



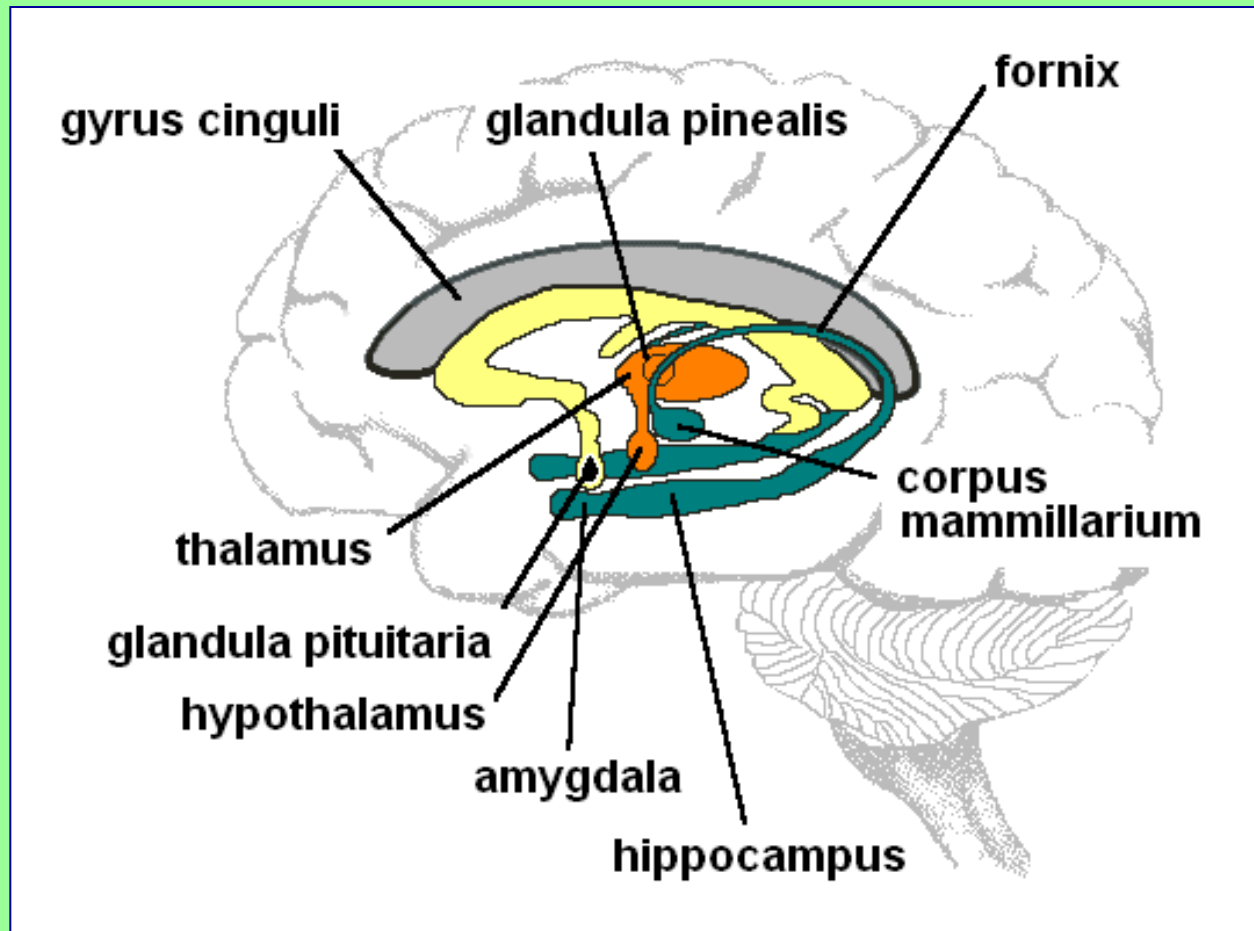
# LIMBICKÝ SYSTÉM

Ing. Vladimír Jelínek

Limbický systém je soubor mozkových struktur, které jsou zodpovědné za:

- **emoce**
- **chování člověka**
- **dlouhodobou paměť**
- **zpracování čichové informace**

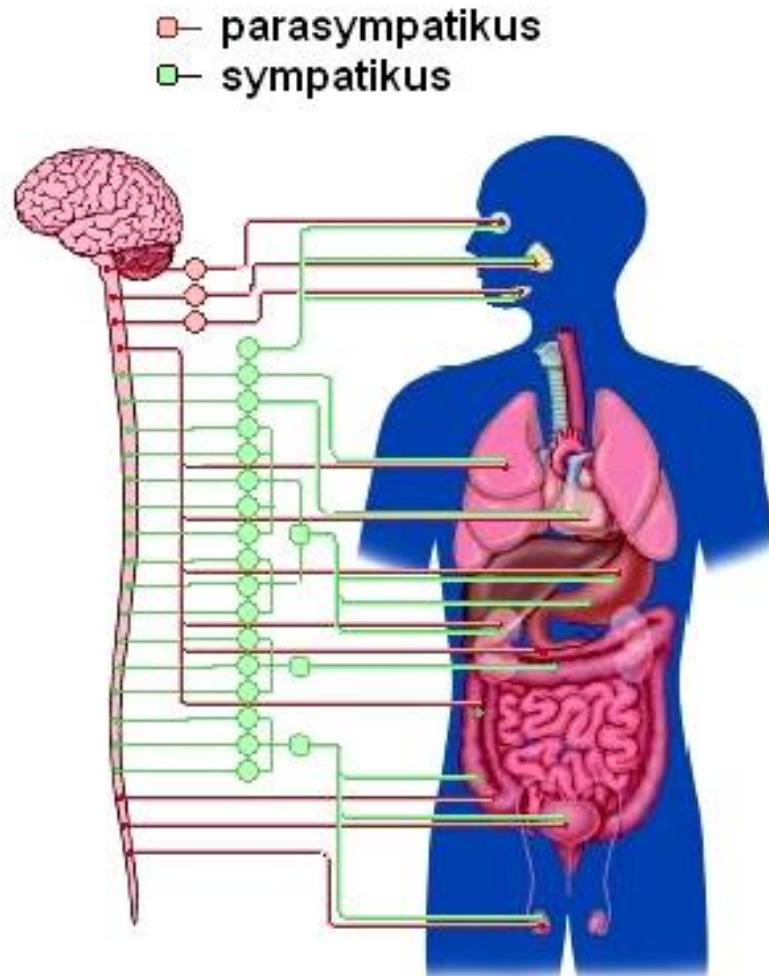
# Součásti limbického systému



# K limbickému systému se řadí zejména následující struktury:

- *ncl. amygdalae*
- *hippocampus*
- *gyrus parahippocampalis*
- *gyrus cinguli*  
(oba předchozí společně též *gyrus fornicis*)
- *fornix*
- *hypothalamus*
- *thalamus*
- *corpus mammillare*
- *glandula pituitaria*
- *gyrus dentatus*
- entorinální kůra
- piriformní kůra
- *bulbus olfactorius*
- *nucleus accumbens*
- orbitofrontální kůra

