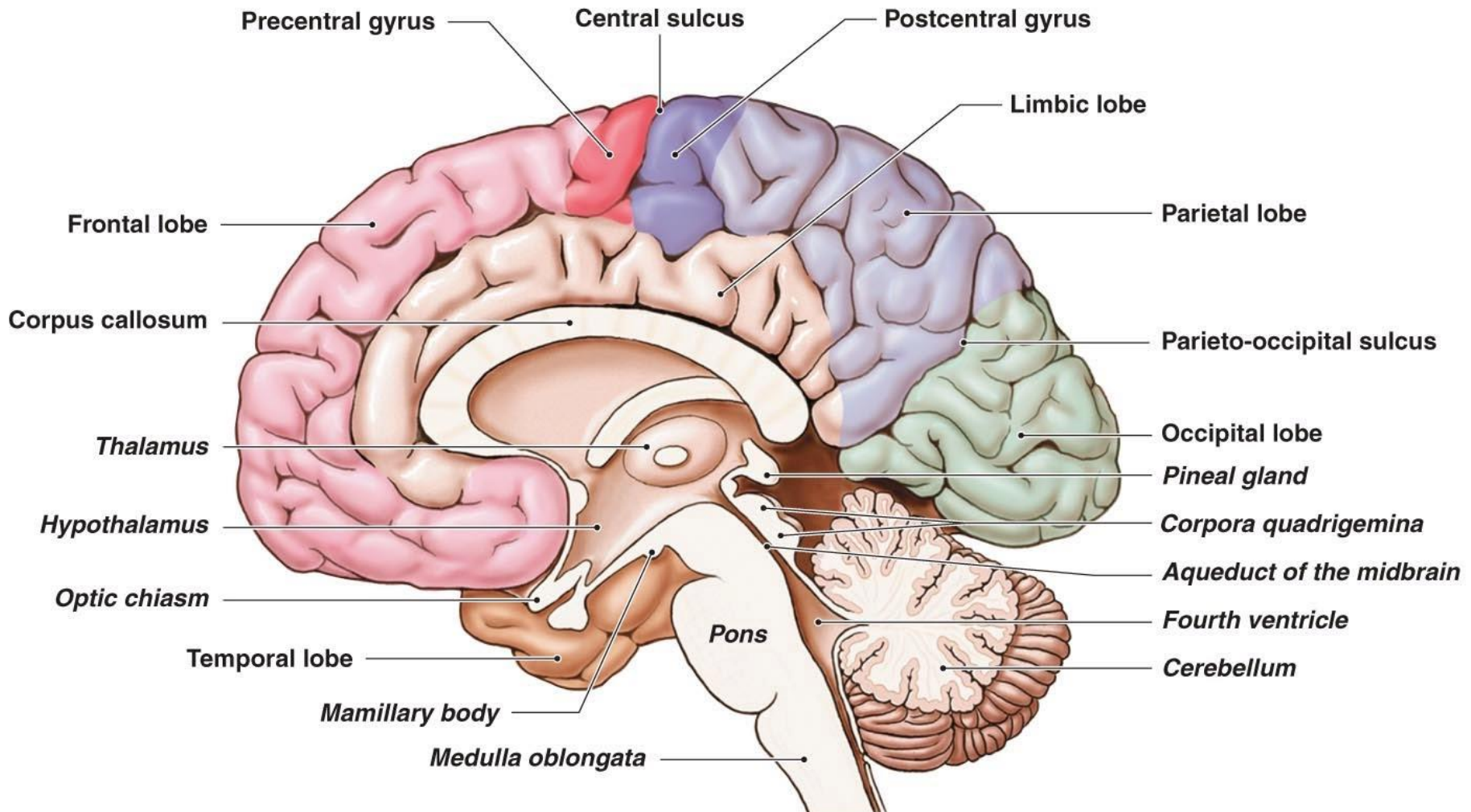


# Hypothalamo-hypofyzární systém



# Hypothalamo-hypofyzární systém

A midsagittal view showing the inner boundaries of the lobes of the cerebral cortex  
(Structures outside of the cerebrum are labeled in italics.)



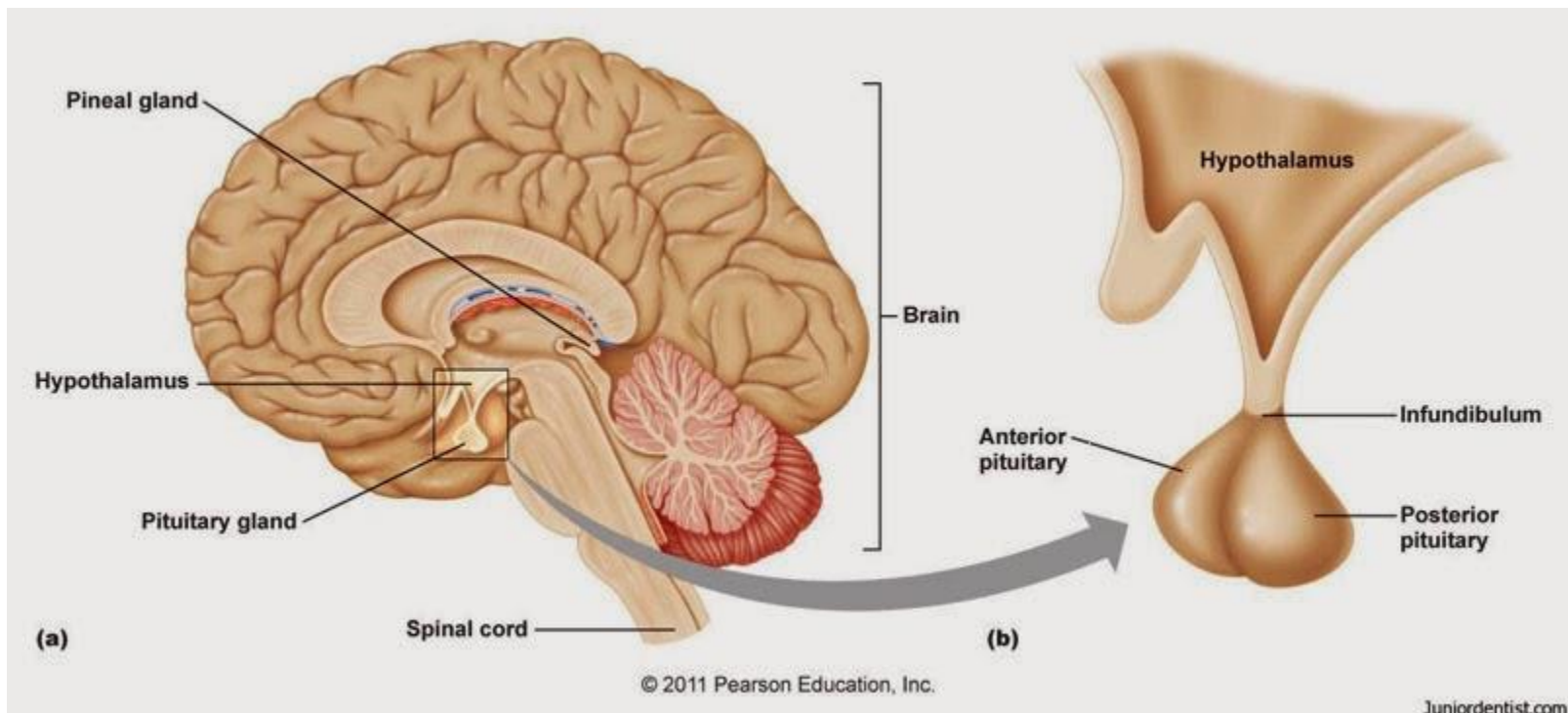
# Hypothalamo-hypofyzární systém

**Hypothalamus**

**Hypofýza (pituitary gland, podvěsek mozkový)**

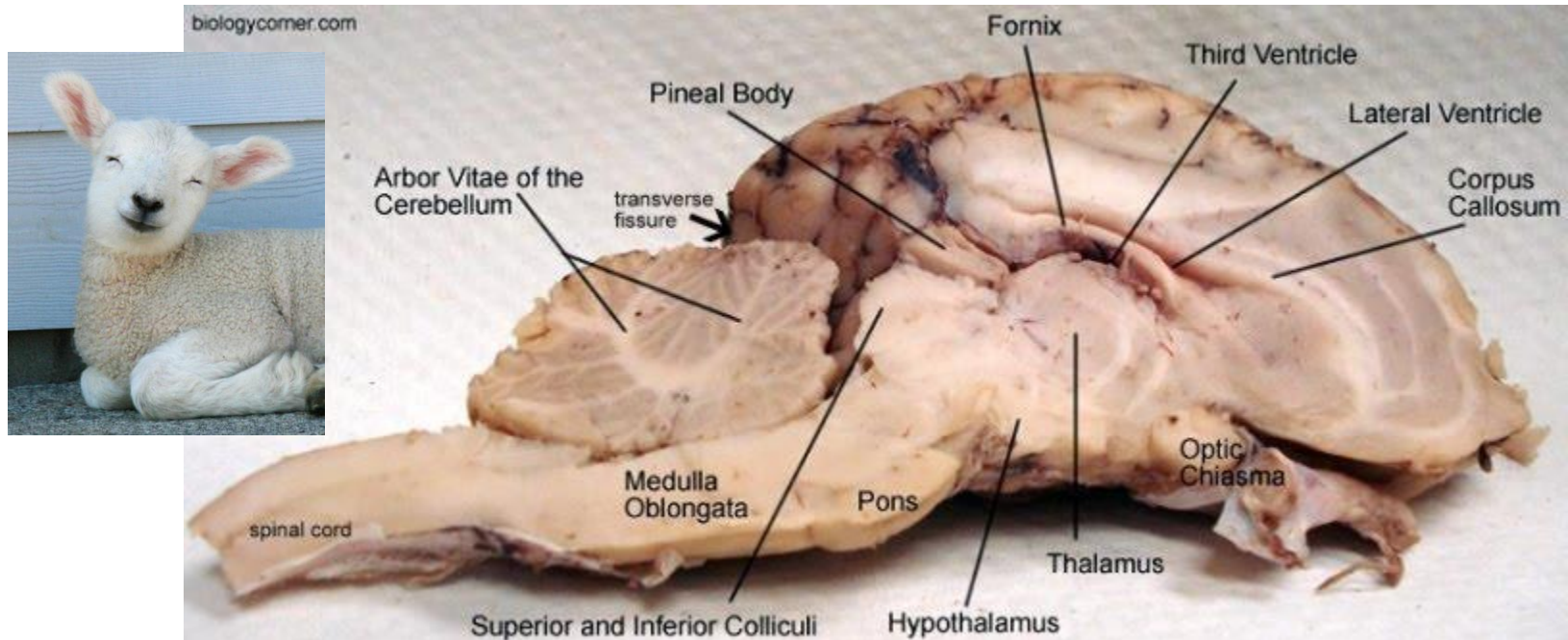
↙ adenohipofýza  
↘ neurohipofýza

**Epifýza (pineal gland, šišinka)**



# Hypothalamus

- u všech obratlovců, člověk – cca 4 cm<sup>3</sup> v mezimozku kolem III. komory
- infundibulum se zavěšenou hypofýzou
- součást limbického systému
- jádra v periventrikulární, mediální (nucleus supraopticus a paraventricularis) a laterální oblasti
- regulace tělesné teploty, příjmu potravy a tekutin (hlad a žízeň), reprodukce, emocí, cirkadiálních rytmů, řídí autonomní nervový systém, zajišťuje **spojení nervového systému s endokrinním**

