortex, corpus striatum, thalamus

- Descendentní spoje
 - Hypothalamus a další limbické oblasti, amygdala

Acetylcholin

- Nucleus basalis (Meynerti) a řada dalších jader
- Nikotinové receptory
- Muskarinové receptory

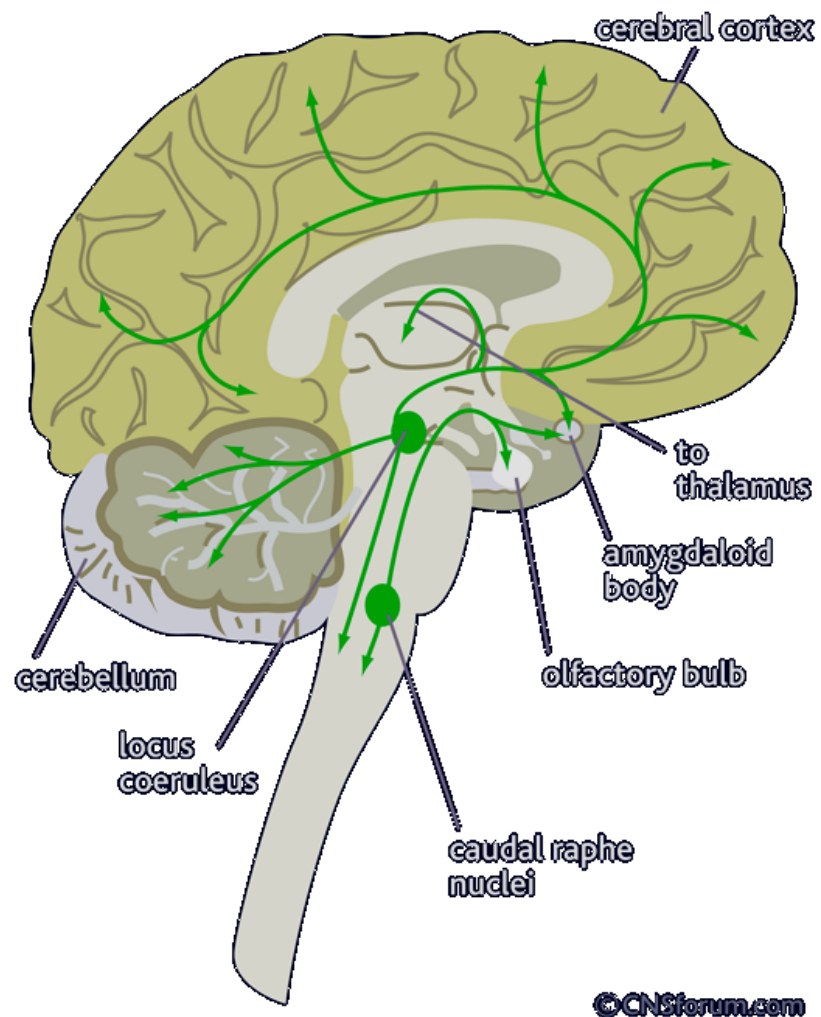
- Regulace spánku/bdění
- Kognitivní funkce
- Chování
- Emoce



Noradrenalin

- Locus coeruleus
- Nuclei raphe caudalis

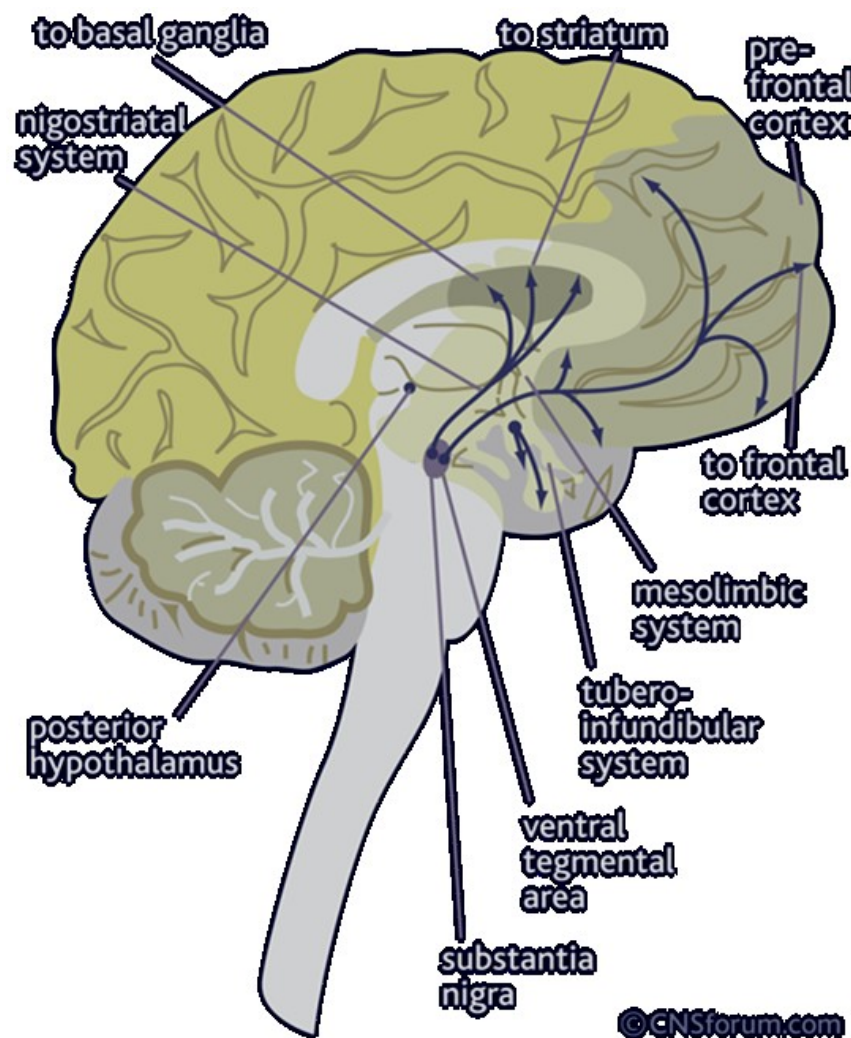
- Bdělost
- Responzivita na nečekané podmínky
- Paměť
- Učení