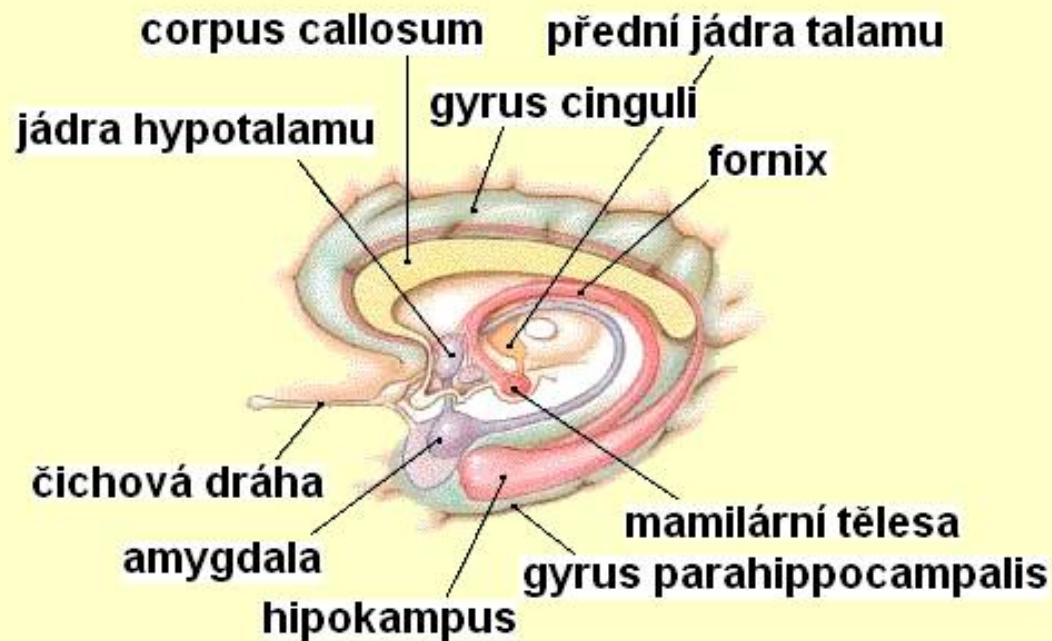
# Limbický systém ovlivňuje organismus přes hormonální systém a autonomní nervový systém.



- Limbický systém je propojený s **nucleus accumbens** – centrem spokojenosti v mozku, které hraje důležitou úlohu v sexuální vzrušivosti a stavu výborné nálady navozované užíváním „rekreačních“ drog.
- Tyto efekty mozku jsou zprostředkovány produkcí **dopaminu** a jeho následné rozpoznávání v limbickém systému prostřednictvím dopaminových receptorů.

- **Limbecký systém je též velmi propojený s prefrontální kůrou.**
- **Někteří psychologové tvrdí, že toto spojení je kvůli dosahování uspokojení z řešení problémů a hádanek.**
- **Při poruše této části mozkové kůry se lidé stávají pasivními a ztrácejí motivaci ke své činnosti.**

# Struktury limbického systému



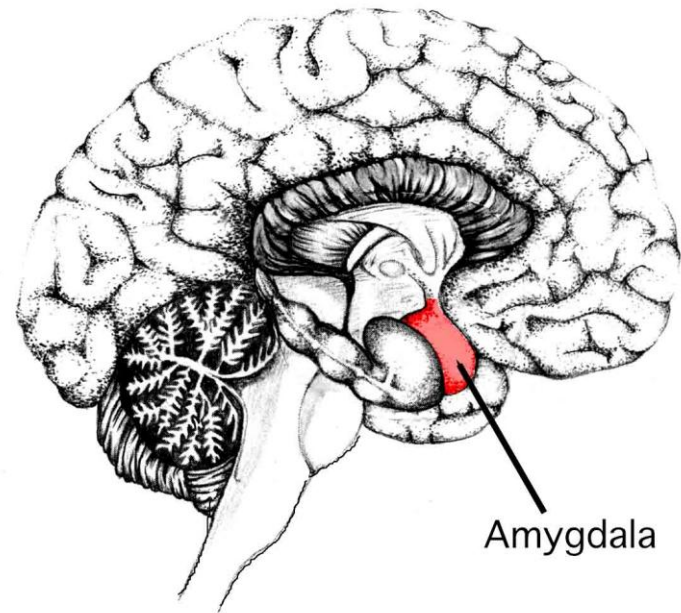


# Amygdala

## Vysílá impulzy do:

- **hypotalamu** (aktivace sympatiku)
- **talamu** (zapojení reflexů)
- **jader trojklaného nervu** (vyjádření agrese či strachu)
- **dalších mozkových struktur** (aktivaci dopaminu, adrenalinu a noradrenalinu)

Je to skupina neuronů ve tvaru mandle, uložená hluboko při středu spánkového laloku.



- Amygdala se účastní **zpracování čichových podnětů** a vnímání tzv. feromonů.
- Dostává vstupy z čichového bulbu a čichové mozkové kůry.
- Amygdala hraje prvořadou úlohu při zpracování a ukládání vzpomínek spojených s emocionálními událostmi.

**Centrální jádra amygdaly jsou zahrnuta do procesu tvoření odpovědí organismu na podněty:**

- **nehybnost** (strnutí organismu)
- **tachykardie** (rychlé bušení srdce)
- **zrychlené dýchání**
- **vyloučení stresových hormonů**

- **Amygdala se též účastní utváření pozitivních motivů k činnosti.**
- **Hraje významnou úlohu při „vstřebávání“ a konsolidaci nových zážitků.**
- **Aktivita amygdaly v okamžiku vnímání informace ovlivňuje dobré zapamatování vnímané informace.**
- **Jestliže se laboratorním zvířatům podává droga na ovlivnění amygdaly, zlepšuje se jim paměť.**

**Při poranění amygdaly mohou nastat následující poruchy emocionálního chování:**

- přehnané reakce na všechny podněty,
- nedostatek emocionality,
- ztráta strachu,
- nutková potřeba vkládat nevhodné předměty do úst.

Opice s poškozenou amygdalou vykazovaly:

- poškození normálního mateřského pudu.
- hrubé zacházení s mláďaty nebo jejich zanedbávání.

U lidí s obscénním chováním se prokázalo, že vykazují výrazně větší aktivitu v levé amygdale než normální jedinci.

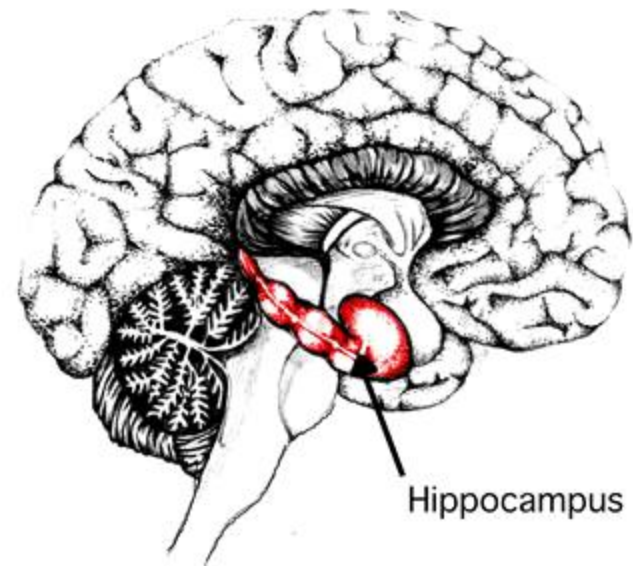
Studie z roku 2003 ukázala, že pacienti s bipolární depresí mají obvykle mnohem menší amygdalu a také poněkud menší hipokampus.

**Nedávné studie prokázaly, že paraziti, zejména toxoplazma, tvoří cysty – infekční ložiska v mozku krys, často právě v prostoru amygdaly. To může být klíčem k pochopení, nakolik mohou někteří paraziti přispívat k rozvinutí psychických poruch včetně paranoie.**

# Hippocampus

**Hraje důležitou úlohu v krátkodobé paměti a prostorové orientaci.**

- Hippocampus člověka a ostatních savců je párový orgán.
- U Alzheimerovy choroby je to jedna z prvních oblastí, které bývají poškozeny (potíže s pamětí, dezorientace).
- Lidé s vážným poškozením hipokampu trpí ztrátou paměti a neschopností zapamatovat si nové zážitky.



**Známý je případ pacienta H.M., kterému byl kvůli epileptickým záchvatům chirurgicky odstraněn hipokampus.**

- Po zákroku si H.M. nedokázal vybavit žádné příběhy ani události, které se staly těsně před zákrokem.
- Zážitky z dětství si vybavoval.



- Má se za to, že hippocampus je důležitý pro epizodickou a autobiografickou paměť.
- Hippocampus pravděpodobně hraje klíčovou roli při ukládání vzpomínek do paměti ve fázi tzv. konsolidace vzpomínek.
- Poškození hipokampu například neovlivňuje schopnost naučit se hrát na hudební nástroj.
- Poškození patrně neovlivňuje ani slovní paměť.