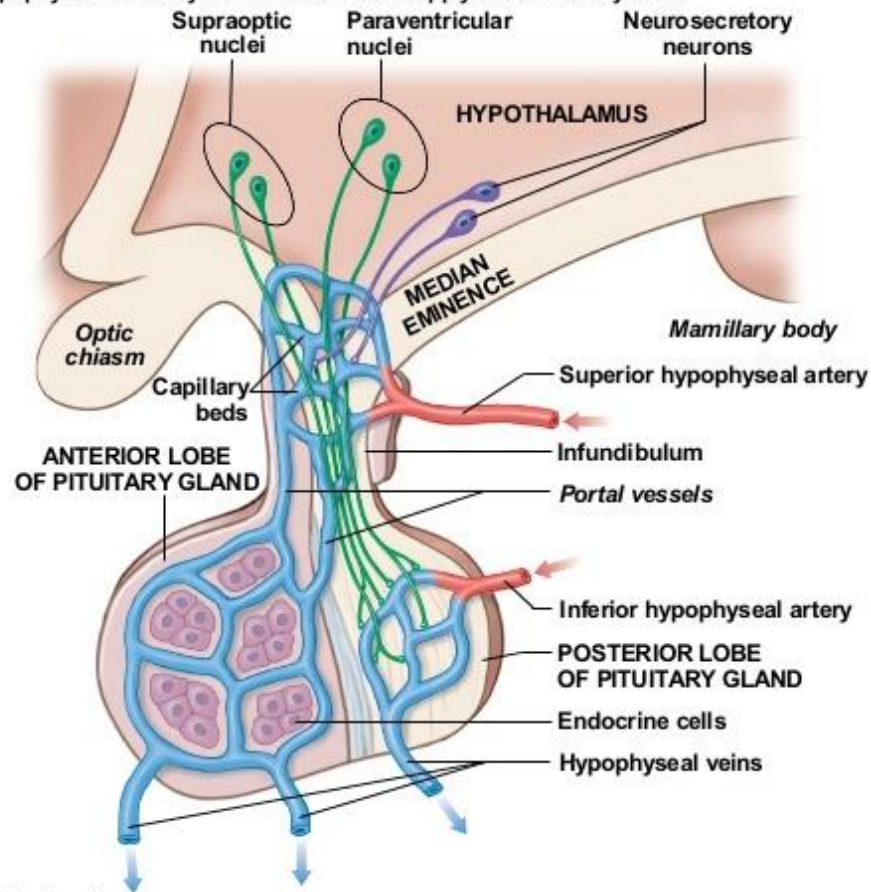




# Endokrinní funkce hypothalamu

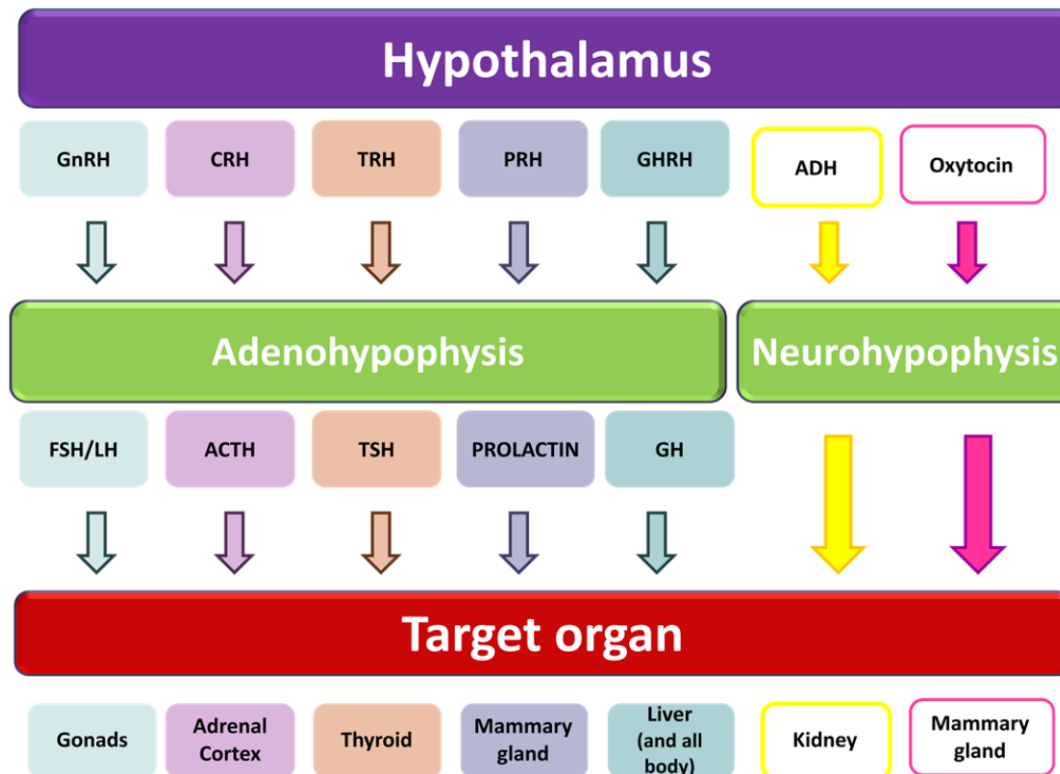
- jádra hypothalamu > axonální transport > median eminence a přestup do portálního systému (releasing faktory, vazopresin, oxytocin, neurotensin) > adenohypofýza a další orgány
- axonální transport do neurohypofýzy > uskladnění a uvolnění do krve

Figure 18-7 The Hypophyseal Portal System and the Blood Supply to the Pituitary Gland



# Hypothalamus – liberiny a statiny

- **liberiny** (uvolňující/releasing faktory) – tyroliberin / thyrotropin-releasing hormone (TRH), kortikoliberin (CRH), gonadoliberin (GnRH; luliberin LHRH a folikuly stimulující hormon releasing hormon FSH RH), prolaktoliberin (PRH), melanoliberin (MRH), somatoliberin (GHRH)
- **statiny** – somatostatin, folistatin, kortistatin (peptid i steroidní hormony)
- **dopamin** (catecholamin sloužící jako prolaktostatin)



# Liberiný a statiny: syntéza

- paraventirukulární jádra hypothalamu (GnHR - preoptické, GHRH a dopamin - obloukovité)

**TRH:** preprohormon tvořen 242 AMK s 6 kopiemi -Gln-His-Pro-Gly- (pro-TRH jako zásobní forma) > karboxypeptidázy, proteázy a další enzymy > tripeptid TRH (pyroGlu-His-Pro-NH<sub>2</sub>) > median eminence > hypofyzální portální systém > tyrotropní buňky v adenohypofýze

**GnRH:** preprohormon tvořen 92 AMK (prekurzor i prolaktin inhibujícího hormonu) > dekaeptid (pyroGlu-His-Trp-Ser-Tyr-Gly-Leu-Arg-Pro-Gly-NH<sub>2</sub>)

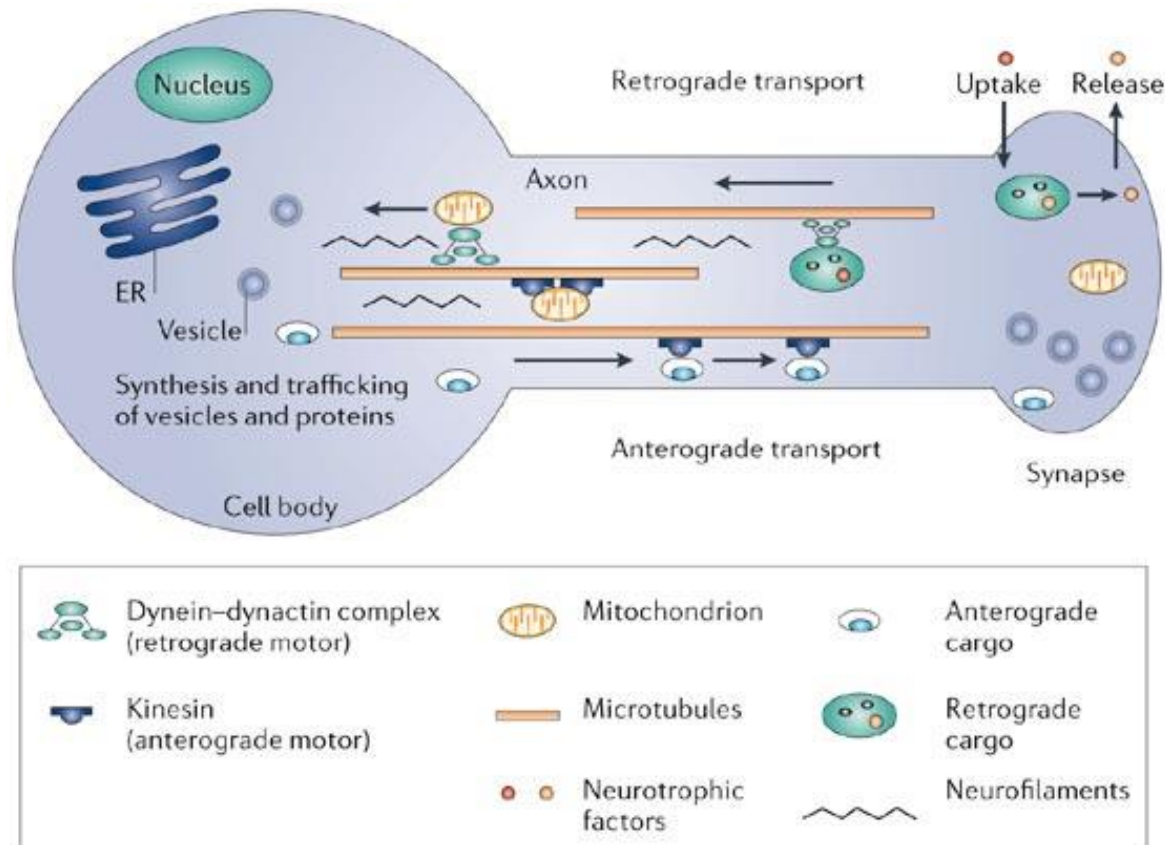
**CRH:** preprohormon 196 AMK > hormon 41 AMK

**GHRH:** 41 AMK; uvolňován v pulzech (střídáno sekrecí GHIH/SIH)

**GHIH:** alternativní sestřih preprohormonu na aktivní formy se 14 AMK (hypothalamus a endokrinní pankreas) nebo 28 AMK (GI trakt)

# Liberiny a statiny: axonální transport

- anterográdní axonální transport (kineziny)
- do krve přechází v median eminence





