

# Limbecký systém

## Osnova kapitoly:

1. Úvod
2. Funkce limbického systému
3. Struktury limbického systému
4. Čich a limbický systém
5. Hippocampus a hippokampální formace
6. Fornix
7. Spoje struktur limbického systému
8. Amygdala, amygdalární komplex
9. Shrnutí

## Pojmy:

**Allocortex** – vývojově starší **paleocortex** + **archicortex** (necelá 4% povrchu hemisfér)

**Paleocortex** – rhinencephalon („čichový mozek“, n. olfactorius + propojení)

**Archicortex** – „limbická kůra“

**Mesocortex** – přechod mezi archicortexem a neocortexem, má 6 vrstev neuronů jako neocortex, ale architektonikou se podobá více archicortexu

**Neocortex** – fylogeneticky nejmladší, tvoří více než 96% povrchu hemisfér, 6 vrstev neuronů (vývojem zatlačil struktury allocortexu basomedálně k mozkovému kmeni)

## 1. Úvod

**Gyrus limbicus** (limbus, lat. lem, pás) lemuje corpus callosum na mediální straně hemisféry. Kortikální struktury limbického mozku (archicortex) se na mediální stranu hemisféry přesouvají v souvislosti s vývojem neocortexu. Mohutně vytvořený neocortex zatlačí struktury limbické kůry ke corpus callosum (komisurální dráha – nejmohutnější svazek drah, kterým komunikují mozkové hemisféry)

Zjednodušeně → vývoj neocortexu udělal ze zvířete člověka. Podobně limbický systém dokáže za určitých situací probudit v člověku emoce zvířete a přiblížit jej alespoň chováním našim předkům. Za normálních situací je archicortex (limbický systém) pod nadvládou a řízením neocortexu. Neocortex je centrem vůle člověka, která limbickému systému povolí jen to, co je v dané situaci „společensky“ vhodné. Za určitých situací tato vazba může být utlumena – alkohol, emočně vypjatá situace apod.

Limbecký systém hraje v každodenním životě mnoho důležitých rolí. Řada z nich ani nevstoupí do vědomí – není přepojena jádry thalamu a nepokračuje do kůry koncového mozku.

Naopak korové struktury koncového mozku jsou několika drahami propojeny se strukturami v podkoří a naopak. Cortex a mozkový kmen vzájemně spolupracují na řízení homeostázy organismu. Každá změna v organismu i mimo něj podráždí smyslové orgány. Ty informují nervový systém a ten reaguje změnou chování – reakcí organismu.

**Jednoduše by se dalo říci, že funkce limbického systému je podobná reflexnímu oblouku doplněném o emoční a endokrinní složku.** Každá reakce je odpovědí organismu a představuje změnu chování a řízení organismu, která vede k jedinému cíli → k přežití.

**Člověk bez neocortexu by byl více zvířetem a bez limbického systému robotem bez emocí, prožívání radosti nebo strachu.**

## 2. Funkce limbického systému

- 1) vliv na **integraci čichových, viscerálních a somatických vjemů**, reakce nezbytné k přežití jedince a druhu
- 2) ovlivňuje příjem potravy, sexuální chování, péči o potomky a **emoční reakce**
- 3) součástí limbického systému zapojeny do **mechanismů paměti – hippokampální formace a amygdala**

- 4) spojením s hypothalamem ovlivňuje srdeční činnost, dýchání, tělesnou teplotu a ostatní **životně důležité autonomní funkce** v závislosti na měnících se podmínkách

### 3. Struktury limbického systému

#### 1) Korové oblasti

Korové oblasti limbického systému jsou převážně archikortikální a periarchikortikální oblasti.