# Gyrus cinguli

Dostává vstupy z předních jader talamu a neokortexu.

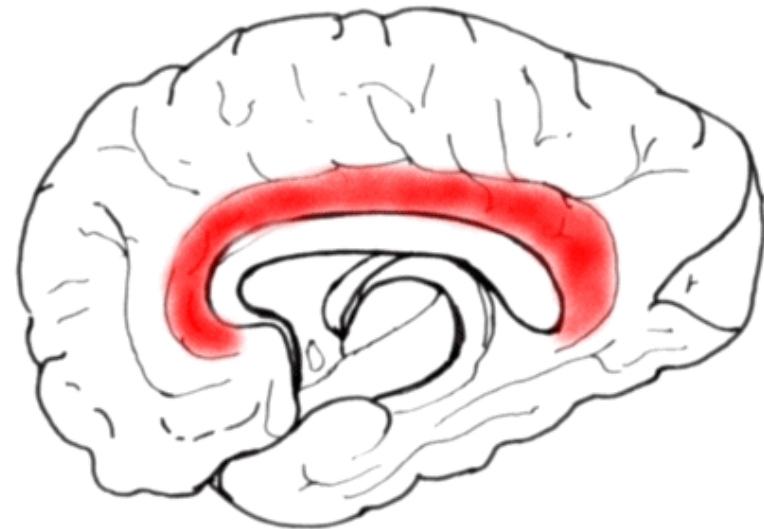
Dostává také vstupy ze sensorických oblastí mozkové kůry.

## Podílí se na:

- formování emocí
- zpracování emocí
- učení
- paměti

Je to mozkový závit ve střední části mozku.

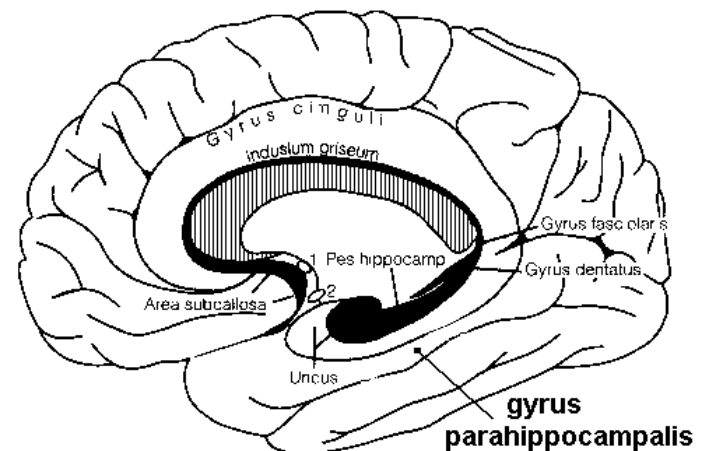
Rozprostírá se nad *corpus callosum*, které částečně překrývá.



# Gyrus parahippocampalis

- Parahippocampal place area (PPA) je podoblast, která hraje podstatnou úlohu při zapamatování a vybavování dějů (spíše než tváří nebo předmětů).
- Poškození PPA oblasti vede k tomu, že lidé nedokážou zrakem rozpoznávat prostředí, ale přitom mohou rozlišovat individuální objekty, jako jsou tváře nebo nábytek.
- Někteří psychologové se domnívají, že *g. parahippocampalis* se může zásadně uplatňovat při identifikaci sociálních souvislostí, které zahrnují paralingvistické prvky slovní komunikace.

**Závity šedé hmoty, které obklopují hipokampus; hrají důležitou úlohu v kódování a vybavování vzpomínek.**



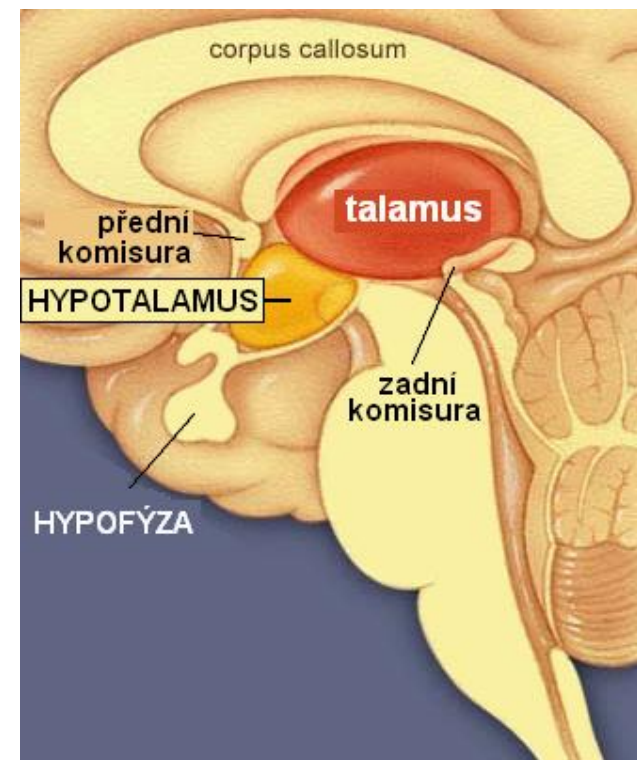
# Fornix

- Fornix je svazek nervových vláken ve tvaru písmene C.
- **Vede signály z hipokampu do mamilárních tělísek a jader septa.**

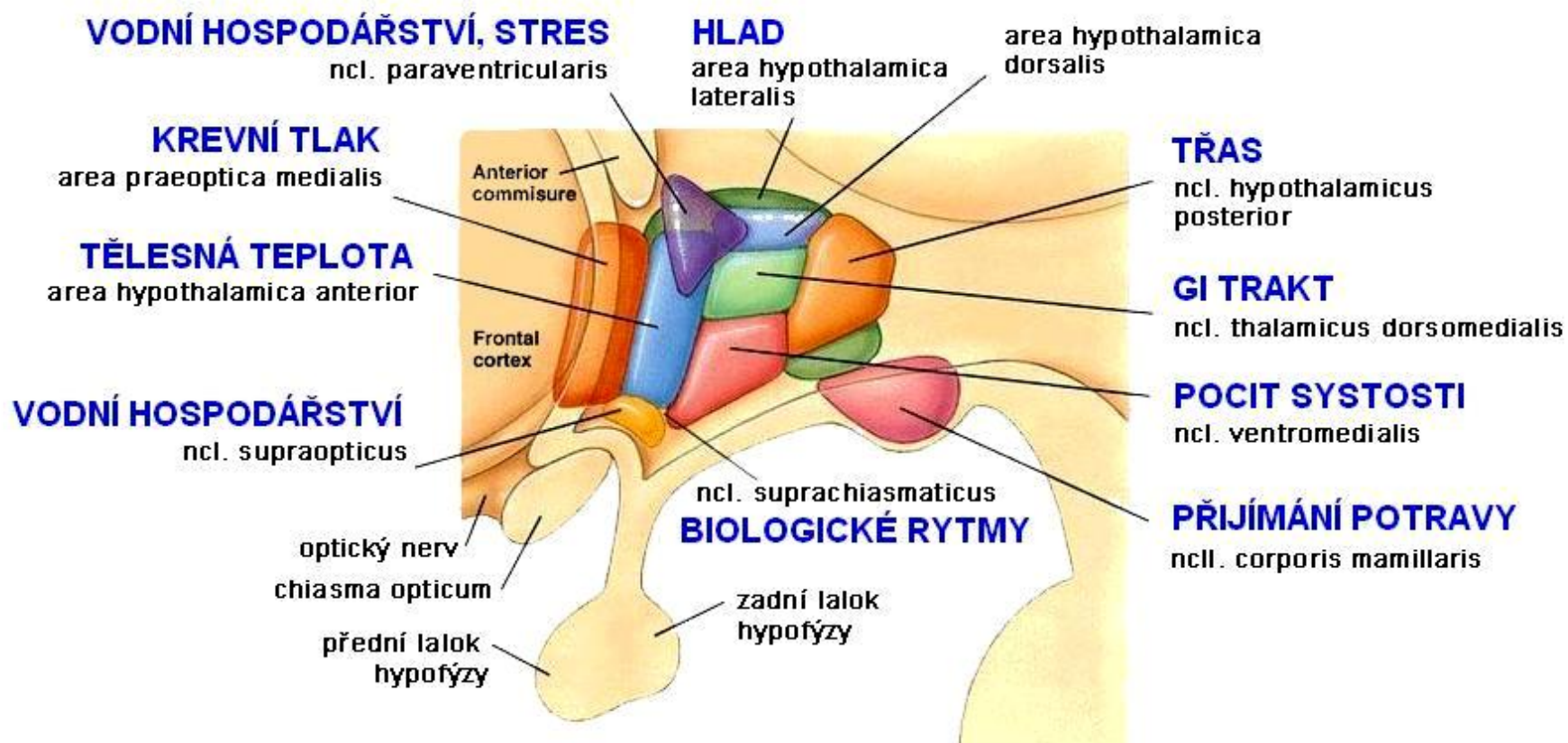
# Hypotalamus (*hypothalamus*)