<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

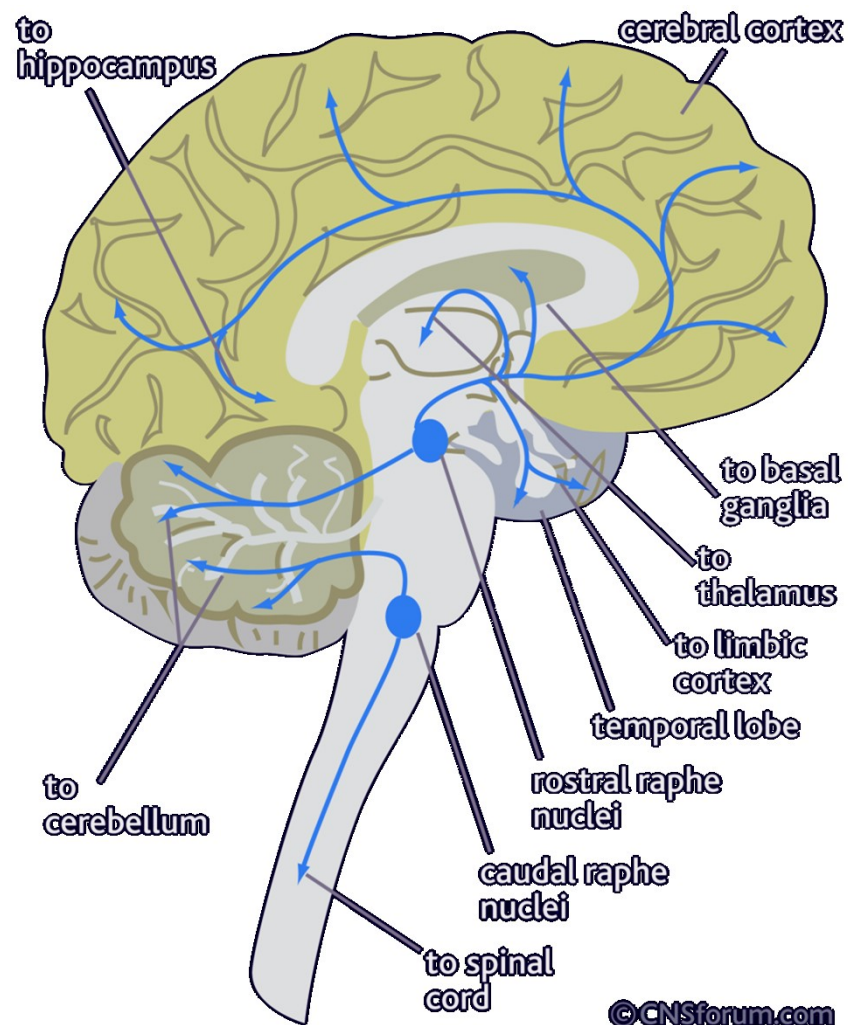


<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>

Serotonin

- Nuclei raphe rostralis
- Nuclei raphe caudalis

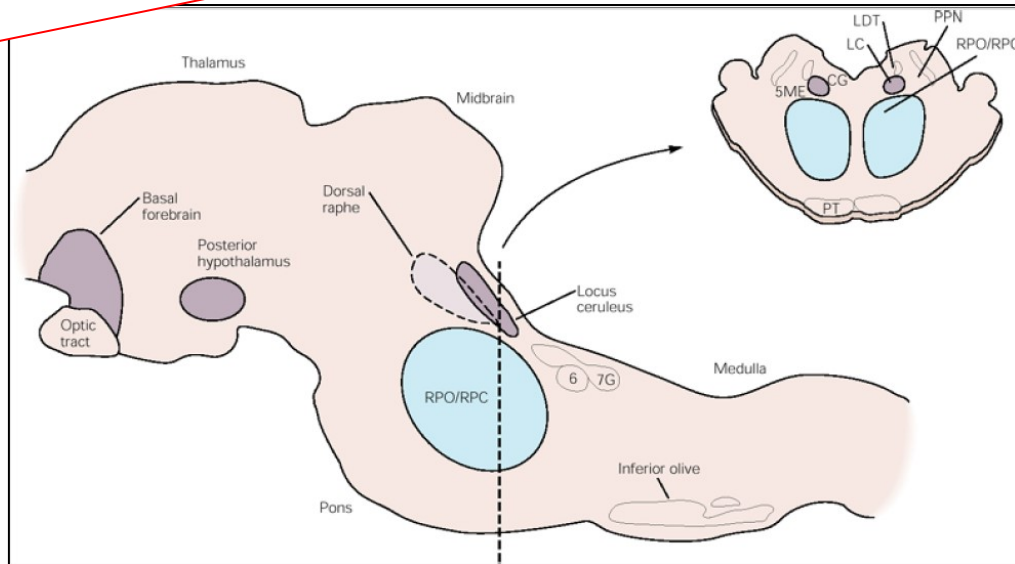
- Úzkost/relaxace
- Impulzivnost
- Spánek



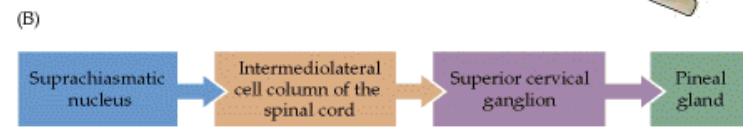
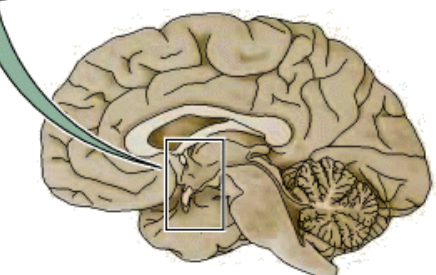
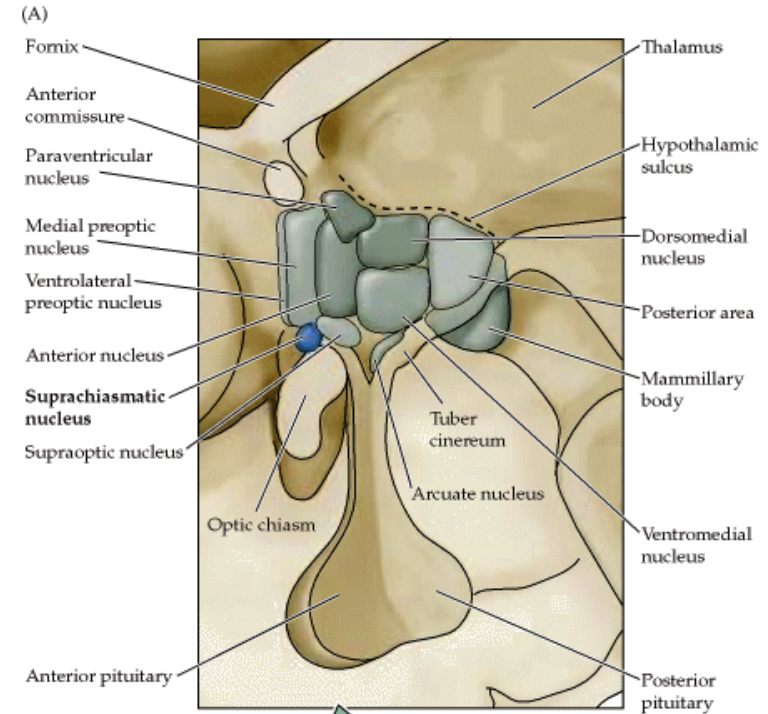
<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>

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.

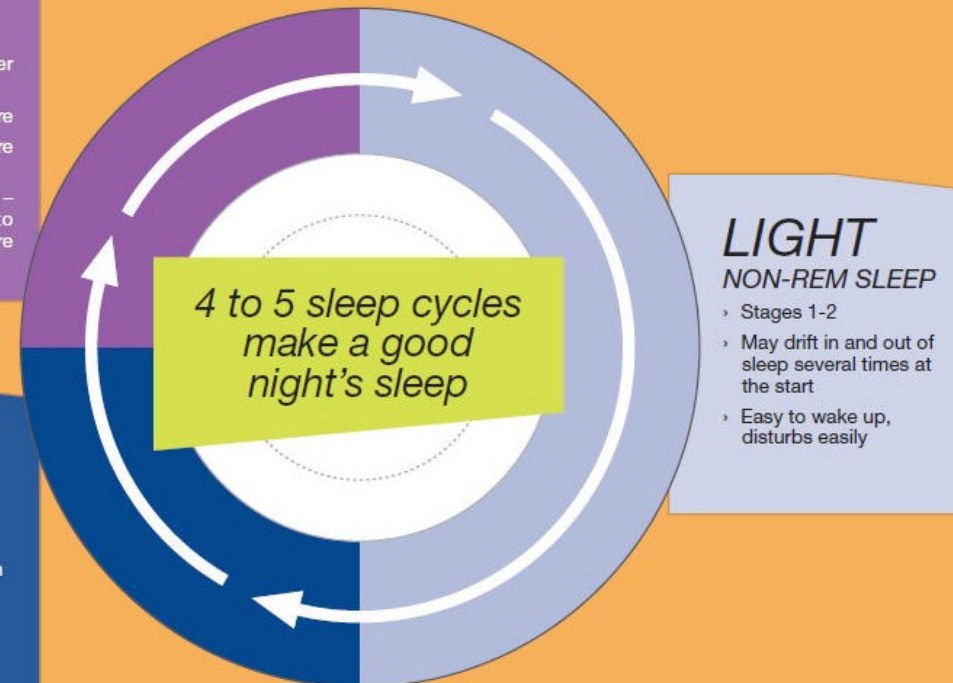
REM SLEEP

- › 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)