- Gyrus cinguli = archicortex  
- začíná od area subcallosa přiléhající zdola k rostrum corporis callosi, kolem corpus callosum jako „pás“ pokračuje gyrus cinguli v gyrus hippocampi (gyrus parahippocampalis)
- Paralimbická kůra = neocortex  
- insula, temporální pól a orbitofrontální kůra (asociační kůra, centra emocí a vyšší nervové činnosti člověka)

#### 2) Podkorové struktury (kmenové)

**Thalamická jádra** – ncl. anteriores thalami

**Hypothalamus** a corpus mamillare

**Amygdalární jádra** v temporálním laloku

**Ncl. accumbens septi** (patří k BG a je nazýváno jádrem „závislostí a touhy“),

**Septum verum** (tzv. „pravé septum“, leží pod septum pellucidum = pouze gliová ploténka bez neuronů)

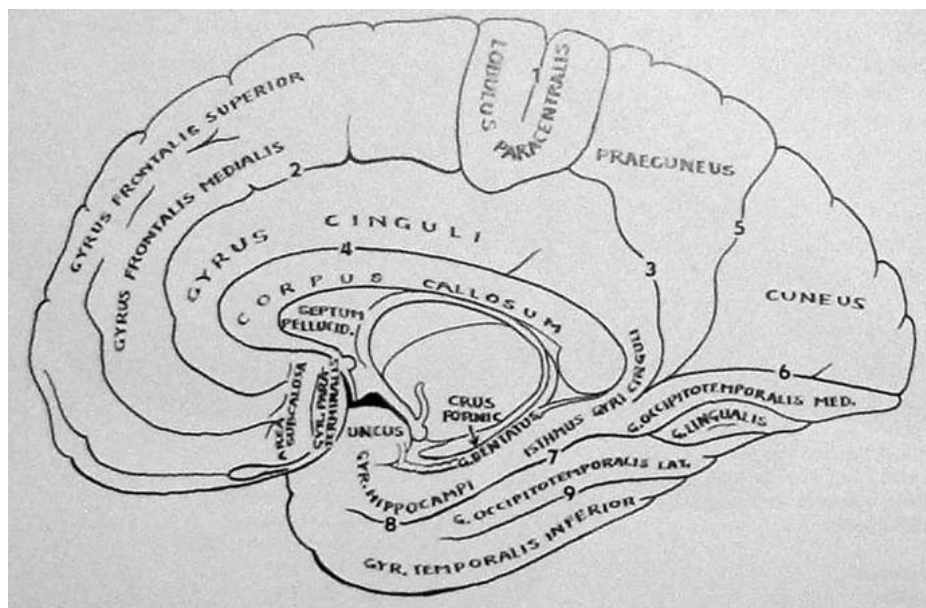
**Habenulární jádra** v epithalamu

**Ncl. interpeduncularis** mezencephala

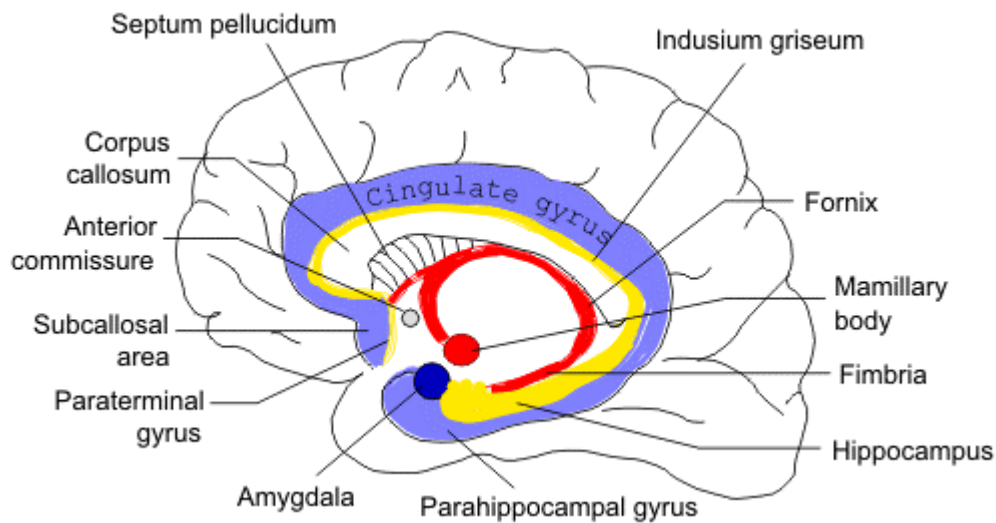
**Jádra retikulární formace**

Př.: Area septalis (septum verum) – *stimulace septální oblasti u pokusných zvířat vyvolává pocity spokojenosti až euforie. Poškození naopak vyvolá hyperaktivitu, neklid a zuřivost.*