Je to malá oblast mozku, která obsahuje řadu malých jader různých funkcí.

- Jednou z nejdůležitějších funkcí hypotalamu je spojení nervového a hormonálního systému prostřednictvím hypofýzy.
- Hypotalamus je doslova „útvár pod thalamem“.
- U člověka dosahuje velikosti mandle.

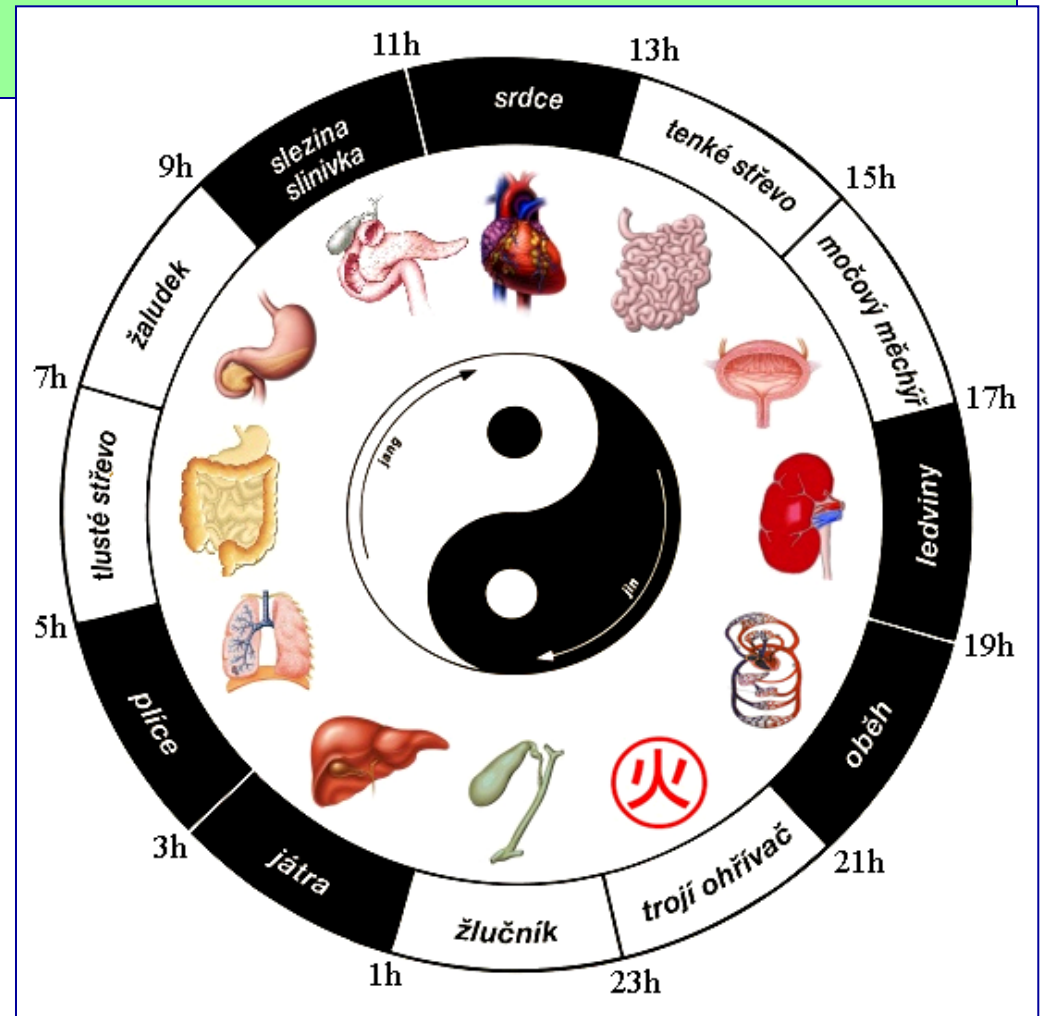


- Hypotalamus je odpovědný za konkrétní metabolické procesy a další aktivity autonomního nervového systému
- Syntetizuje a vylučuje neurohormony a tyto stimulují nebo potlačují vylučování hormonů podvěskem mozgovým.



# Hypothalamus řídí:

- tělesnou teplotu
- pocity hladu
- pocity žízně
- únavu a odpočinek
- spouštění agresivních reakcí
- cirkadiánní cyklus



Hypotalamus musí odpovídat na celou řadu signálů, které jsou generovány z vnějšího i vnitřního prostředí.

**Je tedy spojen s mnoha částmi nervového systému:**

- **retikulární formací mozkového kmene**
- **autonomními zónami mozkového kmene**
- **přední částí limbického systému**



## Biochemicky je hypotalamus odpovědný za:

- čichové vjemy a stimulace včetně feromonů;
- denní a sezónní rytmy a fotorytmy;
- regulaci steroidních hormonů včetně pohlavních hormonů a kortikosteroidů;
- zpracování informací přenášených útrobními nervy;
- autonomní vstupy;
- podněty zprostředkované krví, včetně leptinu, ghrelinu, angiotensinu, insulinu, hormonů hypofýzy, plazmatické koncentrace glukózy, cytokinů apod.;
- stres.

Při napadení organismu mikroby „nastaví tělesný termostat“ na vyšší teplotu.

- Hypotalamus je obklopen částečně specializovanou mozkovou oblastí, která nemá efektivní hematoencefalitickou bariéru.
- Vlásačnicový endotel této oblasti tedy dovoluje volný průchod větším molekulám – například proteinům (peptidovým hormonům).

- Hypotalamus je odpovědný za vylučování oxytocinu (vazopresinu) jako odpověď na sání z matčina prsu nebo na stimulaci vaginy a děložního čípku.
- Oxytocin vylučuje také jako odpověď na kardiovaskulární podněty přicházející jednak z chemoreceptorů (paraganglií) v bifurkaci karotidy a v okolí oblouku aorty, jednak z receptorů nízkého tlaku v srdečních síních.
- Stimulace prsních bradavek podněcuje vylučování oxytocinu a prolaktinu a potlačuje vylučování LH a FSH.
- Kardiovaskulární informace přináší nervus vagus, který ale zajišťuje i řadu jiných útrobních funkcí, mj. roztažení žaludku a zastavení příjmu potravy. Na tyto informace hypotalamus reaguje prostřednictvím „přepínačů“ v mozgovém kmeni.

Výstupy z hypotalamu lze zařadit do dvou kategorií:

- neurální projekce,
- prostřednictvím hormonálního systému.

V jádrech hypotalamu je též uloženo centrum sytosti a centrum hladu.

Tak například porušení centra sytosti vede k chorobnému přejídání – je příčinou obezity.