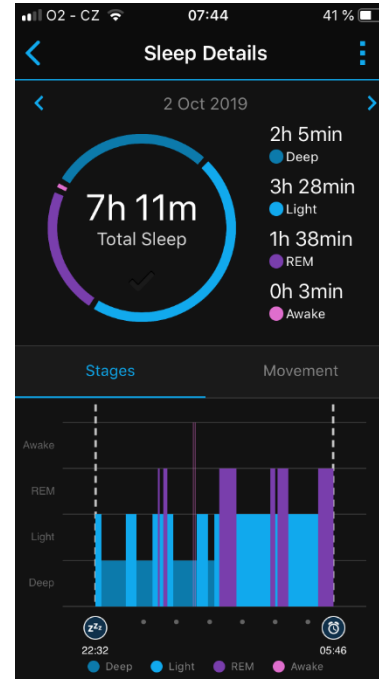
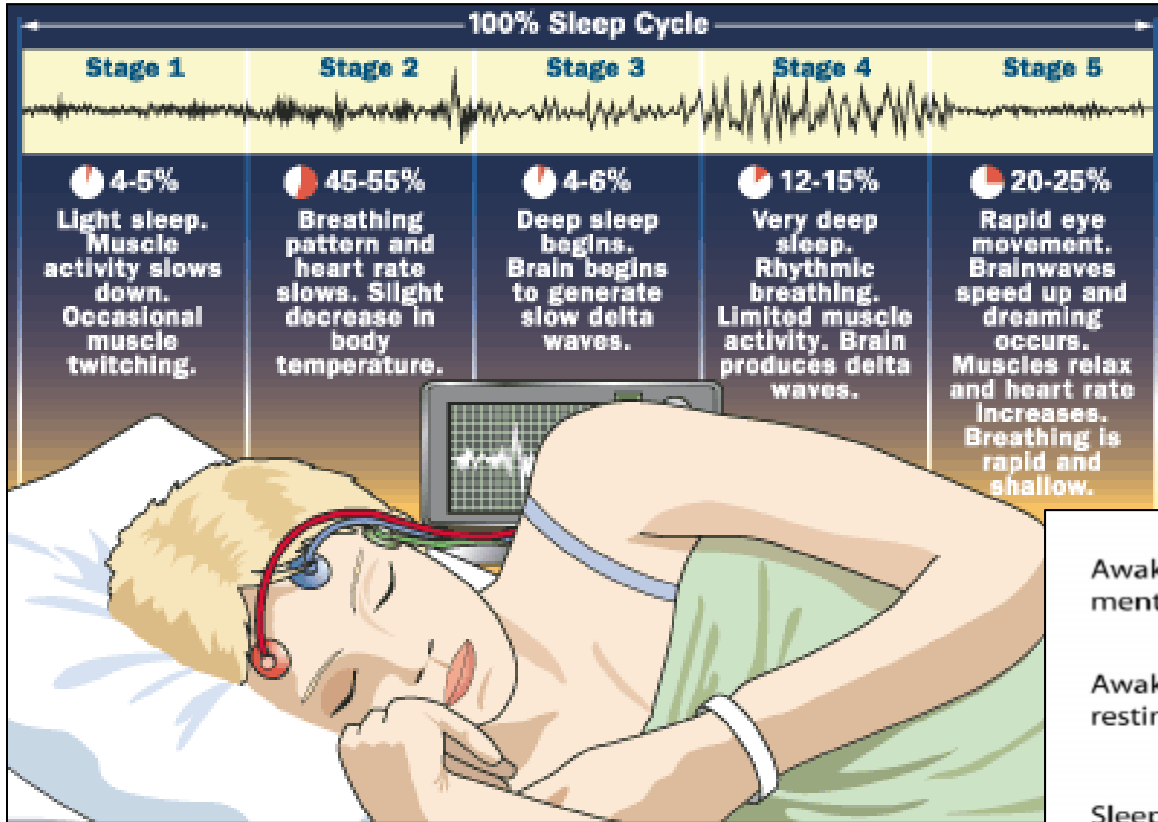
LIGHT NON-REM SLEEP

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

http://anchortime.com/portal/images/stories/MNZ_sleep_cycles_1.jpg

Spánek

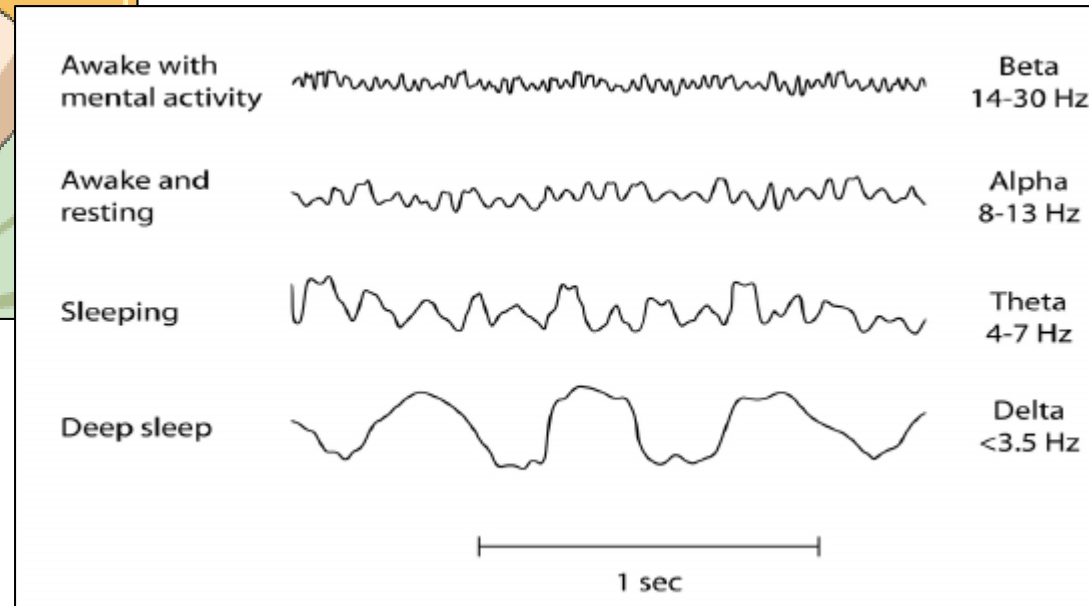
http://www.slideshare.net/dripsdeb/presentations



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



LIGHT NON-REM SLEEP	DEEP NON-REM SLEEP	REM SLEEP
<ul style="list-style-type: none"> Stages 1-2 May drift in and out of sleep several times at the start Easy to wake up, disturbs easily 	<ul style="list-style-type: none"> Stages 3-4 Difficult to wake up Sleep inertia when woken 	<ul style="list-style-type: none"> 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



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/arti-cle-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