#### Obr. 1a: Pohled na mediální plochu pravé hemisféry s popisem závitů



**Obr. 1b: Struktury limbického systému na mediální ploše hemisféry**



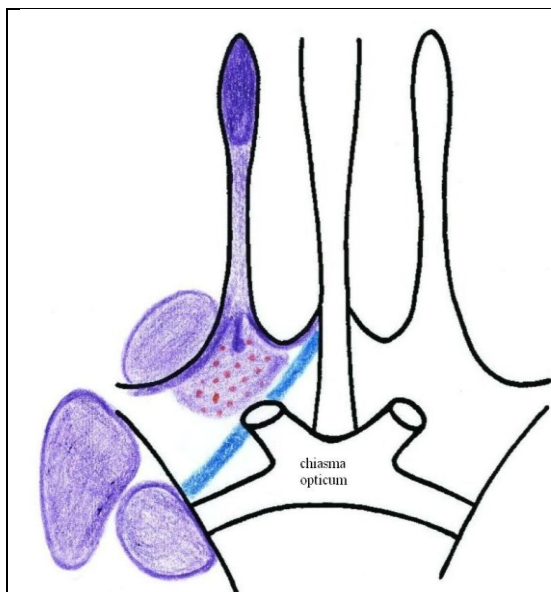
Gyrus limbicus („vnější pásmo“) – area subcallosa + gyrus cinguli → gyrus parahippocampalis

Intralimbický gyrus („vnitřní pásmo“) – gyrus paraterminalis + striae longitudinales corporis callosi + indusium griseum corporis callosi + gyrus dentatus + hippocampus

Fornix + fornikální okruh – propojení hippocampu s corpora mammilaria a jádru septum verum

Neokortikální paralimbická kůra = insula + pól temporálního laloku + mediální a orbitální část frontálního laloku (prefrontální kůra – kortikální centrum emocí, abstraktního myšlení, osobnosti, prožívání, vyšší nervové činnosti)

#### 4. Čich a limbický systém



**Obr. 2: Pohled zdola na rhinencephalon („čichový mozek“)**

**Striae olfactorie** jsou různé cesty, kterými je převáděna čichová informace z bulbus olfactorius.

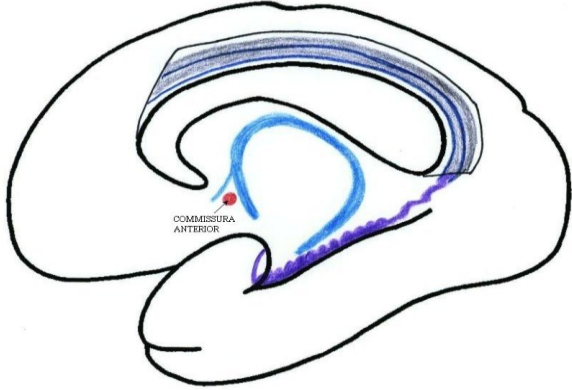
Čichové vjemy jsou velmi důležité u zvířat, u člověka představují minoritní část smyslových vjemů. Kromě čichových pocitů se podílí také na ovlivnění limbického systému.