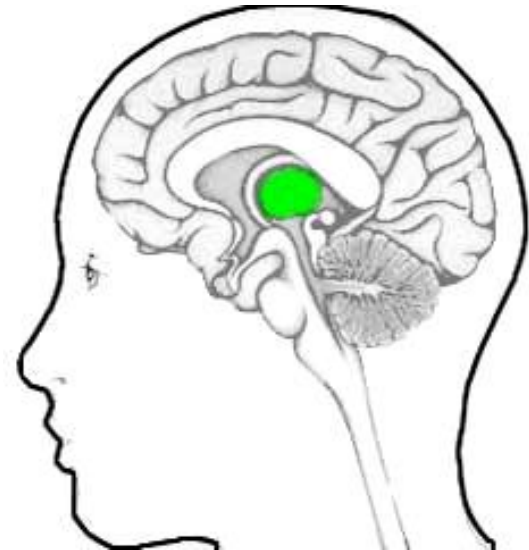
- Některá jádra hypotalamu se vyznačují sexuálním dimorfismem; to znamená, že vykazují u obou pohlaví rozdíly jak ve struktuře tak ve funkci.
- Nejnápadnější je sexuálně dimorfní jádro v preoptické oblasti, které se nachází pouze u mužů.
- Avšak většinou jde o jemné rozdíly v propojení a chemické citlivosti specifických soustav neuronů.
- Např. režim vylučování růstového hormonu je sexuálně dimorfní; to je jeden z důvodů, proč jsou muži mohutnější a vyšší než ženy.

- **Pokud jde o pohlavní identitu, jsou v průběhu vývoje mozku (a hypotalamu) kritické první dva roky. Během této vývojové fáze mají jak estrogény, tak testosteron stálý vliv na vyvíjející se ženský i mužský mozek. Ovlivňuje se při tom heterosexuality / homosexualita jedince.**
- **Je paradoxní, že proces determinace mužského pohlaví určovaný testosteronem je zprostředkovaný estrogenem – ženským hormonem.**

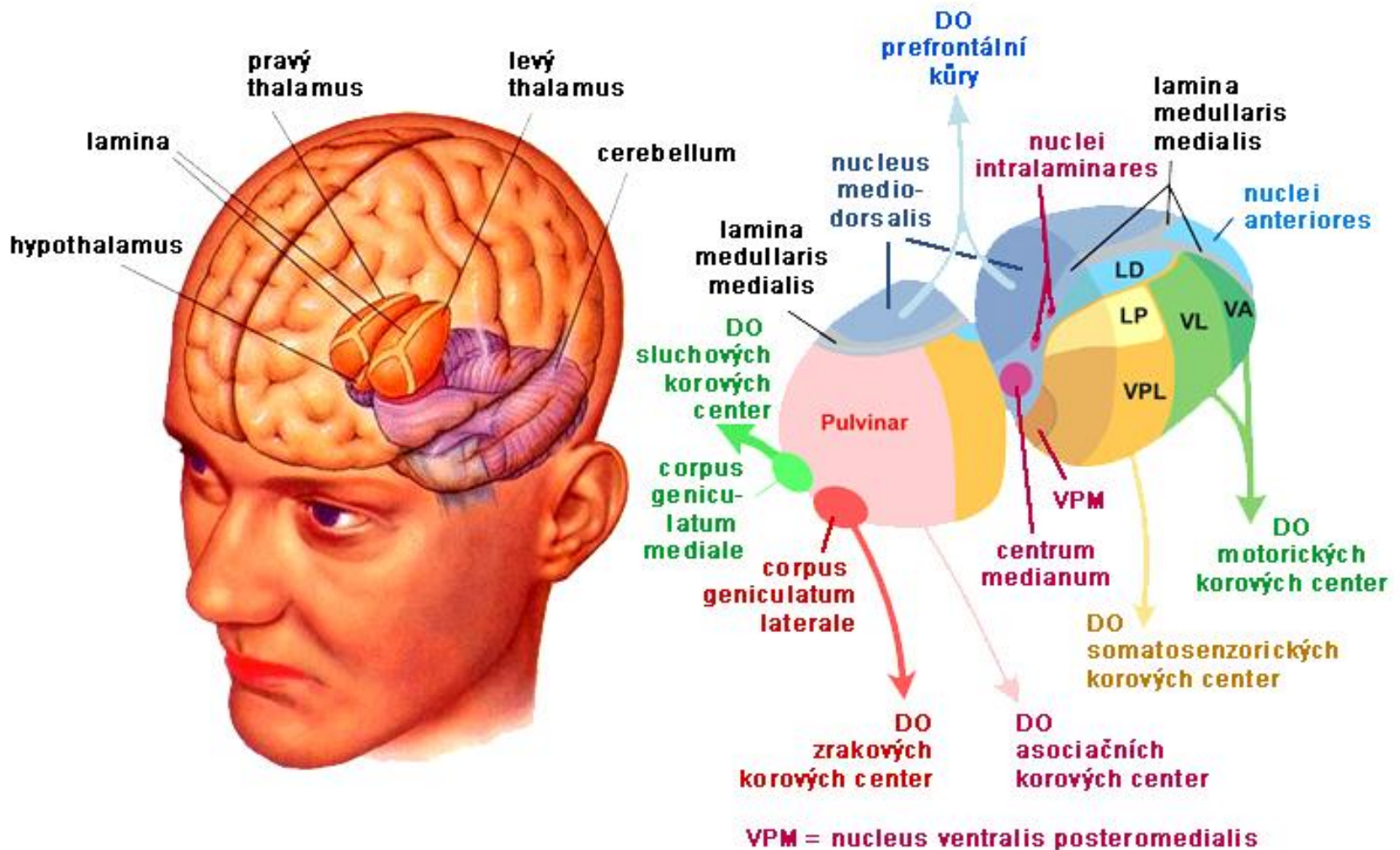
# Talamus (*thalamus*)

- Je také nazýván „bránou vědomí“; co neprojde přes thalamus, není vnímáno.
- Každý z dvojice thalamů má velikost přibližně 6 cm.
- Talamus se významně podílí na regulaci spánku a bdělosti.
- Talamus hraje důležitou roli při vzrušení člověka – plného stavu vědomí a aktivity.
- Porušení thalamu vede k trvalému kómatu.

**Párová vejčitá  
struktura  
mozku, hlavní  
část diencefala**



# Dráhy všech smyslových vjemů – vstupů – vedou přes thalamus (sluch, čich, zrak, hmat)

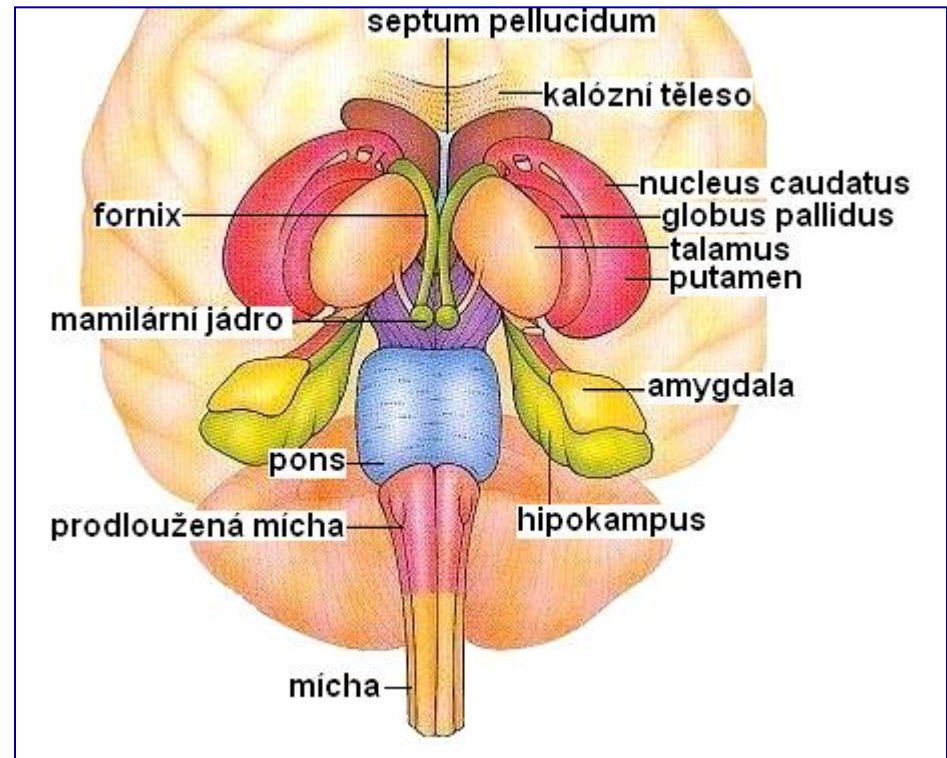




- Hlavní role talamu je přisuzována „motorickému“ systému.
- U lidí je známá častá genetická varianta v promotorové oblasti SEROTONINOVÉHO transporteru.
- Bylo prokázáno, že tato genetická varianta ovlivňuje u dospělých vývoj mnoha oblastí talamu
- Zvětšení talamu na anatomické bázi poskytuje vysvětlení, proč lidé s touto genetickou variantou mají sklon k depresím, posttraumatickým stresovým obtížím a k sebevraždám.