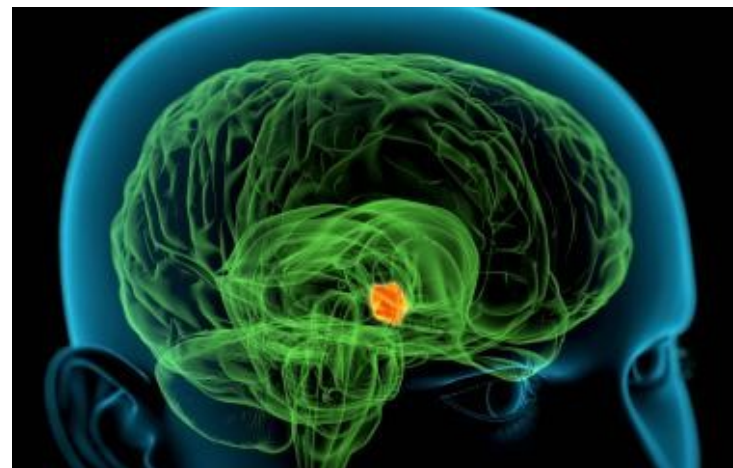
- Klíčové regulační a koordinační centrum
- Integrace informace ze zevního a vnitřního prostředí



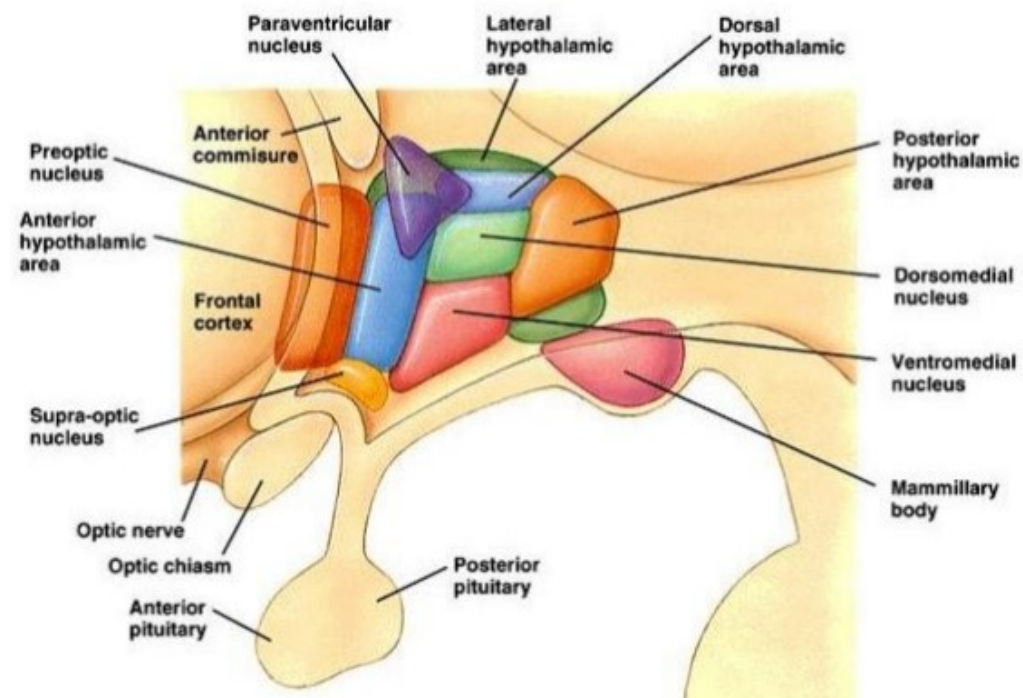
- Modulace chování
- Koordinace a regulace autonomního nervového systému



- **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**

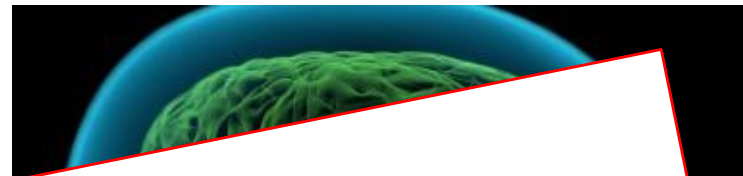
✓ **Regulace tělesné teploty**

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

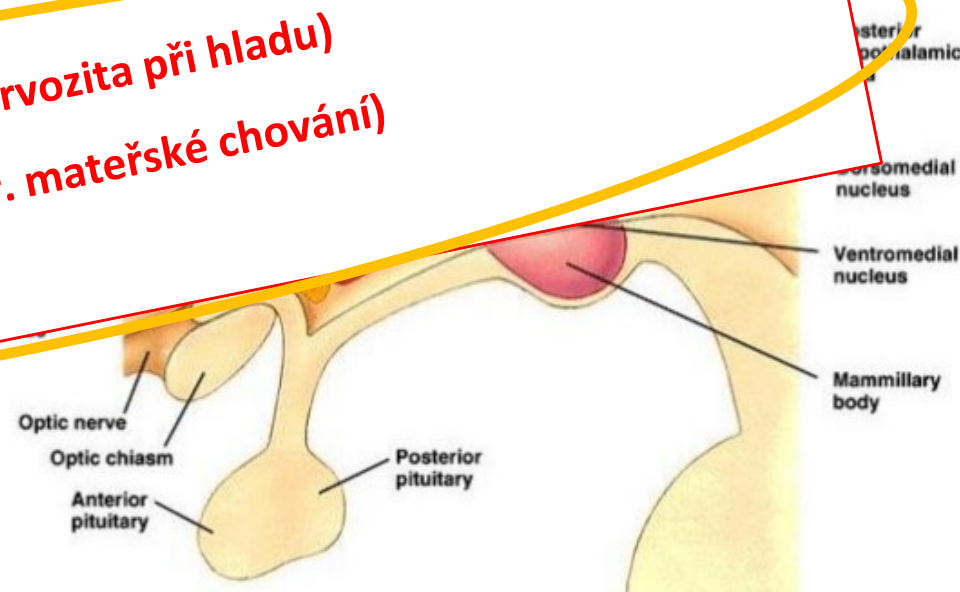
✓ **Vliv na „dlouhodobé“ chování (např. mateřské chování)**

✓ **Pudové chování (sexualita)**

- **Udržování rovnováhy**



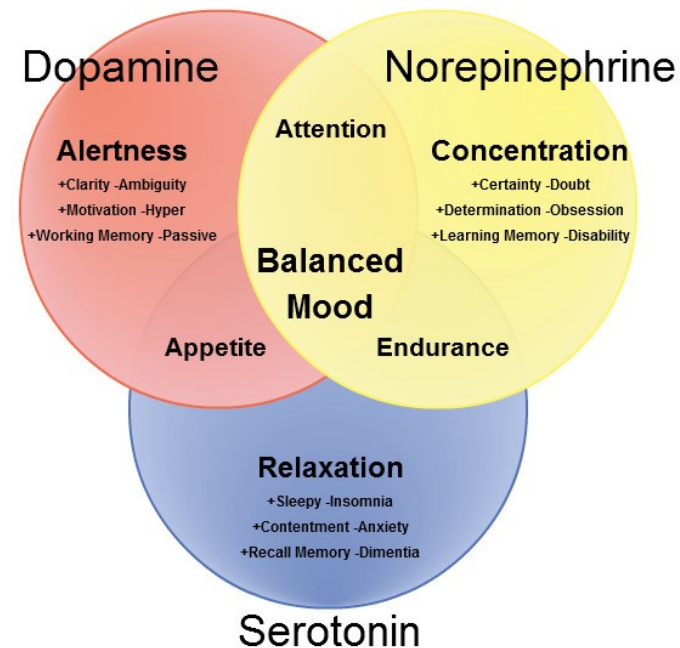
<http://biology.about.com/od/anatomy/pl/Hypothalamus.htm>