Př.: Kouř → signál nebezpečí → vyhodnocení v limbickém systému → „hrozí nebezpečí“ → aktivace sympato-adrenální osy, zrychlení tepové frekvence, prohloubení dýchání, lepší prokrvení svalů končetin, aktivace neocortexu → únik před ohrožením nebo příprava k boji

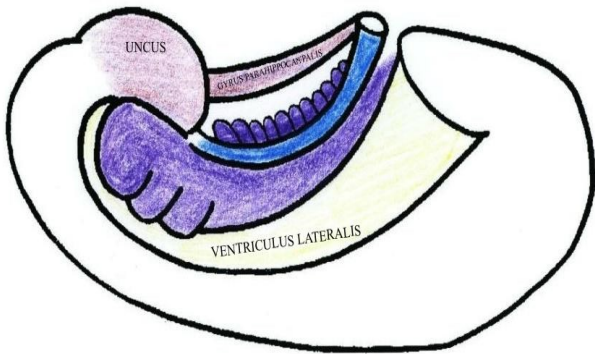
##### 1. Stria olfactoria lateralis

- čichové vjemy jdou do paleokortexu při trigonum olfactorium a na anterolaterální

	<p>plochu uncus gyri parahippocampalis, do mesocortexu area entorhinalis (Area 28), do amygdaly a prepiriformní kůry.</p> <p><b>2. Stria olfactoria medialis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- z tractus olfactorius jde na mediální plochu hemisféry (viz Obr. 1) k jádrům septum verum a gyrus paraterminalis. (viz Obr. 3)</li> </ul> <p><b>Pozn.:</b></p> <p><b>Area periamygdalaris</b> = část uncus gyri parahippocampalis, obsahuje oblast pariamygdalární sousedící s amygdalou (vývojový název – gyrus semilunaris).</p> <p><b>Area 28 entorhinalis</b> = I. čichová korová oblast (vývojově starší)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tzv. <b>periarchikortex</b> (peri – „sousedící s archicortexem hemisféry“) na vnitřní ploše uncus a přední části g. parahippocampalis.</li> </ul>
--	---

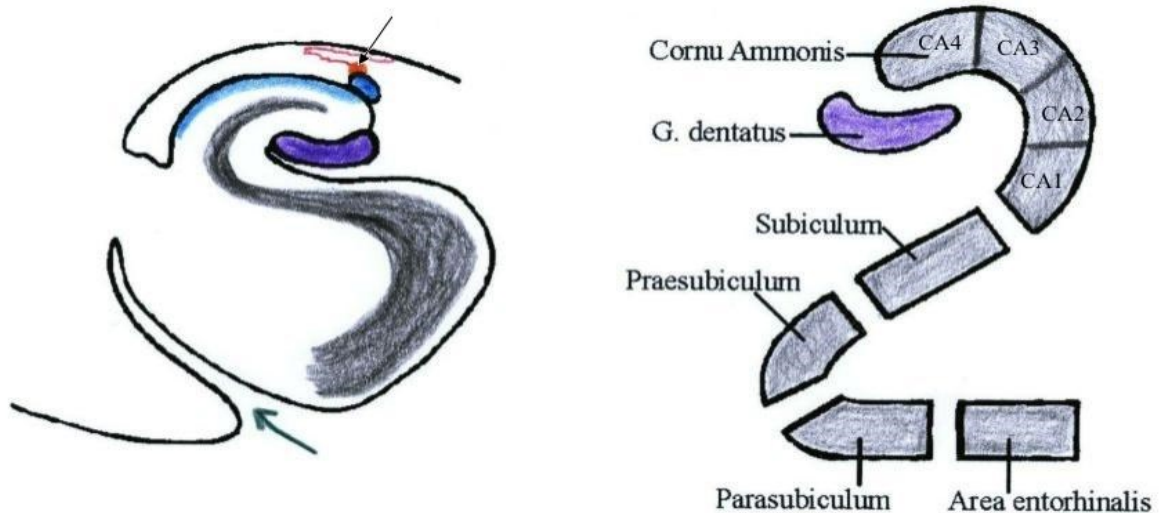
	<p><b>Obr. 3: Obousměrné propojení area subcallosa a gyrus paraterminalis s gyrus dentatus</b></p> <p><b>Striae longitudinales corporis callosi</b> = „dráhy allocortexu“ z area subcallosa a gyrus paraterminalis</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- area subcallosa – oblast pod rostrum corporis callosi</li> <li>- gyrus paraterminalis – závit před lamina terminalis III. mozkové komory</li> </ul> <p><b>Indusium griseum corporis callosi</b> (indusium, lat. košilka)</p> <p>„Šedá košilka“ z neuronů allocortexu na povrchu corpus callosum, které společně se striae longitudinales pokračují do gyrus dentatus (dentatus, lat. zoubkovaný)</p>
--	--