# Mamilární jádra (*nuclei corporis mammillaris*)

- Je to párový komplex jader uložených na spodině diencefala.
- Anatomicky patří k jádrům hypotalamu.
- Jsou součástí limbického systému.



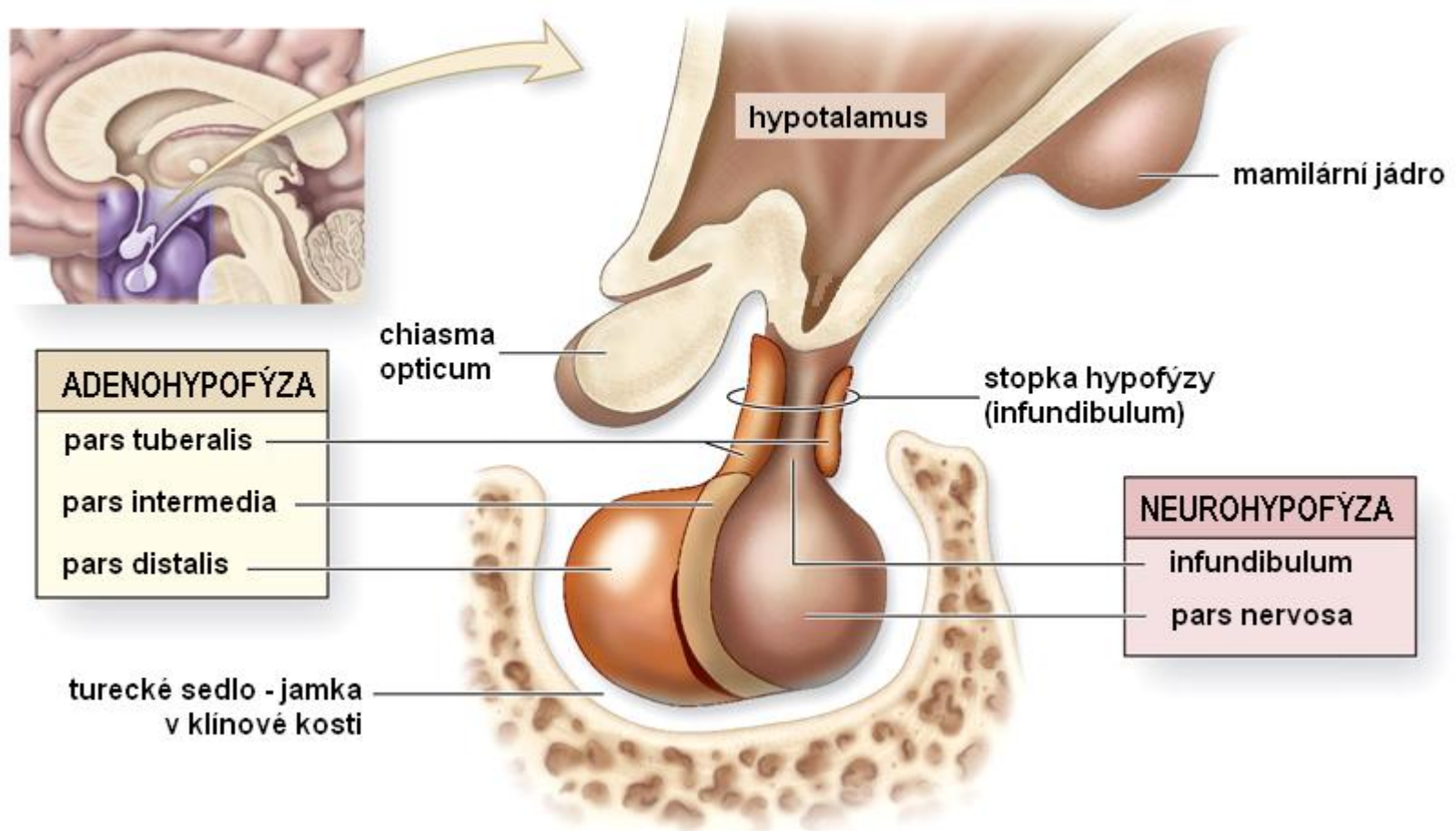
- Mamilární jádra jsou spojena s jinými částmi mozku a fungují jako přepínač mezi impulzy, které vedou z amygdaly a hipokampu přes mamilo-talamickou dráhu do talamu.
- Spolu s některými jádry talamu se účastní zpracování a ukládání nových vjemů do paměti.
- Mamilární jádra patří k těm částem mozku, které jsou velmi náchylné k poškození alkoholem.
- Výzkumné práce z roku 1998 také zmiňují viditelné abnormality mammilárních jader u jedinců trpících autismem.

# Hypofýza – podvěsek mozkový (*glandula pituitaria*)

- Je to endokrinní žláza o velikosti hrášku (hmotnost ca. 0,5 g).
- Je uložena pod hypotalamem na spodině mozku, chráněná kostěným obalem v klínové kosti, tzv. tureckým sedlem (*diaphragma sellae*).
- Funkčně je spojena s hypotalamem.

## Její části:

- **přední lalok – adenohypofýza**
- **zadní lalok – neurohypofýza**



**Adenohypofýza** syntetizuje a vylučuje do krve důležité hormony jako: ACTH, TSH, PRL, endorfiny, GH, FSH a LH.

**Neurohypofýza** vylučuje:

- oxytocin
- ADH (antidiuretický hormon)

Oxytocin je jeden z mála hormonů, které vytvářejí pozitivní zpětnou vazbu (stahy dělohy vyvolají uvolnění oxytocinu z neurohypofýzy, který opět zvyšuje stahy dělohy. Tato pozitivní zpětná vazba se významně uplatňuje při porodu.

## Hormony štítné žlázy

### řídí některé z následujících procesů:

- **růst**
- **krevní tlak**
- **některé fáze těhotenství a narození dítěte včetně stimulace kontrakcí dělohy během porodu**
- **tvorbu mateřského mléka**
- **funkci pohlavních orgánů jak u mužů tak u žen**
- **funkci štítné žlázy**
- **metabolismus – přeměnu potravy na energii**
- **regulaci množství vody v organismu**

# Gyrus dentatus

- Je součástí hipokampové formace.
- Podílí se na ukládání nových vjemů do paměti.
- Hraje roli při depresích.



- **Gyrus dentatus je jedna z mála oblastí mozku, v níž i v dospělosti dochází k neurogenesi – tvorbě nových neuronů.**
- Neurogenezi je přisuzován podíl na tvorbě nových vzpomínek, které přednostně používají nově vzniklé buňky g. d.
- **Díky tomuto mechanismu může člověk rozlišit situace, kdy se opakovaně vrací na stejné místo.**
- Gyrus dentatus tedy může být podstatný pro rozlišení zvláštností, které činí dané místo jedinečným.