<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



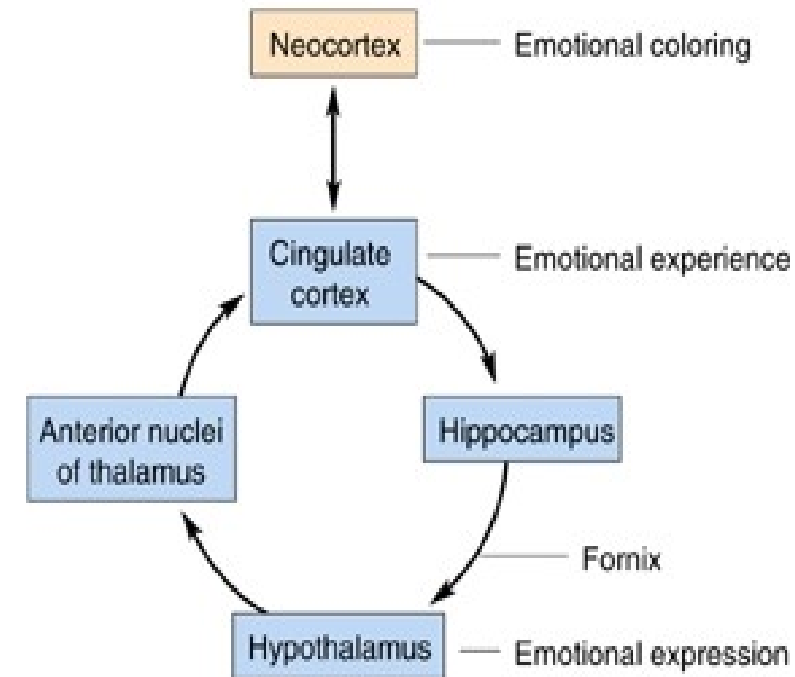
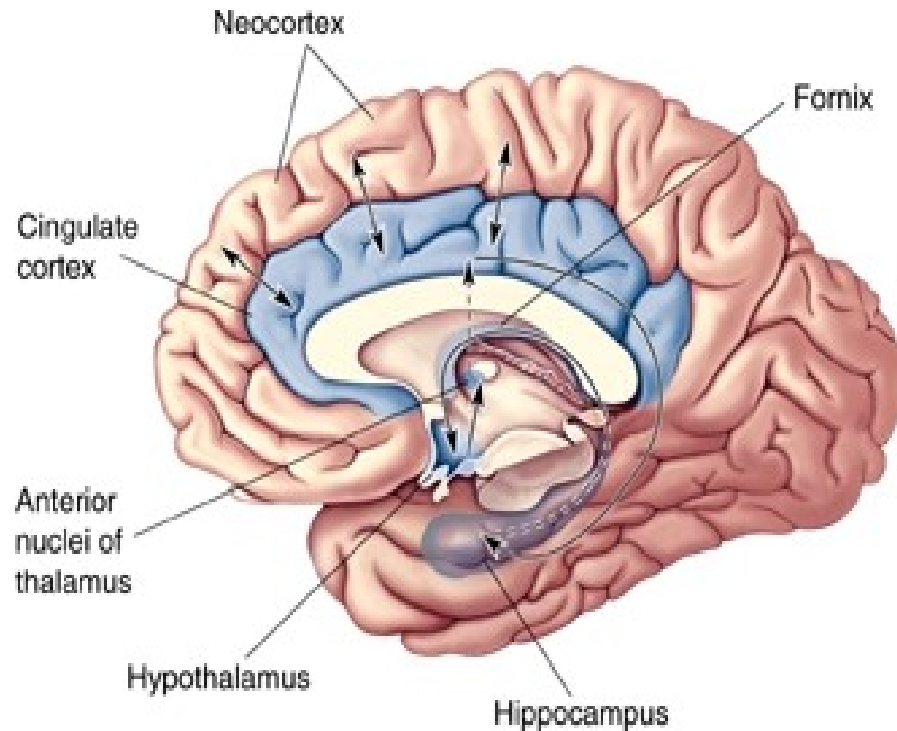
http://ausm.org.uk/wp-content/uploads/2015/02/Dopamine_Norepinephrine_Serotonin.jpg

Orbitofrontal cortex



https://en.wikipedia.org/wiki/Orbitofrontal_cortex

Papézův okruh



Copyright © 2007 Wolters Kluwer Health | Lippincott Williams & Wilkins

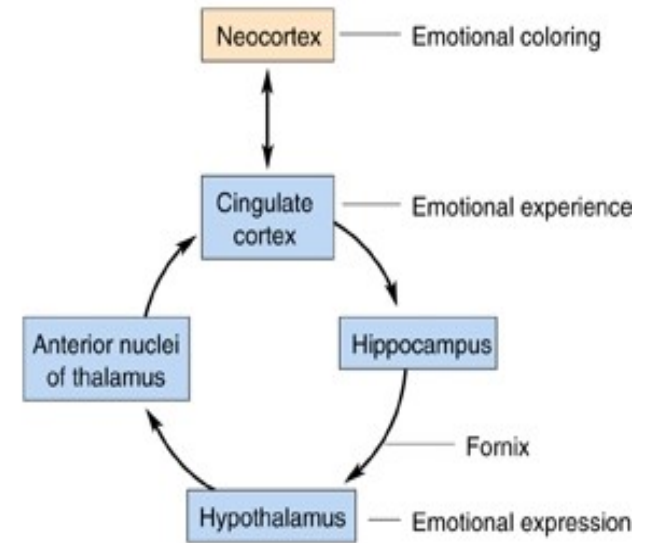
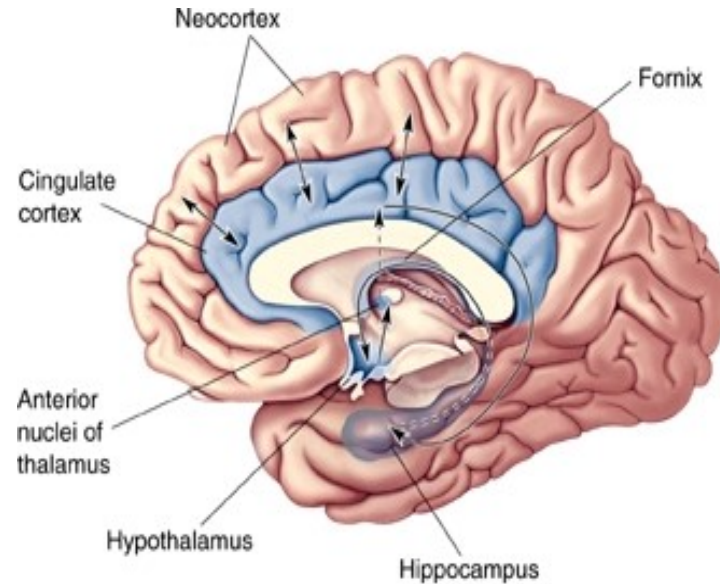
<http://www.slideshare.net/drsunilsuthar/neurobiology-of-emotion>

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

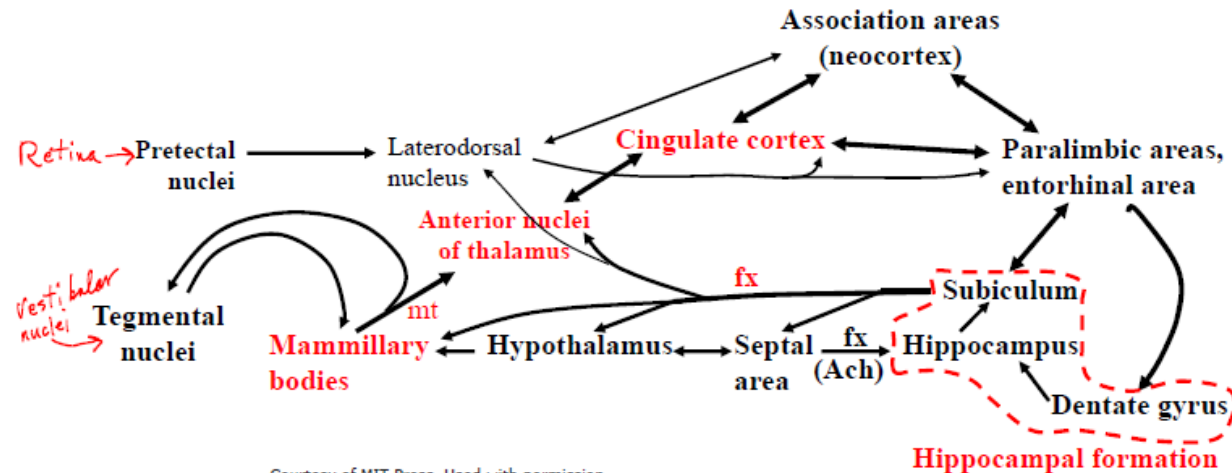


Prof. Gerald Schneider



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.