# Liberiny a statiny: působení a funkce

- předání signálu cílové buňce se může uskutečňovat u jednoho hormonu více mechanismy, ale většinou je jeden hlavní

## **GnRH, TRH:**

- vazba na receptory spřažené s G proteiny > aktivace **IP<sub>3</sub>/DAG** dráhy > zvýšení intracelulární koncentrace Ca<sup>2+</sup> > aktivace kináz a buněčná odpověď

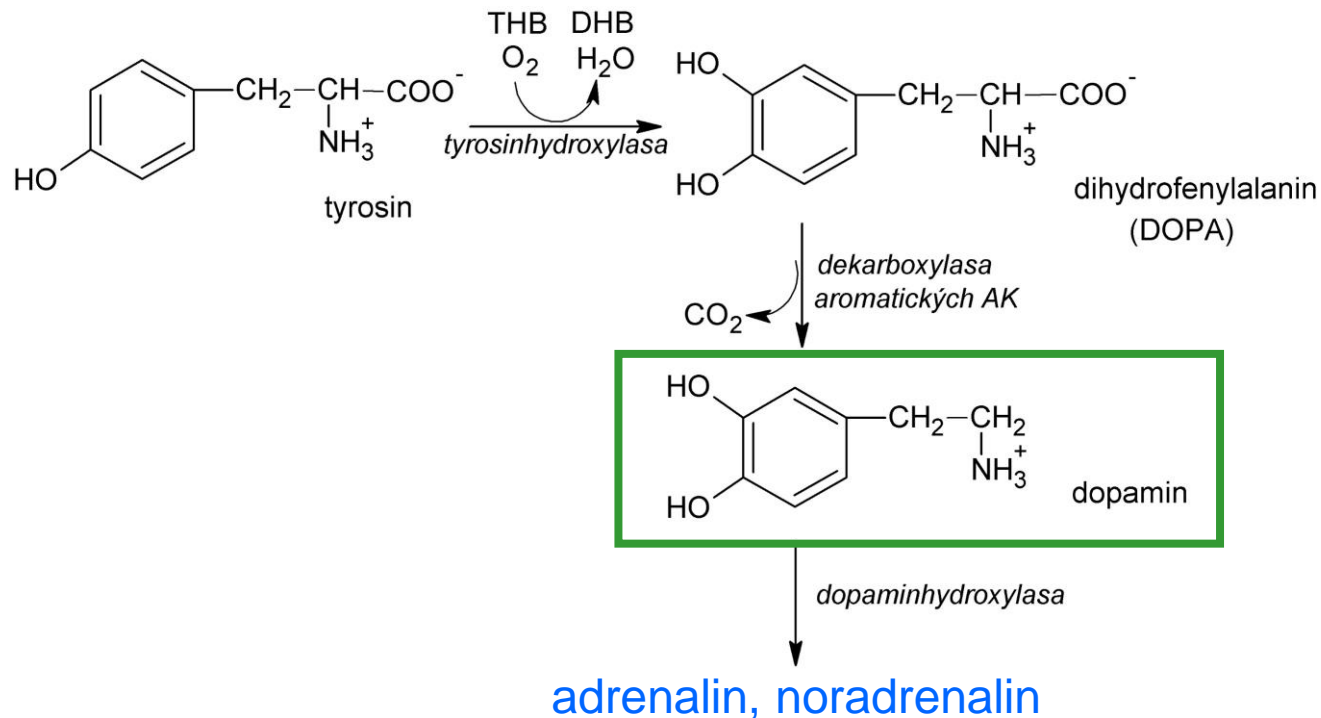
## **GHRH, GHIH:**

- vazba na receptory spřažené s G proteiny > aktivace PLC > **cAMP** (méně přes IP<sub>3</sub>/DAG a další dráhy) > zvýšení intracelulární koncentrace Ca<sup>2+</sup> > aktivace kináz a buněčná odpověď

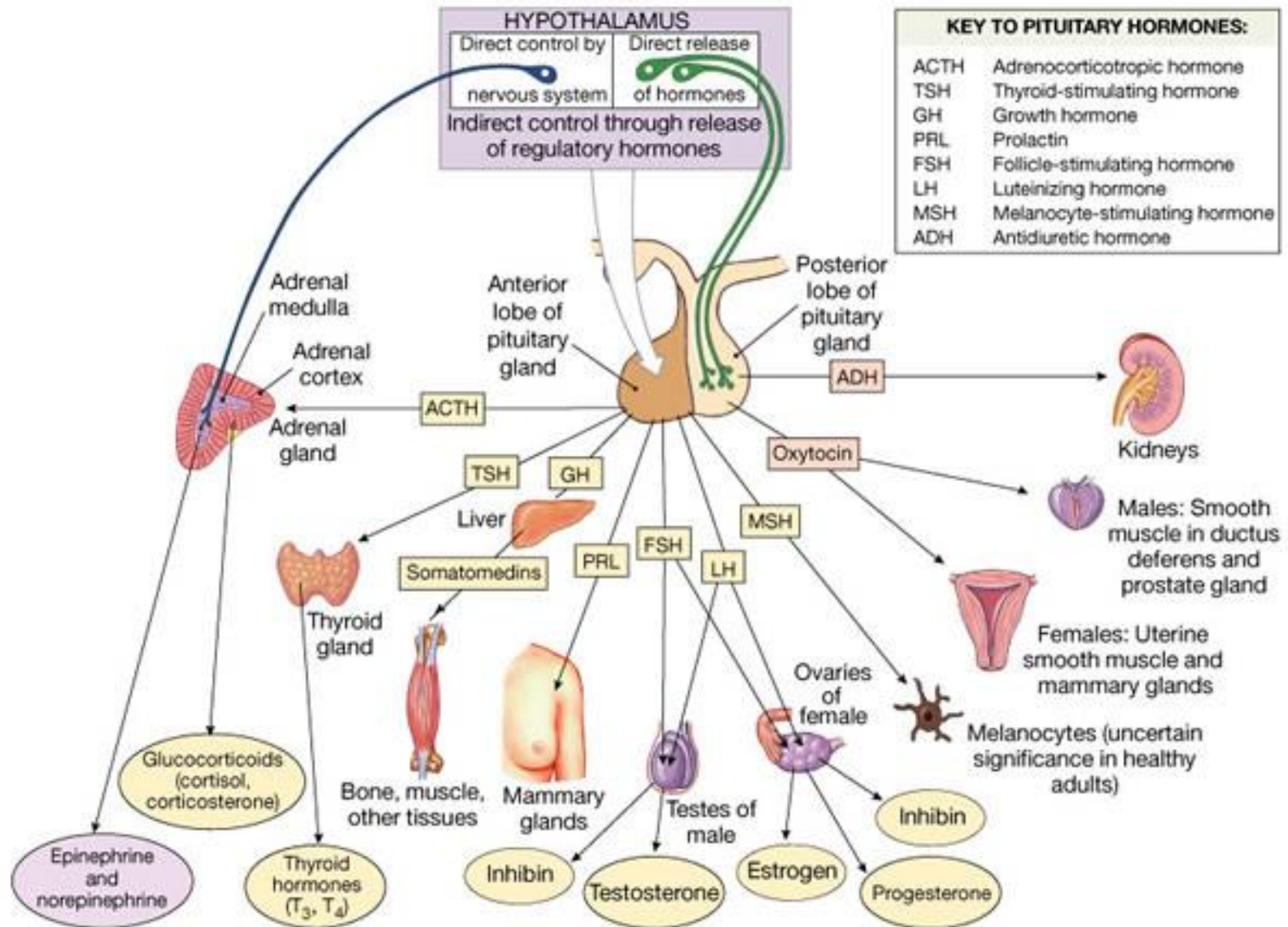
**Stimulačně nebo inhibičně působí na buňky v adenohipofýze produkující tropní hormony, které negativně zpětnovazebně regulují produkci hormonů hypothalamu.**

# Dopamin (DA, PIH)

- syntéza v neuronech obloukovitého (arcuate) jádra hypothalamu a v malém množství v nadledvinách
- katecholamin, **derivát tyrozinu**
- vazba na dopaminové receptory a zvýšení intracelulární koncentrace cAMP
- funguje jako neurotransmiter i neurohormon, který inhibuje uvolňování prolaktinu z adenohipofýzy

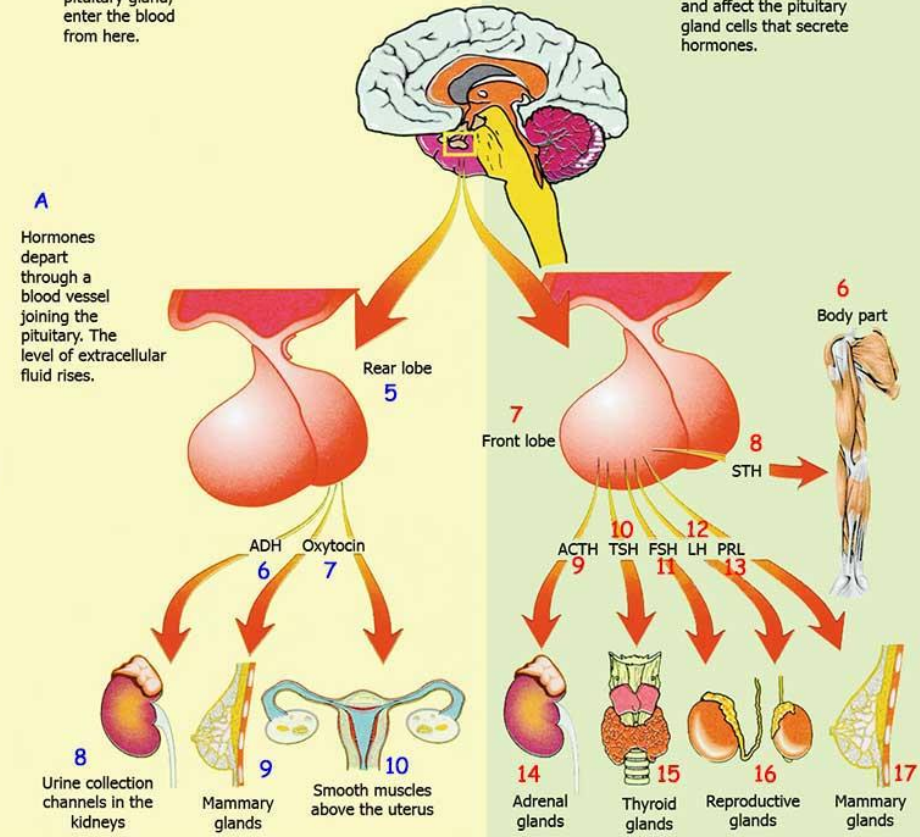
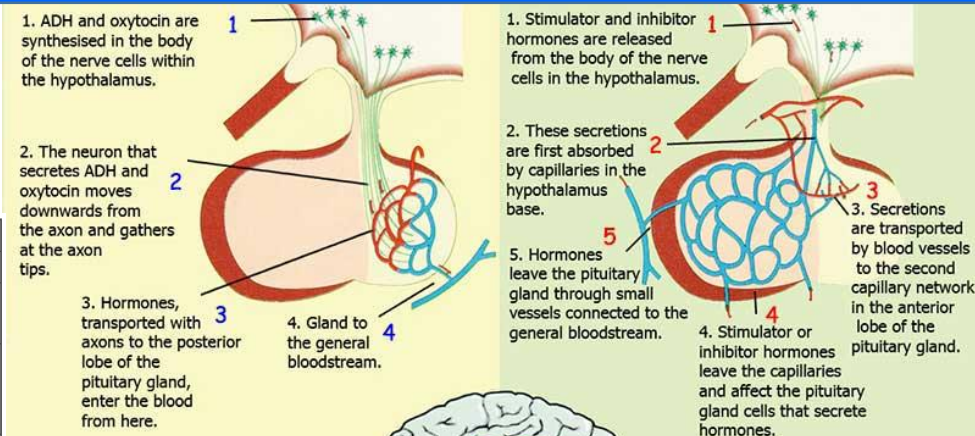