- Poškození *gyrus dentatus* může hrát roli v jevu zvaném dejà vu.
- **Neurogeneze v *gyrus dentatus* se zřejmě výrazně podílí na ovlivňování symptomů stresu a deprese.**
- Některé studie prokazují, že neurogeneze v *gyrus dentatus* se zvyšuje jako důsledek tělesných aktivit v aerobním pásmu.

# **Entorinální kůra** **(*cortex entorrhinalis*)**

**Entorinální kůra tvoří hlavní vstup do hipokampu a je odpovědná za prvotní zpracování vstupního signálu.**

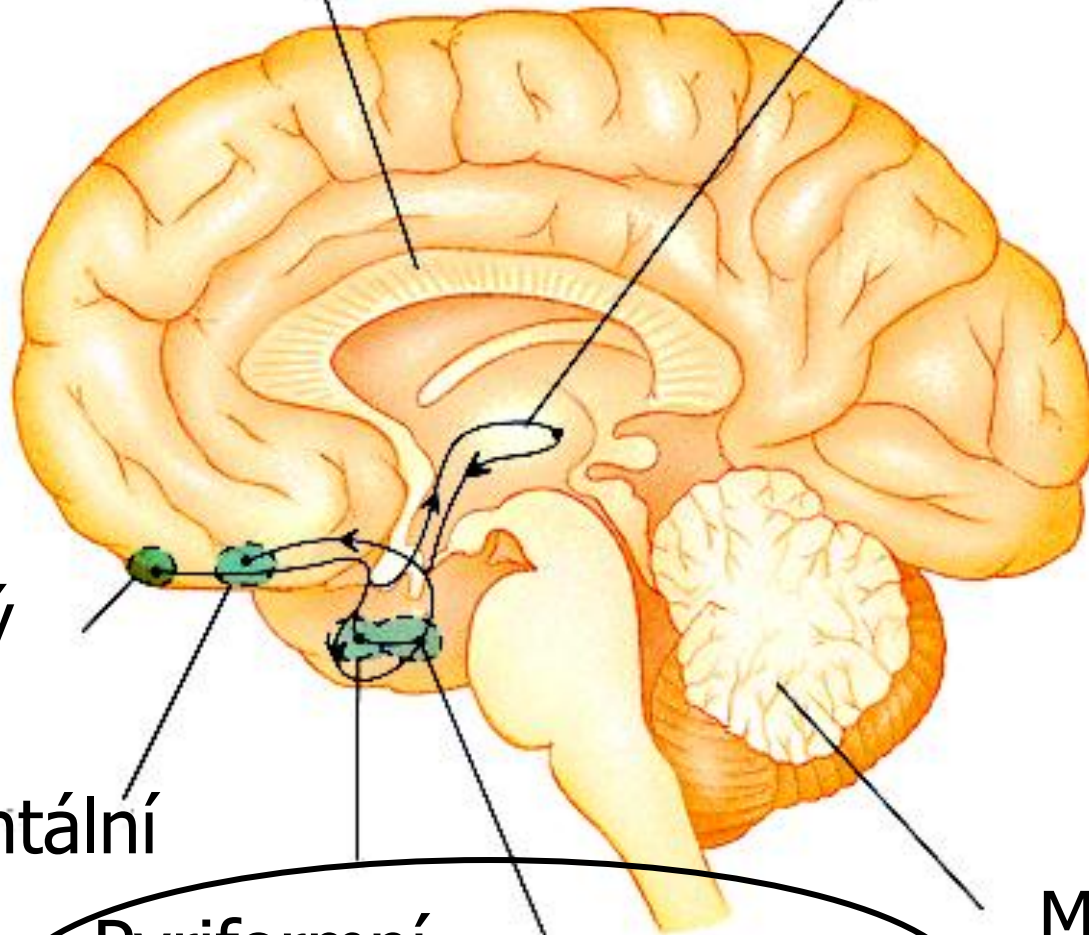
- Systém EK-hipokampus hraje důležitou úlohu při vstřebávání zážitků a k paměťové optimalizaci ve spánku.
- Entorinální kůra je jednou z prvních oblastí, která bývá postižena při Alzheimerově chorobě; jeden z prvních příznaků je zhoršený smysl pro orientaci.
- V roce 2005 byl učiněn objev, že EK obsahuje síť neuronů – mapu pro představu prostoru.

# **Piriformní kůra** **(*cortex piriformis*)**

- **Je součástí rhinencephala – čichového mozku, který je uložen v telencefalonu – koncovém mozku.**
- **Funkce piriformní kůry je přisuzována vnímání vůní – čichu.**

Kalózní těleso

Thalamus



Čichový  
lalok

Orbitofrontální  
kůra

Pyriformní  
kůra

Entorhinální  
kůra

Mozeček

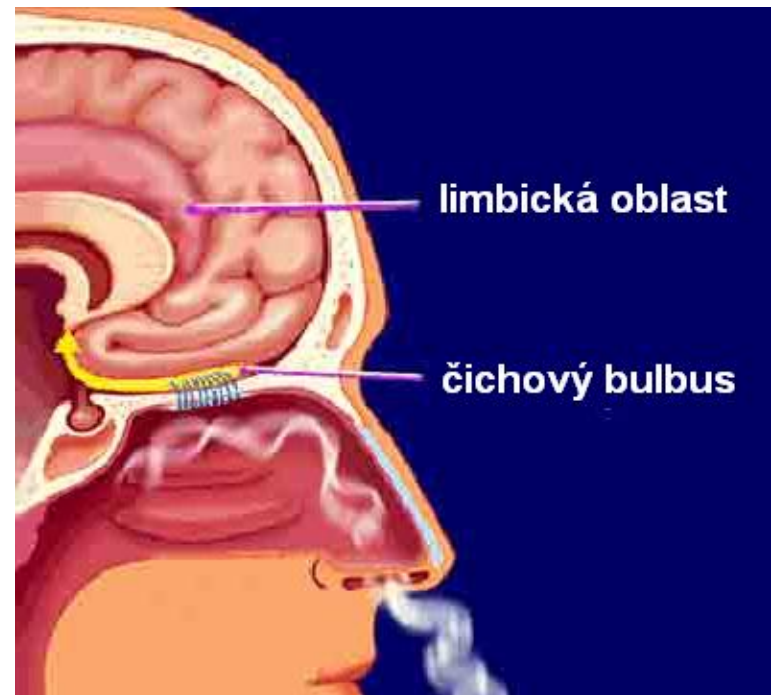
# Gyrus fornicis

- Je to závit mozkové kůry, který je uložený na středním povrchu mozku umístěným hned vedle corpus callosum.
- Někdy je považován za samostatný mozkový lalok.

# Čichový lalok (*bulbus olfactorius*)

- Čichový bulbus přijímá přímé vstupy z čichových nervů. Ty jsou složeny z axonů vedoucích z ca. deseti miliónů čichových receptorových buněk čichové sliznice nosní dutiny.
- Axony mitrálních buněk vedou z o. b. do amygdaly a hypotalamu, kde ovlivňují agresivitu nebo naopak potřebu sociálních kontaktů.
- Čichový lalok má pouze jeden vstup – svazek axonů z čichové sliznice, a jeden výstup – mitrální axony.

Struktura v mozku obratlovců podílející se na vnímání vůní – čichu; tvoří **nejpřednější část mozku.**



## Další podstatné funkce čichového laloku

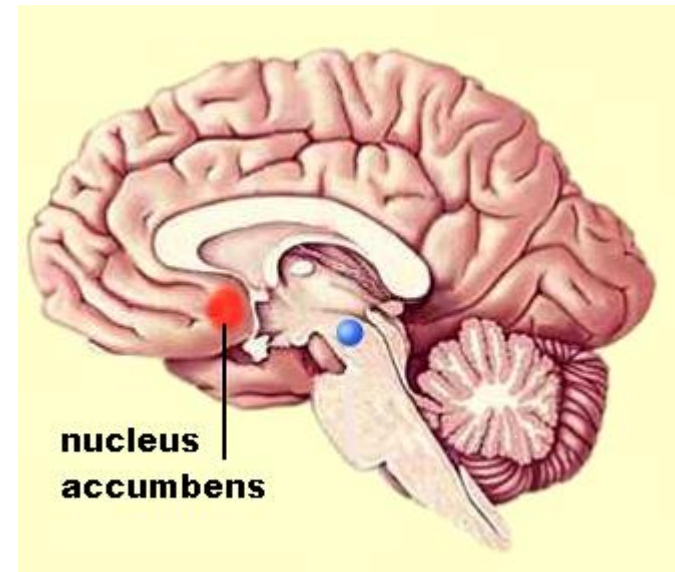
- **Zajišťuje schopnost rozlišovat pachy.**
- **Zajišťuje citlivost při vnímání pachů.**
- **Filtruje mnoho pachových stop z pozadí a posiluje přenos pouze několika vybraných pachů.**
- **Umožňuje vyšším strukturám mozku podílet se na aktivitě a vybuzení organismu, které je vyvoláno zjištěním a identifikací pachů.**



# Nucleus accumbens

Soubor neuronů  
v přední části  
mozku.