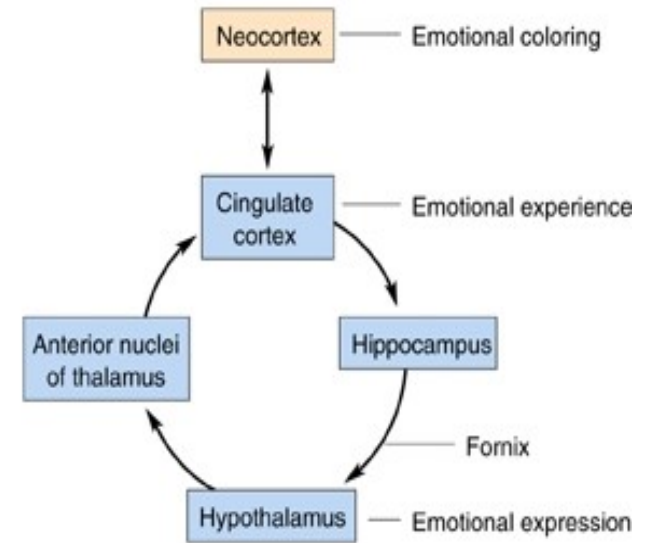
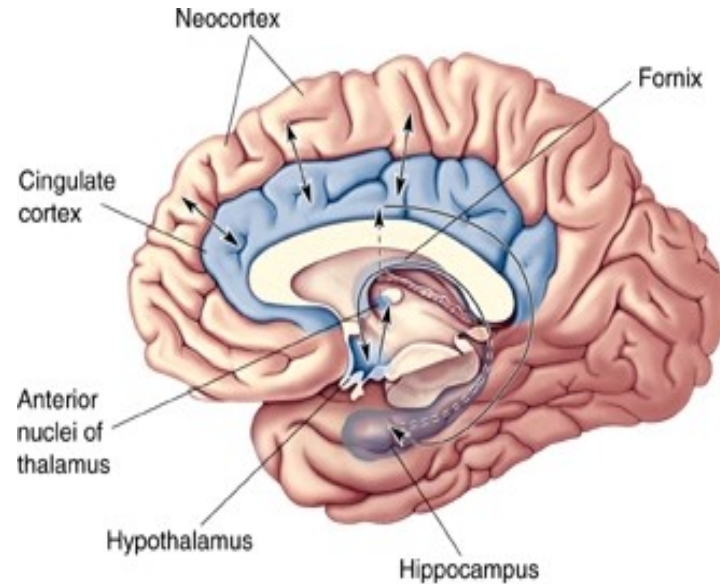
<http://www.slideshare.net/drsunilsuthar/neurobiology-of-emotion>

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

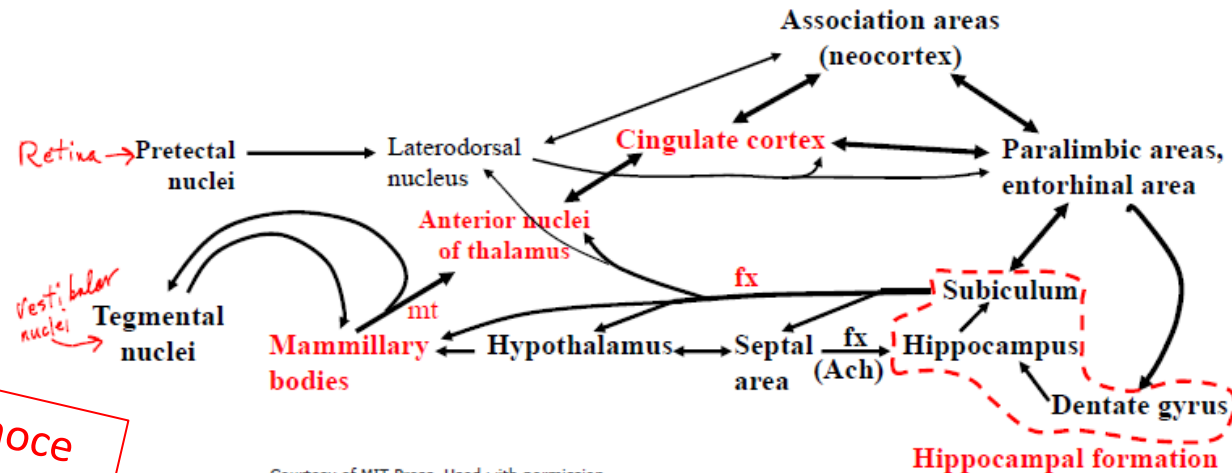


Prof. Gerald Schneider



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.

Orientace v prostoru a emoce spojené s daným místem

Papézův okruh

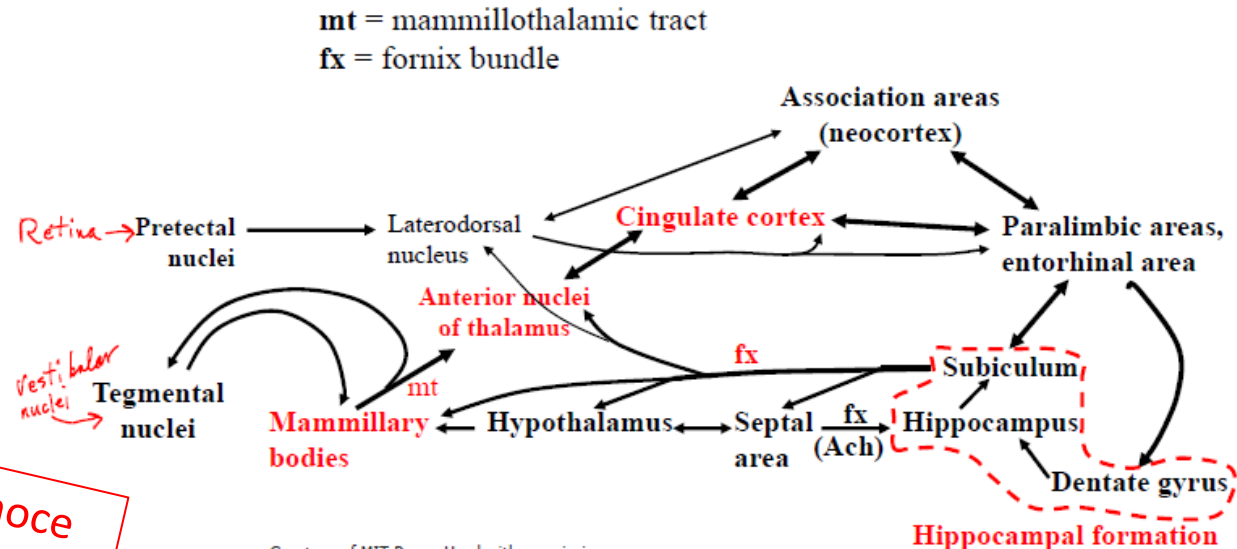
Gerald Schneider. 9.14 Brain Structure and Its Origins, Spring 2014. (Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare), <http://ocw.mit.edu> (Accessed). License:Creative Commons BY-NC-SA