# Hypofýza



# Adenohypofýza (anterior pituitary)

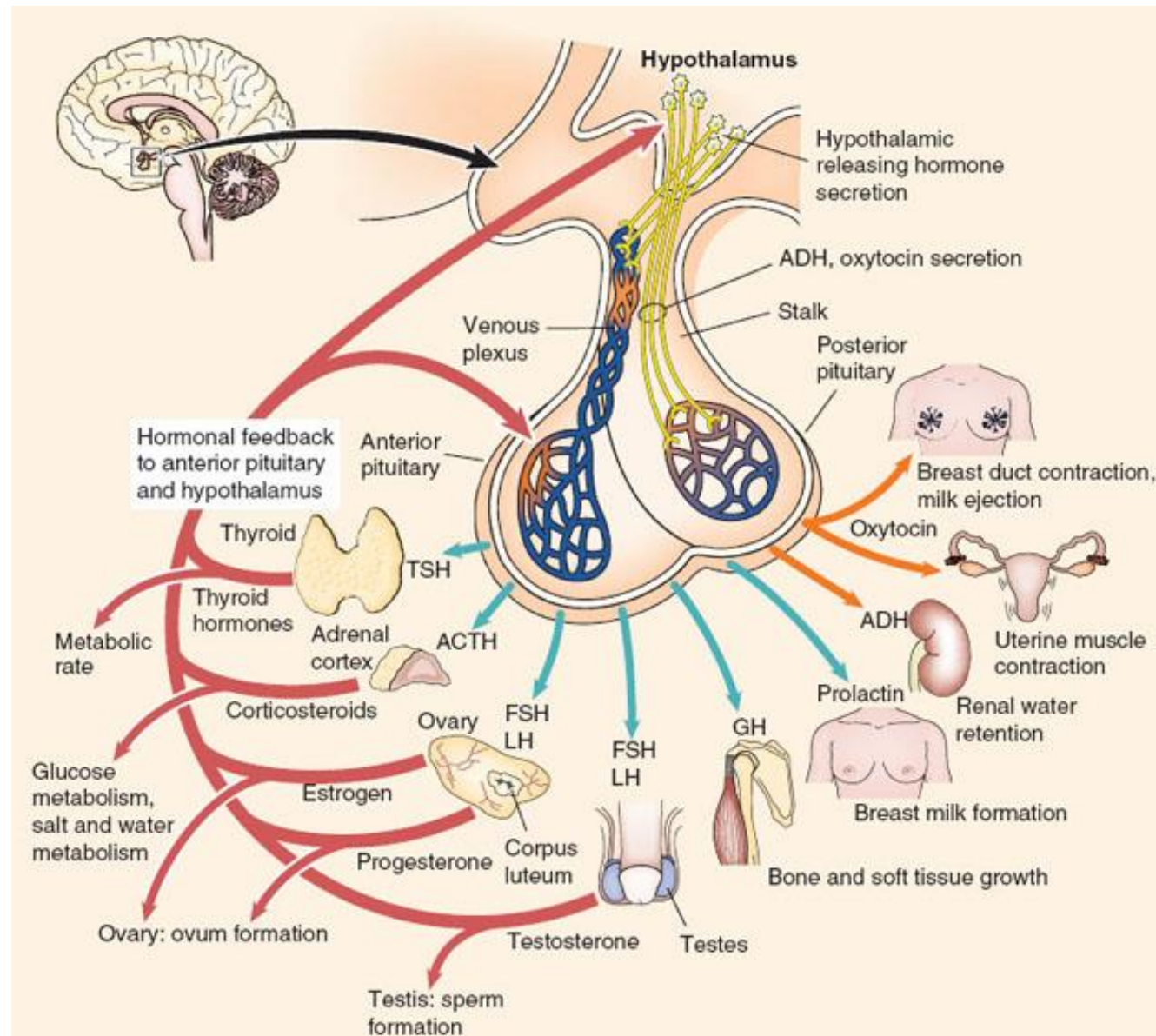
Hormone	Actions
<b>Anterior Pituitary (adenohypophysis)</b>	
Growth hormone (GH, GRH, somatotropin, STH)	Promotes body growth; other metabolic effects
Adrenocorticotrophic hormone (ACTH, corticotropin) – <i>trophic hormone</i>	Promotes secretion of cortisol and related glucocorticoids from the adrenal cortex
Thyroid-stimulating hormone (TSH, thyrotropin) – <i>trophic hormone</i>	Promotes synthesis and release of thyroid hormones and thyroid hypertrophy
Luteinizing hormone (LH) (gonadotropin) – <i>sex hormone</i>	Females: promotes ovulation and luteinization of ovarian follicles Males: promotes testosterone secretion
Follicle-stimulating hormone (FSH) (gonadotropin) – <i>sex hormone</i>	Females: promotes ovarian follicle growth and maturation Males: promotes spermatogenesis
Prolactin (PRL)	Females: stimulates milk secretion
<b>Posterior Pituitary (neurohypophysis)</b>	
Antidiuretic hormone (ADH, Vasopressin)	Promotes water retention in the kidney
Oxytocin	Causes uterine contraction in pregnancy; promotes milk ejection





# Tropní hormony (tropiny): regulace

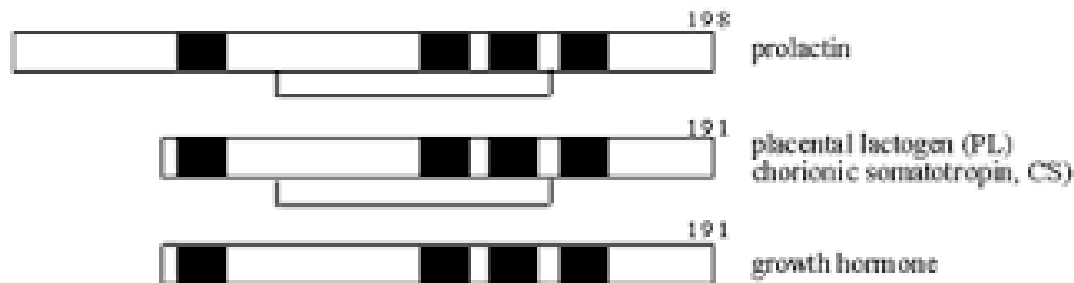
- počas rozpadu a degradace
- liberiny a statiny z hypothalamu
- negativní zpětná vazba (hormony produkované endokrinními žlázami pod kontrolou tropinů)





# Somatotropin (Growth hormone, GH): syntéza

- homolog prolaktinu a placentálního laktogenu (lidský choriový somatomammotropin)
- dva geny GH1/GH2 na chromozómu 17
- vysoká sekvenční identita genů spadajících do somatotropin-prolaktinové rodiny
- izoformy hormonů produkovány alternativním sestřihem
- jednořetězcový polypeptid (hlavní izoforma 191 AMK)
- vazba na růstový hormon vázající proteiny (**GHBP**) a receptory
- růstový (anabolický) a stresový hormon
- zvyšuje koncentraci glukózy a volných mastných kyselin v krvi, podporuje tvorbu IGF-1 v játrech



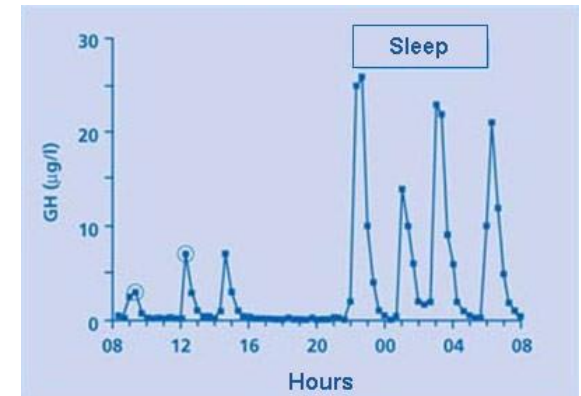
# Somatotropin (Growth hormone, GH): regulace

## Stimulace:

- GHRH z hypothalamu (poměr GHRH ku GHIH), ghrelin z GI traktu
- androgeny a estrogen
- tvorba stimulována nízkým GH titrem (primárně během dospívání)
- hypoglykemie (inhibice uvolňování GHIH), cvičení, spánek