## 5. Hippocampus a hippokampální formace

	<p><b>Obr. 4: Pohled do ventriculus lateralis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- v sulcus hippocampi je uložen gyrus dentatus</li> <li>- fornix</li> <li>- hippocampus (Cornu Ammonis) = <u>největší</u> struktura archicortexu, vykluje se do postranní mozkové komory</li> </ul>
---	--

Vývoj neokortexu zatlačil archikortex této oblasti do dutiny postranní komory. Proto se šedá hmota archikortexu formuje do tvaru **písmene S** (šedá na frontálním řezu), horní část tvoří vlastní hippocampus. Sulcus hippocampi odděluje hippocampus od gyrus parahippocampalis a v sulcus hippocampi leží **gyrus dentatus**. **Gyrus dentatus** – leží mezi gyrus parahippocampalis a hippocampem. Při uncus končí jako šikmý proužek *tenia Giacomini*. **Alveus hippocampi** – bílá hmota na komorovém povrchu hippocampu. Vlákná směřují **MEDIÁLNĚ** a formují fimbria hippocampi, která přechází na fornix → jde k mamilárním jádrům hypothalamu.

**Obr. 5 Frontální řez hippokampální formací**

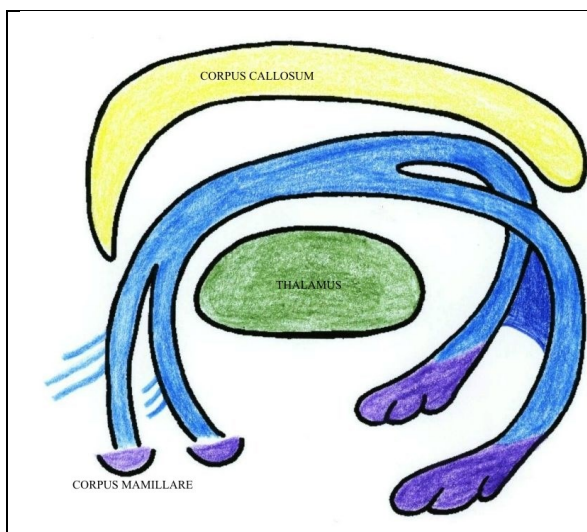


→ **Šipka** = sulcus collateralis, který prominuje do ventriculus lateralis jako eminentia collateralis.

Subiculum (lat. podložka) = část povrchu kůry gyrus parahippocampalis. Praesubiculum, parasubiculum a area entorhinalis jsou součástí tzv. hippokampální formace.

**Hippokampální formace = hippocampus (CA1 až CA 4) + subiculum, praesubiculum, parasubiculum a area entorhinalis.**

## 6. Fornix



**Obr. 6 Fornix**

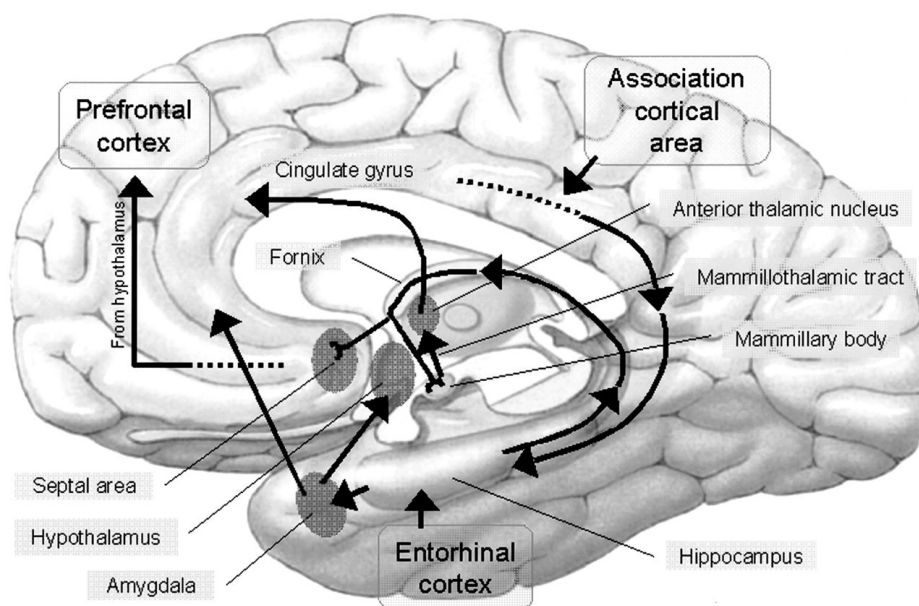
**Fornix** – spojuje hippokampovou formaci s ostatními strukturami limbického systému a pravý a levý hippocampus navzájem. Začíná jako pokračování fimbria hippocampi.