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

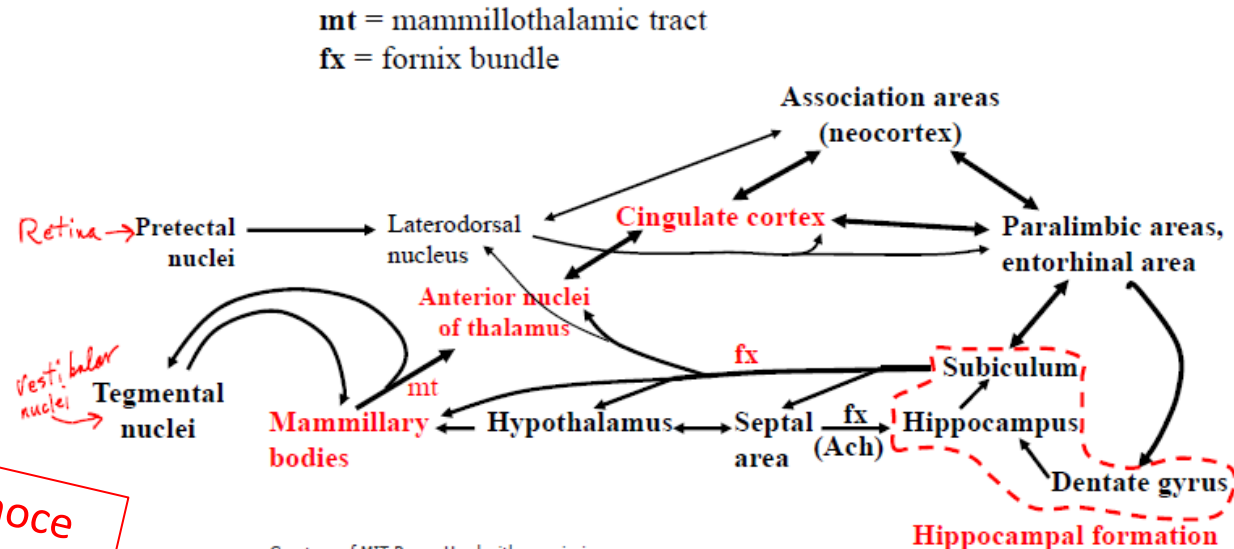
Gerald Schneider. *9.14 Brain Structure and Its Origins, Spring 2014*. (Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare), <http://ocw.mit.edu> (Accessed). License: Creative Commons BY-NC-SA



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.



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



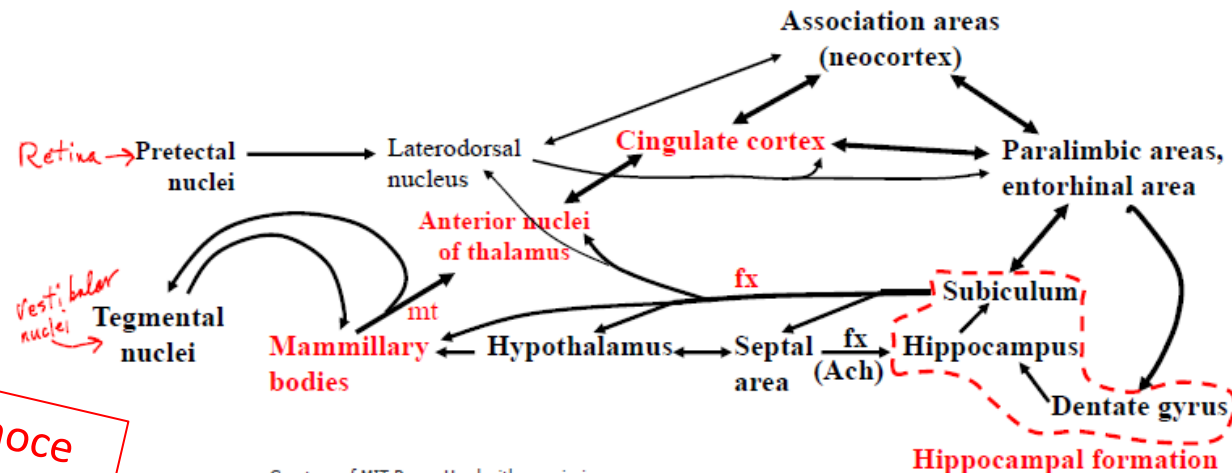
Prof. Gerald Schneider

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



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

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

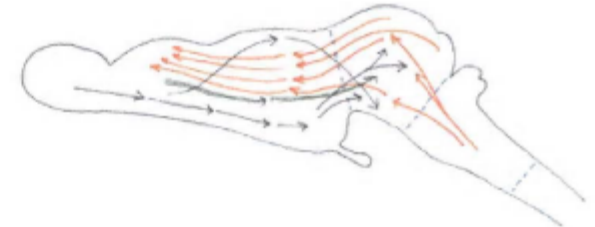


Figure 3. Early expansion of striatal and adjacent “limbic” areas

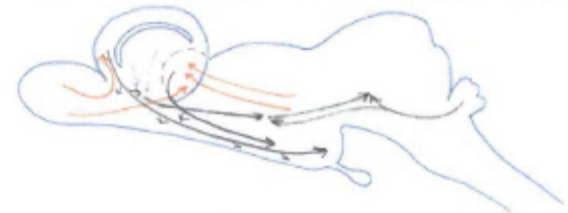
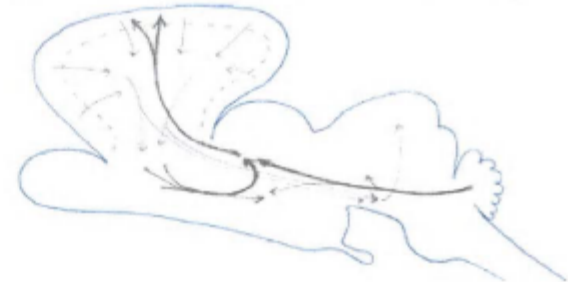


Figure 4. Pre-mammalian, and then mammalian expansions



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
- Deklarativní paměť (explicitní)
 - Závislá na hippocampu
 - Explicitní informace ukládány a vědomě vybavovány
 - „Tvorba map (vztahů)“ at' už prostorových nebo abstraktních

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“

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?