## Inhibice:

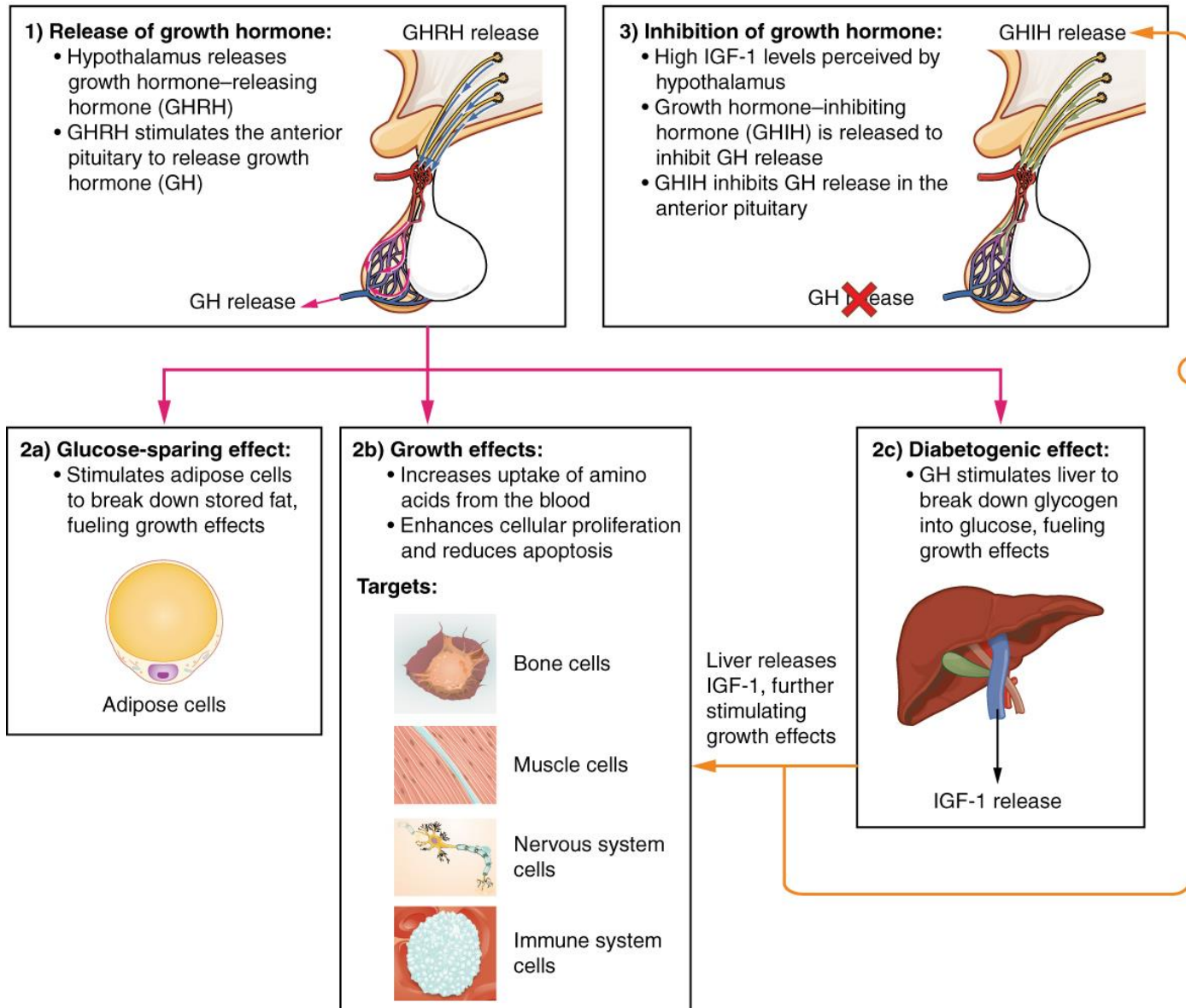
- somatostatin z hypothalamu a glukokortikoidy
- při vysokém titru GH a insulin-like growth faktoru I (IGF-1) = negativní zpětná vazba
- vysoká hladina volných mastných kyselin
- při hyperglykemii, obezitě a spánkové deprivaci



- během dne uvolňován v intervalech 3 až 5 hodin (5-45 ng/ml)
- nejvíce hodinu po usnutí

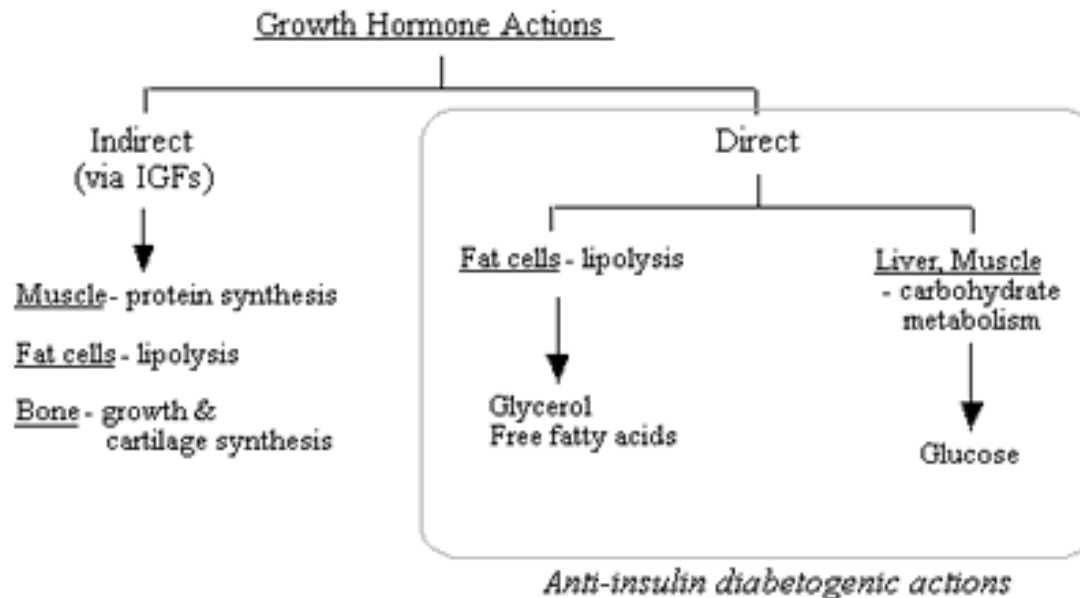
# Somatotropin (Growth hormone, GH): působení a funkce

- všechny tělní orgány
- především játra, kosti a svaly
- růst, buněčná proliferace (mitogen), regenerace



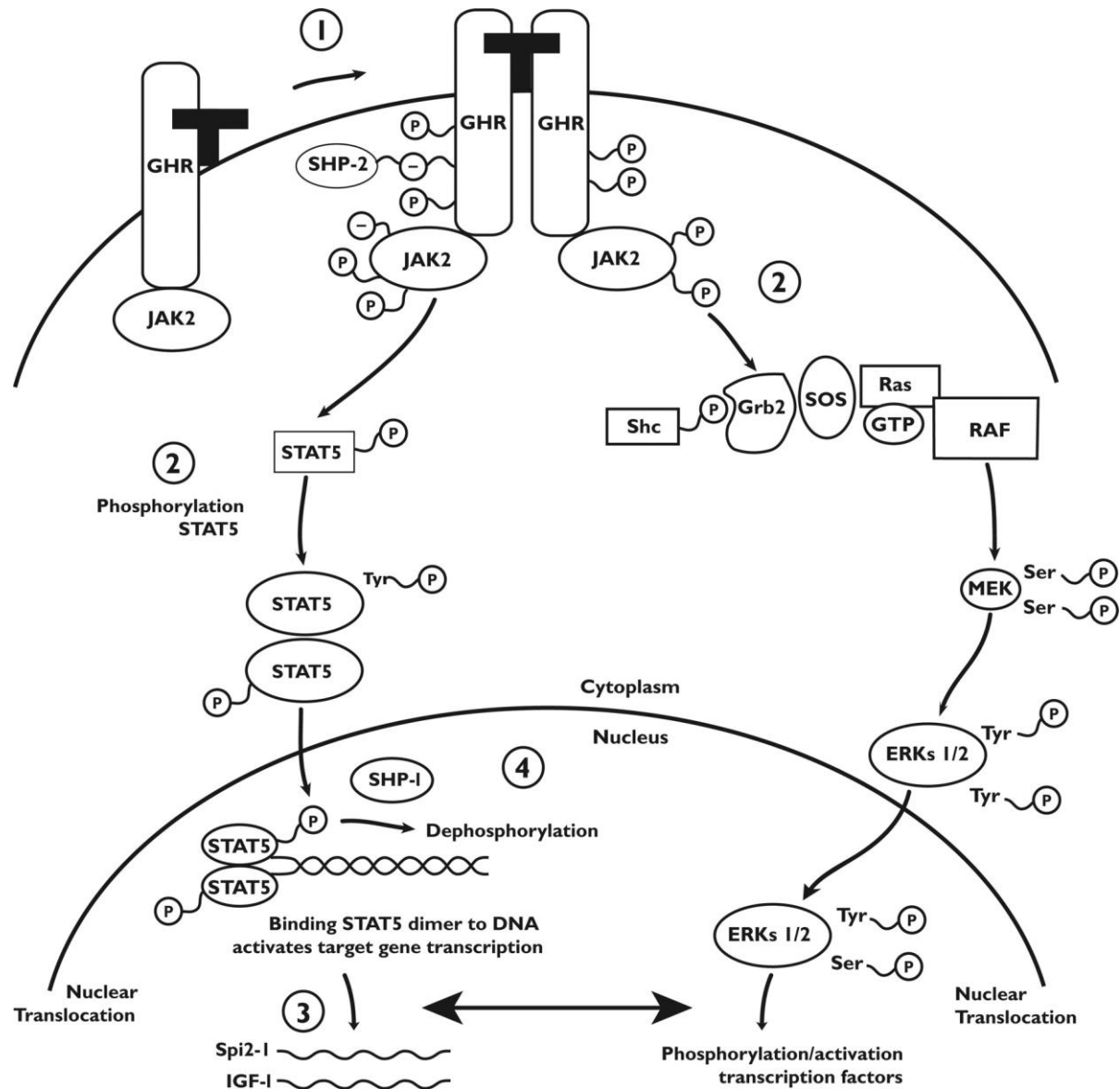
# Somatotropin (Growth hormone, GH): působení a funkce

- vazba na receptor v membráně (G protein) > dimerizace receptoru >
  - (1) aktivace MAPK/ERK dráhy > dělení chondrocytů v chrupavkách > růst do výšky
  - (2) aktivace JAK/STAT dráhy > produkce insulin-like růstového faktoru (**IGF-1**, somatomedin C – homolog proinzulinu) v játrech > stimulace růstu
- zvýšení lipolýzy, glukoneogeneze, proteosyntézy, stimulace imunitního systému, zadržování  $\text{Ca}^{2+}$  a mineralizace kostí, růst vnitřních orgánů a svalové hmoty a další