Části:

1. **Crus** párové rameno, svazek obíhající pulvinar thalami, pod corpus callosum se spojuje s druhostranným ramenem do corpus fornicis
2. **Commissura fornicis** dráhy mezi crura fornicis (komisura archicortexu, „obdobu corpus callosum“)
3. **Columnae fornicis** – rozdělení corpus

	<p>fornix, podílejí se na ohraničení foramen interventriculare (tzv. pars libera columnae fornicis).</p> <p><b>Columnae fornicis se nad commisura anterior rozdělují na:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Fibrae precommissurales</b> spojují hippocampus se septum verum, area preoptica a předními jádry hypothalamu</li> <li><b>2. Fibrae postcommissurales</b> jdou k: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ncl. corporis mamillaris</li> <li>2) jádrům thalamu</li> <li>3) jádrům hypothalamu</li> </ol> </li> </ol>
--	--

## 7. Spoje struktur limbického systému



**Spoje zajišťují propojení jednotlivých struktur zapojených do limbických okruhů cestou:**

1) **Fornix** – propojení hippocampu a **corpora mammilaria** hypothalamu

2) Z corpora mammilaria:

- **Tractus mamillothalamicus** spojení podkorových struktur limbického systému s ncll. anteriores thalami → dále cestou tractus thalamocorticalis do **ARCHI**cortexu = gyrus cinguli a do **NEO**cortexu (prefrontální cortex)
- **Tractus mamillo-tegmentalis** – propojení mamilárních jader z tegmentem mezencephala a retikulární formací (RF)

*Tractus mamillo-tegmentalis → RF mesencephala → visceromotorická jádra kmene*

3) **Stria terminalis thalami** → propojení amygdaly („centrum emocí a strachu“) s **hypothalamem** (vliv na osu „hypothalamus→hypofýza→endokrinní žláza“ a vliv na aktivitu autonomního nervového systému a životní funkce) + **septum verum** + **area praeoptica**



4) **Stria medullaris thalami** na mediální ploše thalamu, obrácena do III. mozkové komory (viz III. mozková komora), spojuje hypothalamus a septum verum → s habenuárnými jádry (viz *Epithalamus*)

5) **Commissura anterior** – zajišťuje komunikaci hemisfér mezi sebou. **Přední část** spojuje čichové korové oblasti, **zadní část** spánkové laloky (=kůra temporálního pólu + amygdala).

6) **Striae longitudinales corporis callosi** – propojení jader septum verum a area subcallosa cestou gyrus dentatus s hippokampální formací

7) **Fasciculus longitudinalis dorsalis (FLD)** – visceromotorický svazek v mozkovém kmeni z hypothalamu ke všem sympatickým a parasympatickým jádrům.

**Dráha „viscerálního mozku“** ovládá činnosti organismu, které si neuvědomujeme, které probíhají mimo naše vědomí, na které nemyslíme. Dráha nemá přímá spojení s thalamem. Thalamus je „bránou vědomí“ → co neprojde „branou“, nevstoupí do vědomí a probíhá na úrovni „podkoží“, tj. mozkového kmene.

8) **Fasciculus proencephalicus medialis** → oboustranné propojení kortikálních a subkortikálních struktur limbického systému.