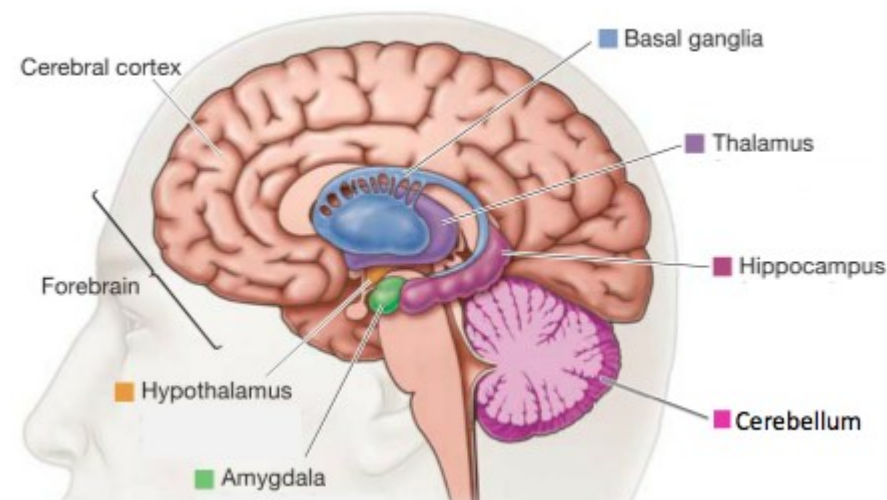
Amygdala

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://1.bp.blogspot.com/-DTBzUhiQrAE/Uz_biohLgII/AAAAAAAAAADU/kFhO3Eeq688/s1600/amygdala-bypass.gif

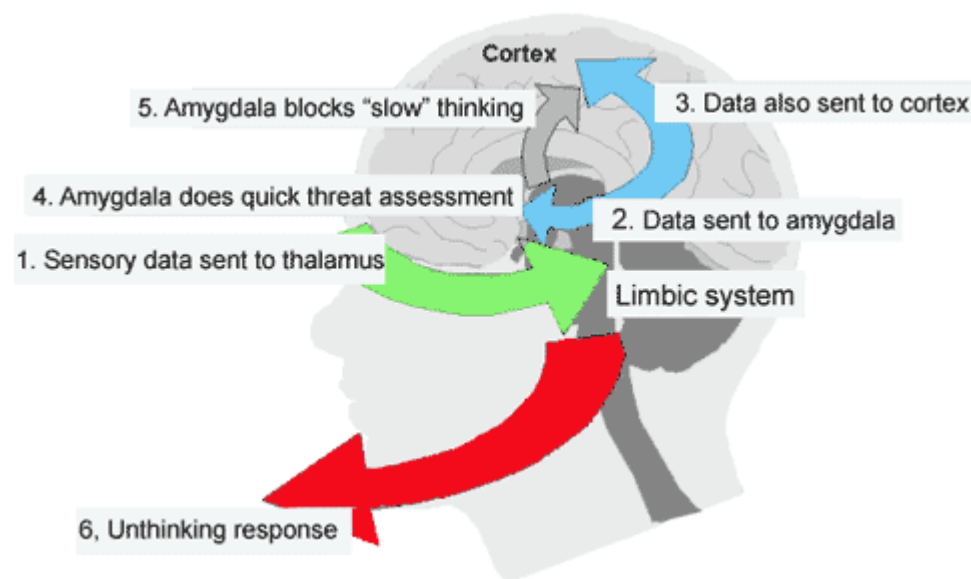
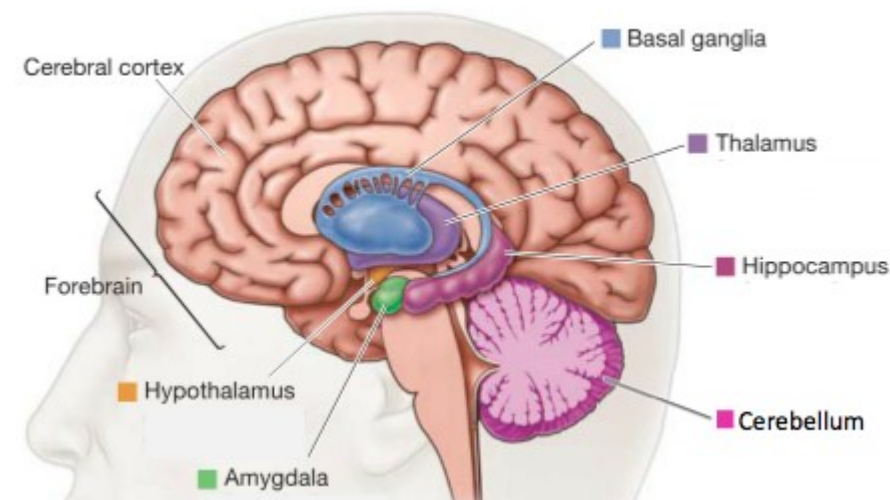
Amygdala

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

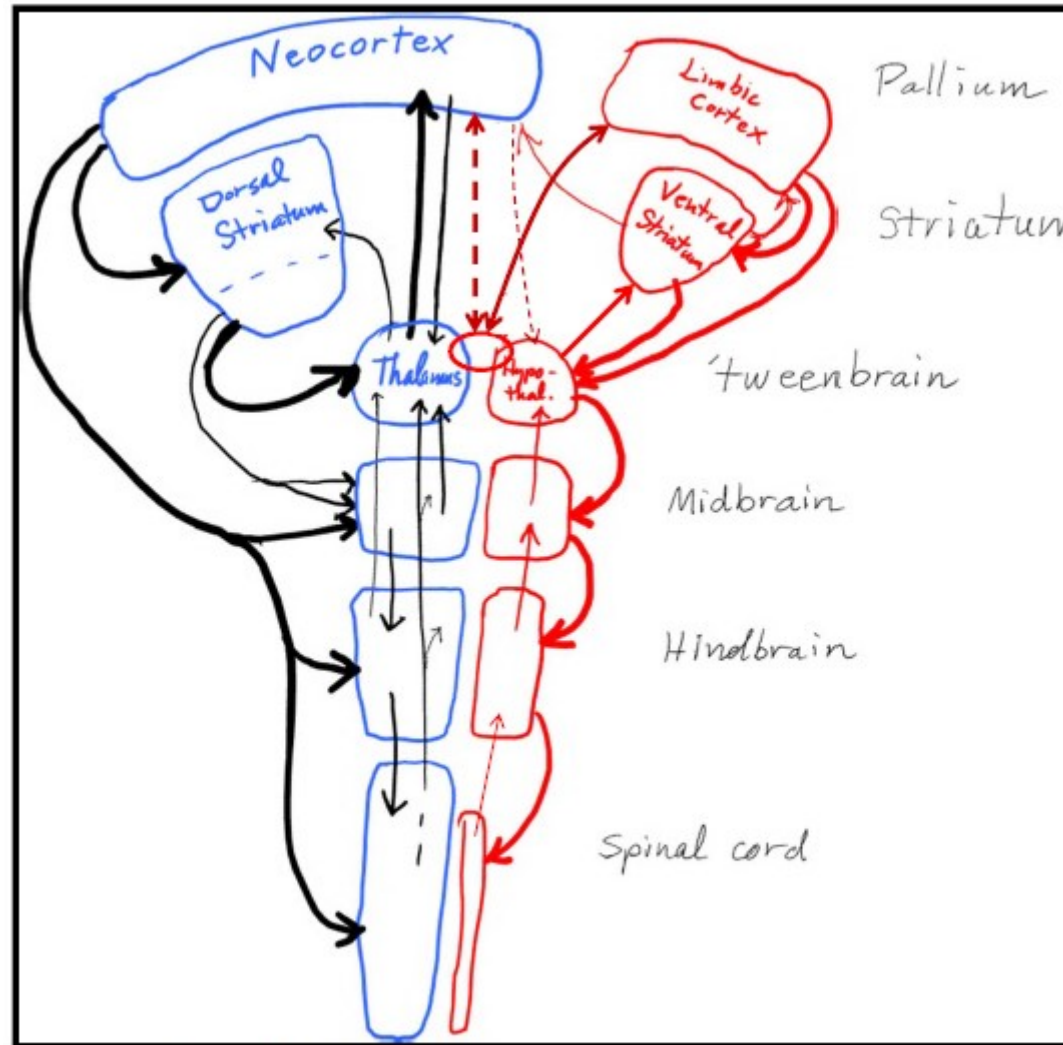
Basolateral: Inputs from thalamus, neocortex, hippocampus; outputs to prefrontal cortex, ventral striatum, other amygdala nuclei

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



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