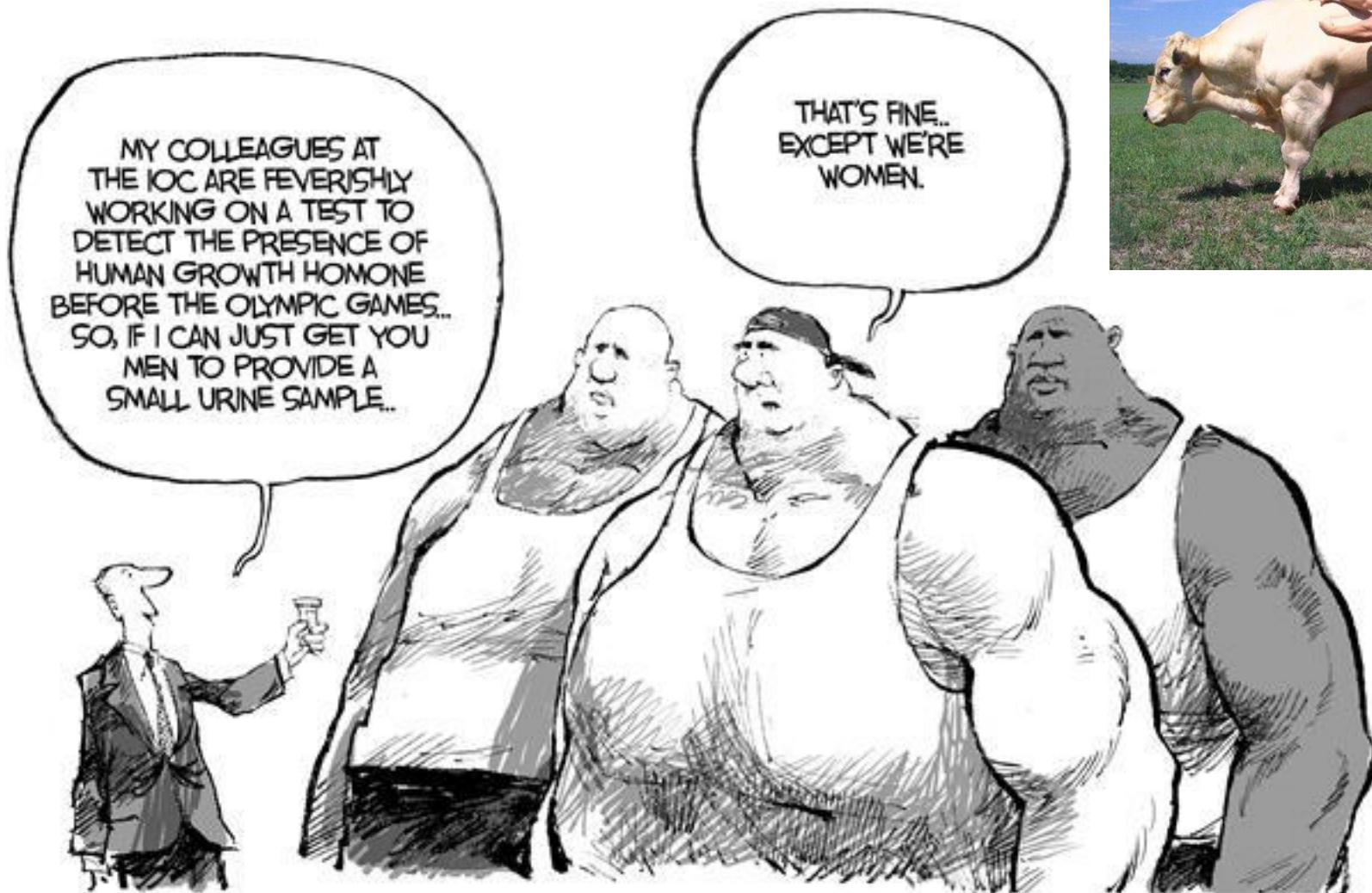
# Somatotropin (Growth hormone, GH): působení a funkce

- GH stimuluje fosforylaci STAT5 Janusovými kinázami (JAK2), který po dimerizaci a translokaci do jádra aktivuje transkripci IGF-1 a serin proteázového inhibitoru 2-1
- JAK2 aktivuje MAPK dráhu a fosforylaci ERK1 a 2, které jsou translokovány do jádra



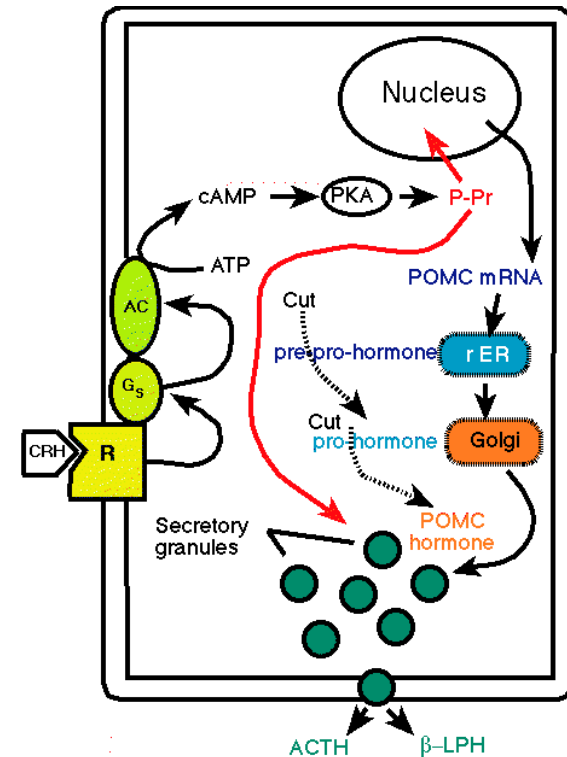
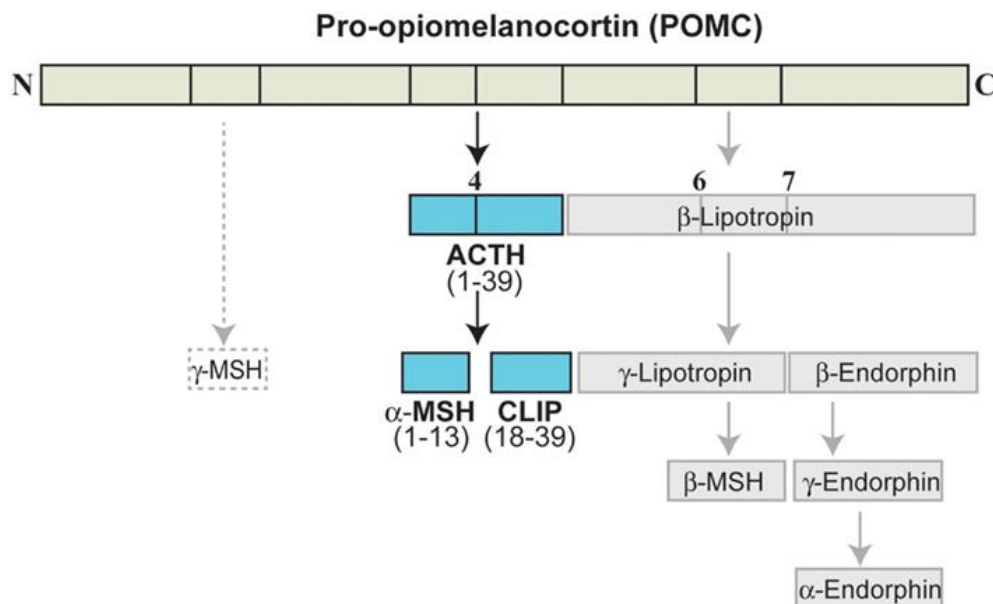


# Somatotropin (Growth hormone, GH): rekombinantní hGH



# Kortikotropin (Adrenocorticotrophic hormone, ACTH): syntéza

- pre-pro-opiomelanokortin (285 AMK) > proteolýza > pro-opiomelanokortin (POMC, 241 AMK) prekurzorem ACTH, melanotropinu (MSH),  $\beta$ -lipotropinu,  $\beta$ -endorfinu a dalších
- tkáňově specifické posttranslační zpracování POMC
- glykosylace, fosforylace, acetylace, **proteolýza** subtilisin-like enzymy (**prohormon konvertázy**; nejméně 8 štěpných míst)
- kortikotropní buňky adenohipofýzy > ACTH (39 AMK) a  $\beta$ -lipotropin (produkce melaninu)



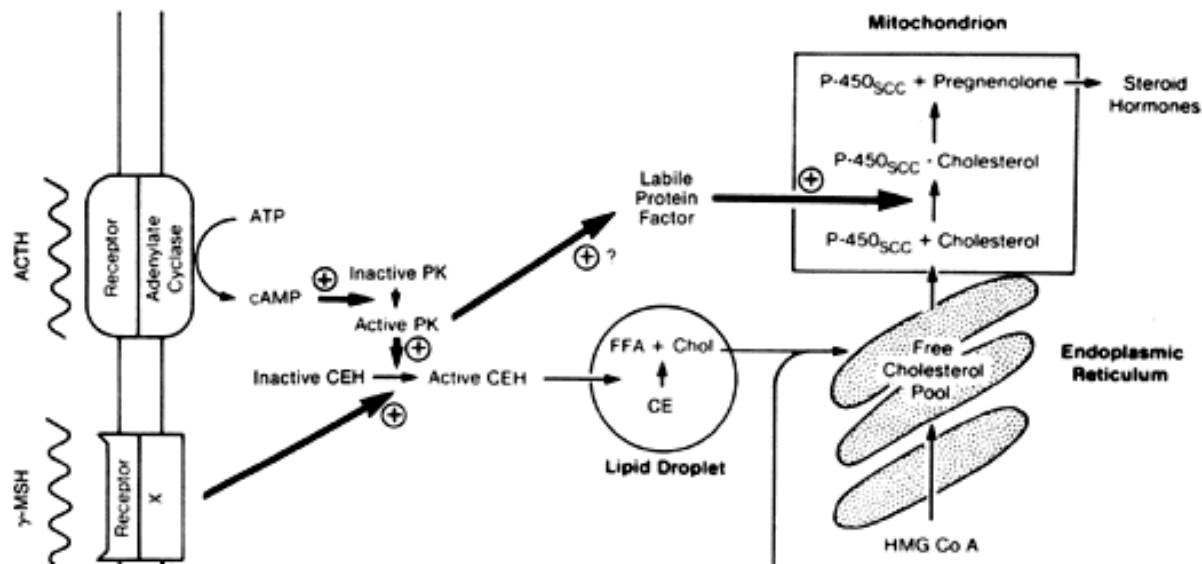
# Kortikotropin (Adrenocorticotropic hormone, ACTH): regulace a působení

- rychlá zpětnovazebná smyčka (glukokortikoidy tlumí sekreci CRH) – minuty
- pomalá zpětnovazebná smyčka (glukokortikoidy inhibují transkripci POMC genu a syntézu ACTH) – hodiny až dny
- poločas rozpadu v krvi cca 10 min
- G protein > **cAMP** > PKA

(1) rychlý efekt (minuty) – stimulace přesunu cholesterolu do mitochondrií (P450<sub>SCC</sub>) a vychytávání lipophorinu kortikálními buňkami

(2) pomalý efekt (hodiny) – stimulace transkripce steroidogenních enzymů (např. P450<sub>SCC</sub>) a mitochondriálních genů zapojených do oxidativní fosforylace

- ACTH produkován spolu s CRH v odpovědi na biologický stres



# Tyrotropin (Thyroid-stimulating hormone, TSH)

- glykoprotein (201 AMK; 26 kDa):

## **$\alpha$ podjednotka**

- 92 AMK
- podobná lidskému chorióvému gonádotropinu (hCG), folitropinu (FSH) a lutropinu (LH)
- stimulace adenylát cyklázy a tvorby **cAMP**

## **$\beta$ podjednotka**

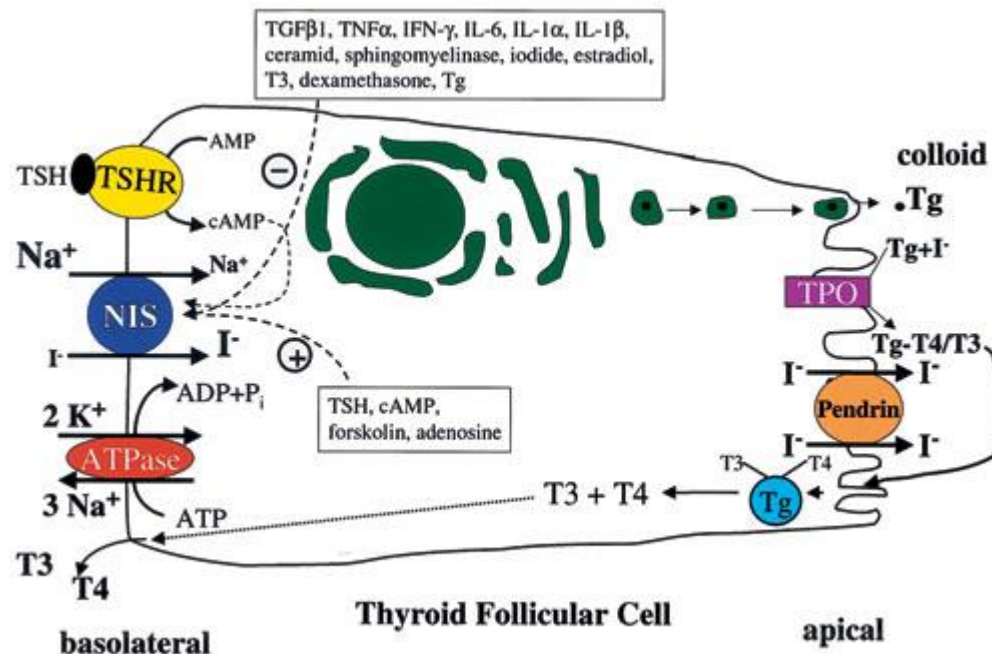
- 118 AMK
- jen u TSH > receptorová specifická