- Má se za to, že hraje důležitou roli v procesu odměňování, emoci smíchu, potěšení, závislostí, strachu a placebo efektu.
- Neurotransmitter produkovaný těmito neurony je GABA – gamma-aminobutyric acid.
- V emocionálních procesech, na kterých se podílí *nucleus accumbens*, hrají zásadní roli metabolické dráhy dopaminu.

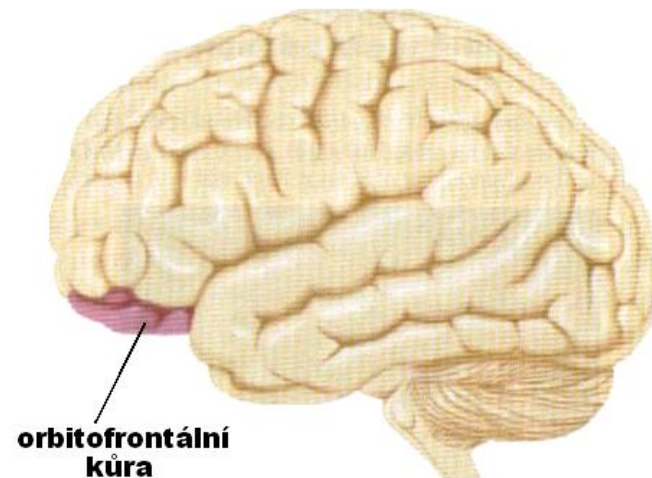


- Nucleus accumbens je cílovým místem vysoce návykových drog, jako je kokain nebo amfetamin, které způsobují mnohonásobné zvýšení hladiny dopaminu v této mozkové struktuře.
- Také téměř každá „rekreační“ droga zvyšuje množství dopaminu v *nucleus accumbens*.
- Tradičně je tato mozková struktura studována v souvislosti se závislostmi. Stejnou úlohu hraje ale také ve zpracování řady „odměn“ – jako je příjem potravy nebo sex.
- Současná studie ukazuje, že *nucleus accumbens* se též podílí na řízení emocí vyvolaných hudbou.
- V roce 2007 bylo publikováno, že *nucleus accumbens* je odpovědný za spuštění placebo efektu.

# Orbitofrontální kůra (OFC)

- Protože funkcí OFC je tvorba některých emocí a odměňování, je OFC považována za část limbického systému.
- OFC se podílí též na procesu očekávání.
- Lidská OFC je považována za orgán, který reguluje plánování a je spojený s citlivostí na procesy odměňování a trestu.

**Oblast asociační kůry v lidském mozku zahrnutá v poznávacích procesech, jako například v činění rozhodnutí.**

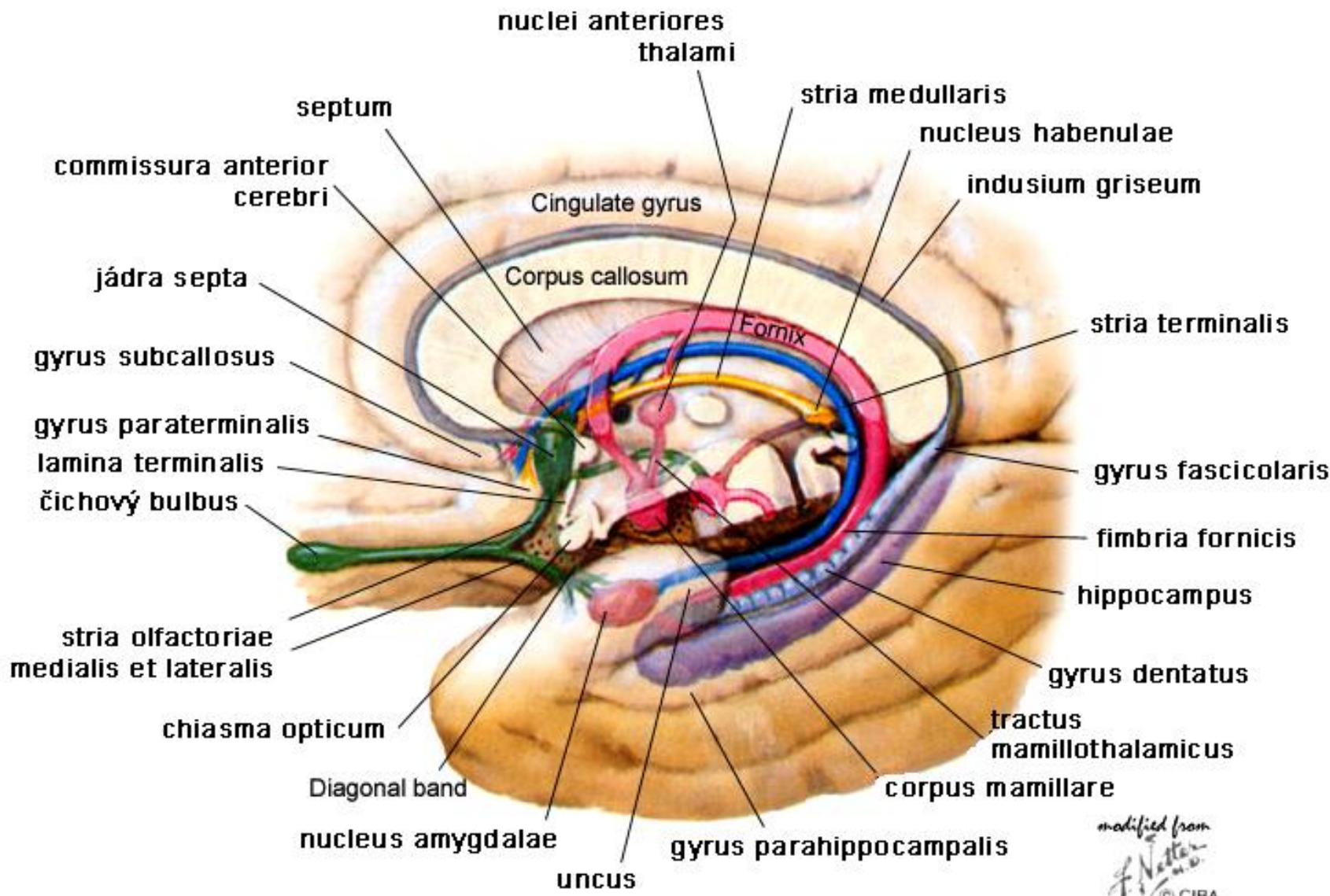


Má se za to, že OFC hraje úlohu při zprostředkování osobních hédonistických zážitků.

## **Poškození OFC vede u člověka k následujícím poruchám v chování:**

- nadávky, klení a urážky ve zvýšené míře
- hypersexualita
- špatný sociální kontakt
- vášnivý sklon ke gamblerství a hráčství všeho druhu
- nadměrné požívání alkoholu, drog a kouření cigaret
- nízká schopnost empatie

Pacienti s poškozenou OFC mají sklon ke zbrklému rozhodování a je pro ně typické, že neumí zacházet se svými financemi.



modified from  
*F. Netter M.D.*  
 © CIBA