9) Tr. habenuointerpeduncularis – propojení habenuárných jader z ncl. interpeduncularis mezencephali = součást limbických drah.

## 8. Amygdala, Amygdalární komplex (*komplex jader archistriata, fylogenetický starší BG*)

Amygdalární jádra jsou zapojena do drah čichových, do drah limbického systému a do řízení funkcí autonomního nervového systému.

### 2 skupiny jader:

1. Kortikomedální skupina jader (starší)

2. Basolaterální skupina jader (mladší)

Poškození některých jader amygdaly vede u experimentálních zvířat k vymizení strachu.

### **Aferentace do amygdaly:**

1. **čichové** – cestou **stria olfactoria lateralis**

2. **chuťové** – přímo z ncl. gustatorius (chuťové jádro) a z insuly (zde leží chuťová korová oblast)

3. **viscerosenzorické** – informace z vnitřních orgánů (bolesti břicha, informace z dýchacích cest) = odbočky ze **spinoreticulothalamokortikální dráhy**

4. asociační **neocortex** všech laloků mozku

5. **hypothalamus** – informace z jader hypothalamu

6. ncl. basalis Meynerti (cholinergní jádra BG), jádra retikulární formace (noradrenalin z locus coeruleus a dopamin z ncl. Tsai):

1) acetylcholin je neuromediátor, který odpovídá např. za ukládání informací do paměti, za pozornost a schopnost učení

2) dopamin a noradrenalin působí jako stimulační neuromediátory

Př.: Amygdala je struktura odpovídající mj. za **ukládání paměťových stop**. Funkce amygdaly je stimulována výše uvedenými látkami. Jejich hladiny stoupají během stresových a emočně nabitých situací. To je jedním z vysvětlení, proč si situace spojené s intenzivním emočním zážitkem pamatujeme po celý život – první polibek, maturitní zkoušku, promoce, narození potomka atd. Jsme schopni i po letech do detailu popsat, co se v danou chvíli odehrálo.

### **Eferentace:**

1. cestou **stria terminalis thalami** → do **hypothalamu a thalamu** („brána vědomí“) → emoce vstupující do kůry, které si uvědomíme

2. do motorické, premotorické **kůry a BG** → vliv na motorickou aktivitu a mimolní motoriku (např. mimické svaly – výraz napětí, zaujetí nebo pohrdání)

Př. Roztřesení hlasu při zkoušce; řeč těla = změna postojů → překřížené ruce a jiná znamení, kterými dáváme mimovolně najevo nesouhlas, unikáme pohledem od nepříjemných podnětů atd.

3. **do hippocampu** → souvislost s ukládáním informací do paměti

4. do visceromotorických jader (parasymptikus, sympatikus) hlavových nervů a míchy → reakce autonomního systému = stres a sucho v ústech, sevření na hrudi, obtížné dýchání, zrychlení tepu, zažívací potíže atd.

#### **Substantia innominata (Reichert)**

Seskupení šedé hmoty před ncl. amygdaloideum, pod commissura anterior, zevně od septum verum.

### **9. Shrnutí**

Limbecký systém je soustava jader a vzájemných bohatých propojení kmenových a kortikálních struktur. Ovládá emoční reakce, sexuální projevy, péči o potomstvo, sociální chování, paměť. Má bohaté propojení s hypothalamem a spolupracuje na řízení viscerálních funkcí, endokrinní soustavy a imunitního systému.

Limbecký cortex **nemá přímá spojení** se vstupy smyslových drah, ale **každý vstup** je v limbeckém systému zpracován a vyhodnocen – volně a/nebo mimovolně ovlivňuje sympatii nebo antipatii, emoce jako radost a smích, dojetí a pláč, sexuální chování, nálady apod.

**Funkce limbeckého systému se v mnohém podobá reflexnímu oblouku (viz mícha a míšní reflexy) doplněnému emoční a endokrinní složkou.** Každá reakce je odpovědí organismu a představuje změnu chování a řízení organismu, která vede k jedinému cíli – přežití a udržení homeostázy (vnitřního vyladění) organismu.