## **uhlovodíkové postranní řetězce**

- poločas rozpadu kolem jedné hodiny
- uvolňován pulzně a především v období prudkého růstu a vývoje
- receptor hlavně na folikulárních buňkách štítné žlázy
- zvyšuje prokrvení a látkovou výměnu štítné žlázy a stimuluje produkci tyroxinu a trijodtyroninu

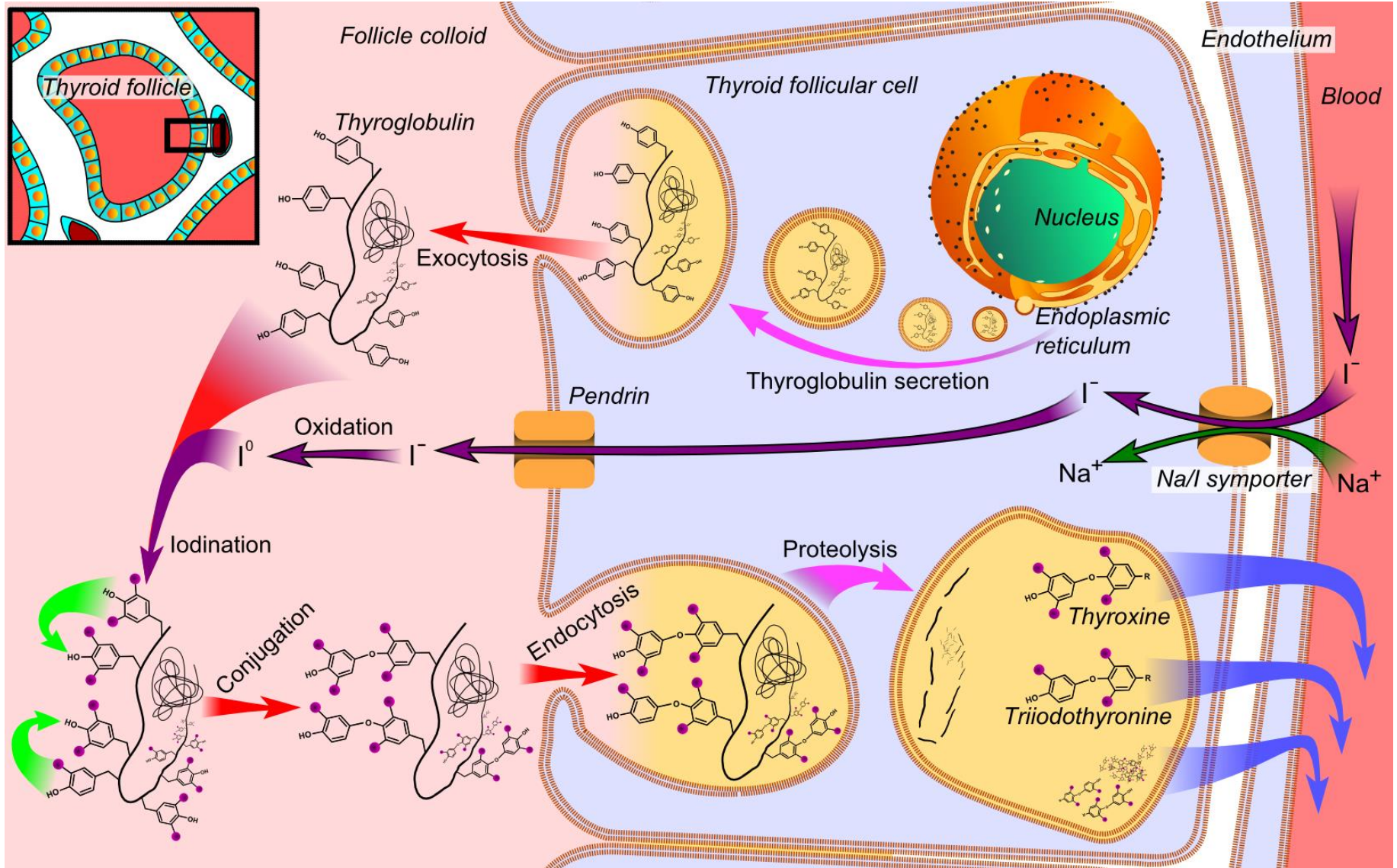
# Tyrotropin (Thyroid-stimulating hormone, TSH): působení

- zvyšuje jodidový transport do folikulárních buněk štítné žlázy (Na/K pumpa za spotřeby ATP vyčerpá  $\text{Na}^+$  ven z buňky a  $\text{I}^-$  s ním vchází zpět do buňky = sodíkojodidový synport)
- zvyšuje produkci a jodování tyroglobulinu
- zvyšuje endocytózu koloidu z lumen štítné žlázy do folikulárních buněk
- stimuluje proteolýzu jodovaného tyroglobulinu a uvolnění  $\text{T}_4$  a  $\text{T}_3$
- stimuluje sekreci  $\text{T}_4$  a  $\text{T}_3$  do krve



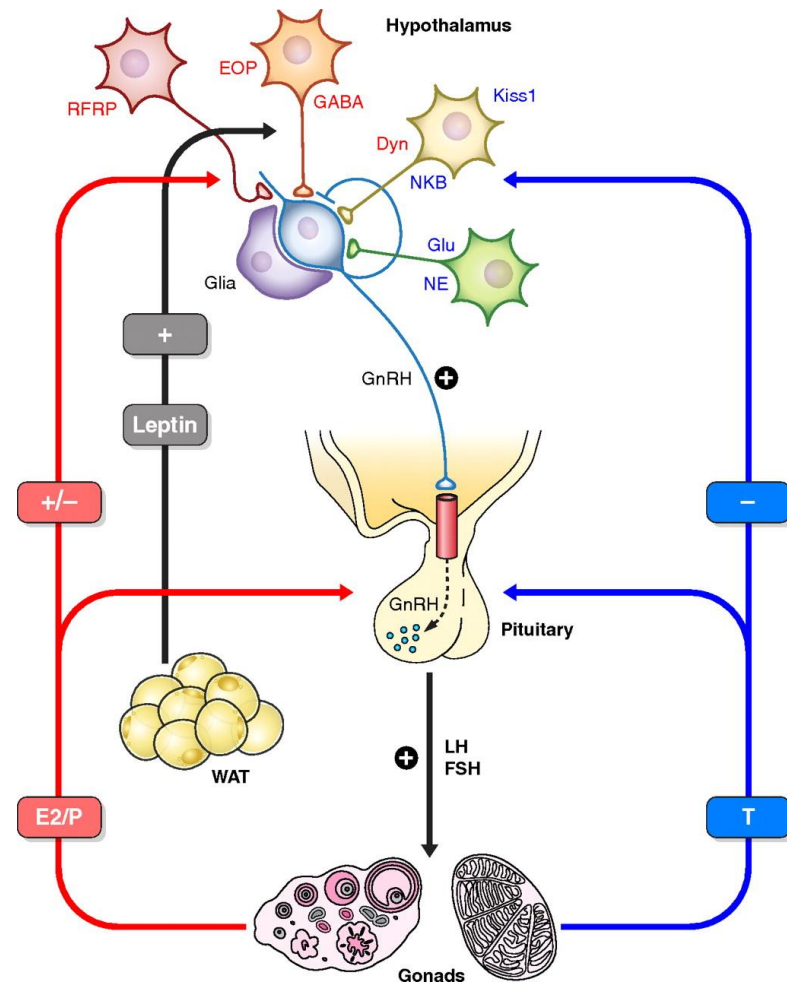


# Thyrotropin (Thyroid-stimulating hormone, TSH): působení



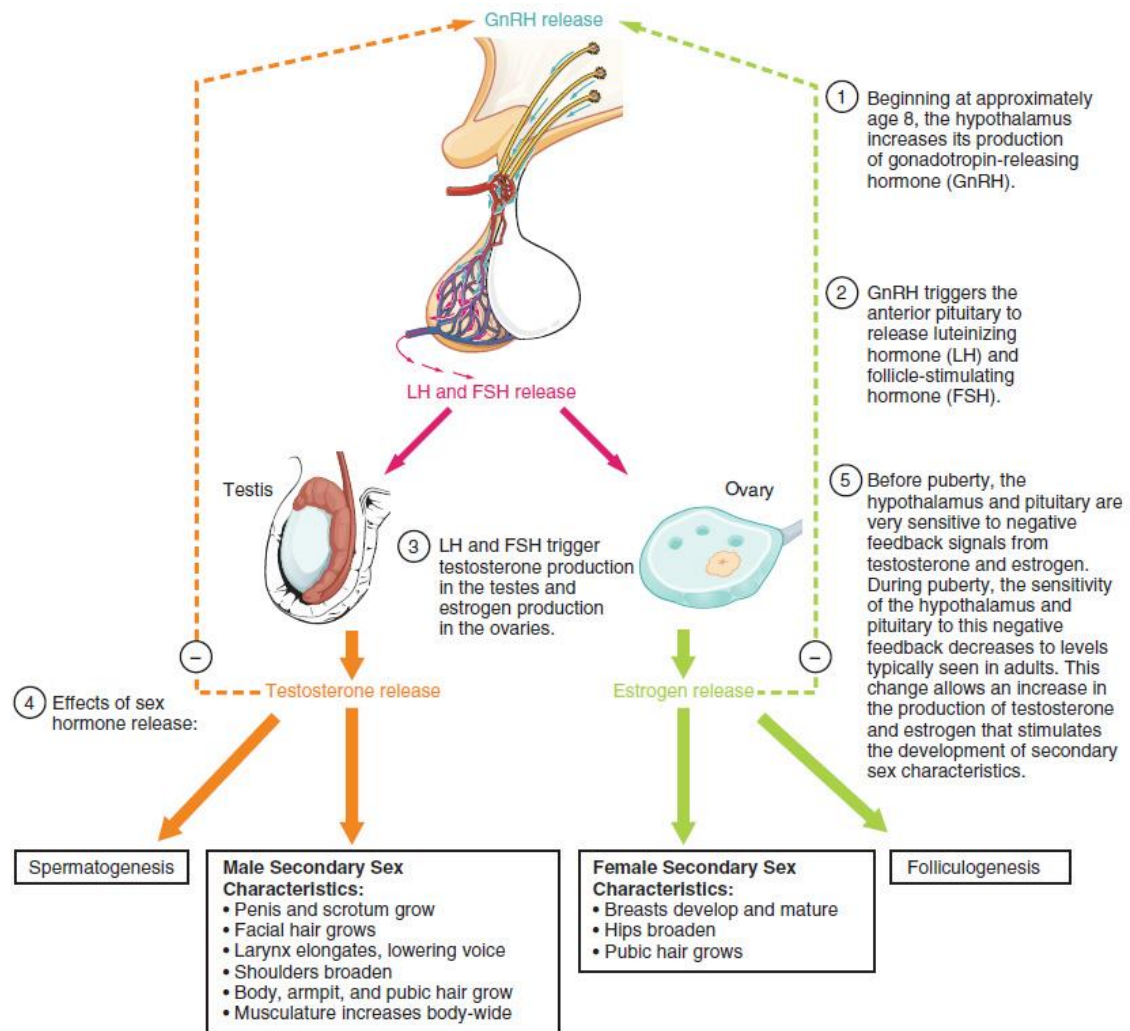
# Lutropin (Luteinizing hormone, LH)

- gonádotropní hormon
- heterodimerní glykoprotein ( $\alpha$  a  $\beta$  podjednotka) strukturně podobný TSH, FSH a choriovému gonádotropinu
- podjednotky kódovány geny na různých chromozómech ( $\beta$  tvoří klastr společný pro LH, FSH a ch. gonádotr.
- poločas rozpadu 20 minut ovlivněn oligosacharidy navázanými na  $\beta$  podjednotce
- regulace GnRH, aktiviny, inhibiny a pohlavními hormony (kromě GnRH regulují pouze expresi genu pro  $\alpha$  jednotku)
- uvolňován v pulzech
- pohlavní steroidy tlumí produkci LH



# Lutropin (Luteinizing hormone, LH)

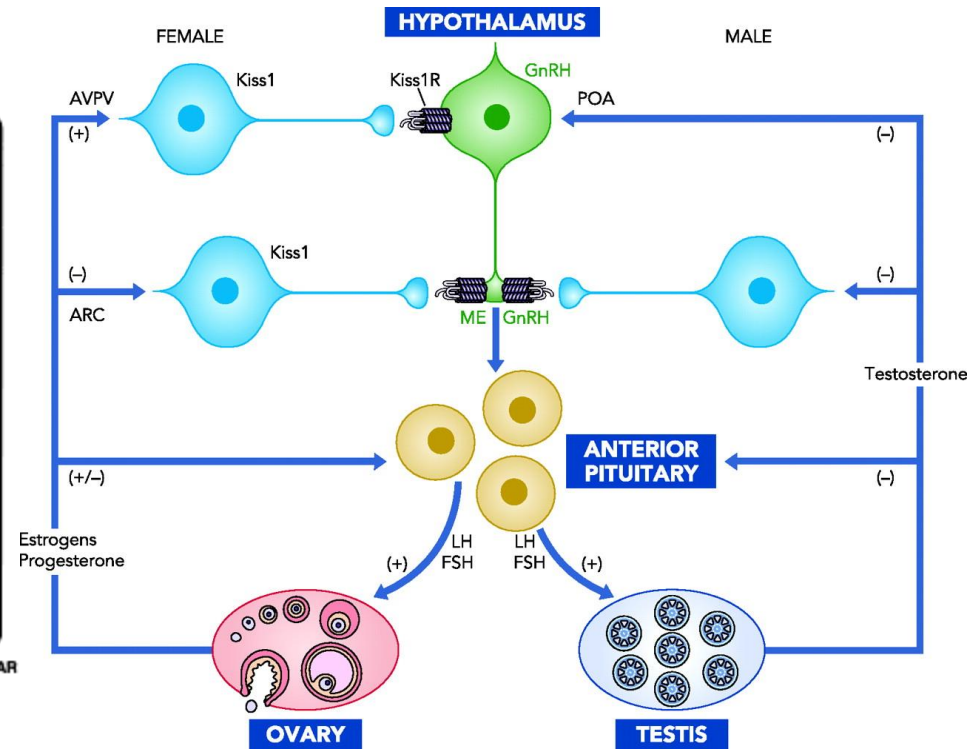
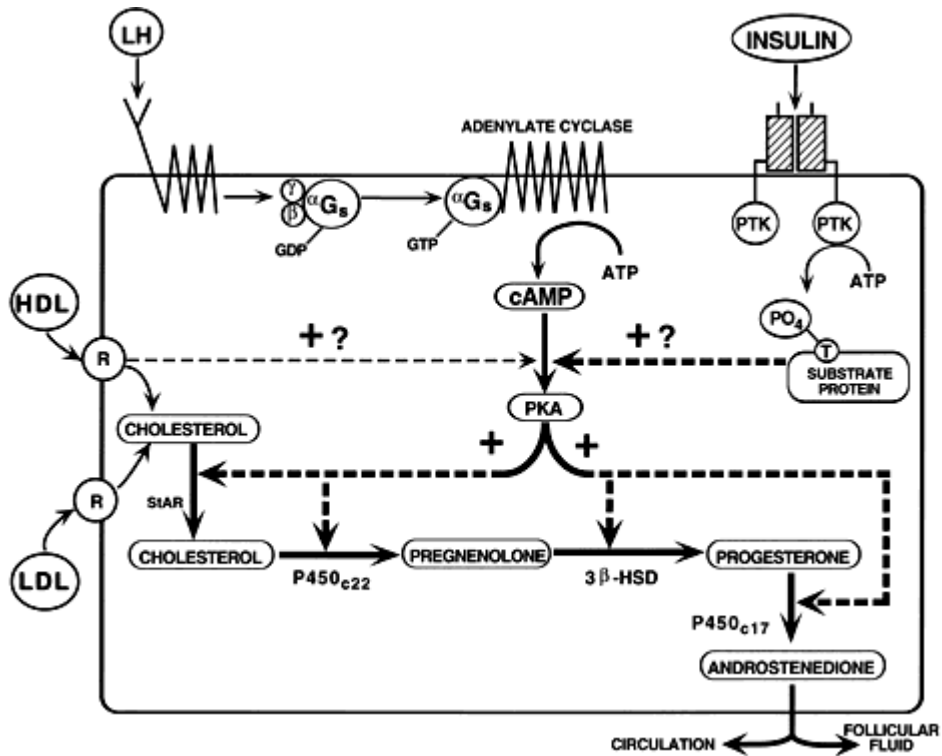
- spouští ovulaci, vývoj corpus luteum a produkci progesteronu u žen
- u mužů stimuluje Leydigovy buňky k tvorbě testosteronu (intersticiální buňky stimulující hormon)
- působí přes cAMP
- synergie s FSH





# Lutropin (Luteinizing hormone, LH)

- produkce pohlavních steroidů



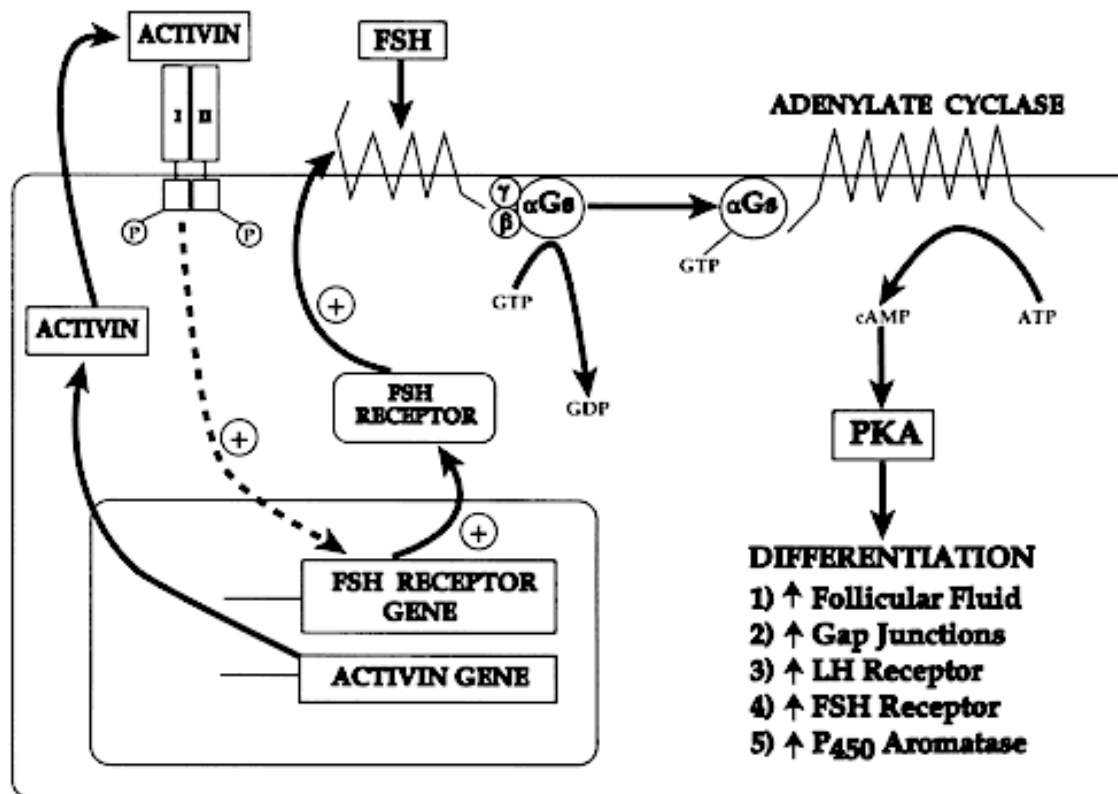
# Folikulotropin (Follicle-stimulating hormone, FSH)

- glykoprotein (35,5 kDa)
  - heterodimer:  $\alpha$  a  $\beta$  podjednotka
  - strukturně podobný LH, TSH a choriovému gonádotropinu (identická  $\alpha$  podjednotka)
  - poločas rozpadu 3 až 4 hodiny
  - gonádotropin (spolupůsobí s LH)
- 
- stimulace GnRH, regulace proteinovými komplexy aktivinů a inhibinů
- 
- působí přes cAMP
  - regulace růstu a vývoje, pohlavního vyžívání a reprodukčních procesů
  - stimuluje zrání zárodečných buněk u samců i samic
  - v Sertoliho buňkách sekrece androgen vázajících proteinů
  - zahajuje růst ovariálních folikulů (mitóza a tvorba folikulární tekutiny)



# Folikulotropin (Follicle-stimulating hormone, FSH)

- přes PKA dochází k aktivaci mitózy, produkce folikulární tekutiny, LH a FSH receptoru a přeměny androstendionu na estron ( $P_{450}$  aromatáza) a dále na estradiol ( $17\beta$ -HSD), tj. syntéza pohlavních steroidů

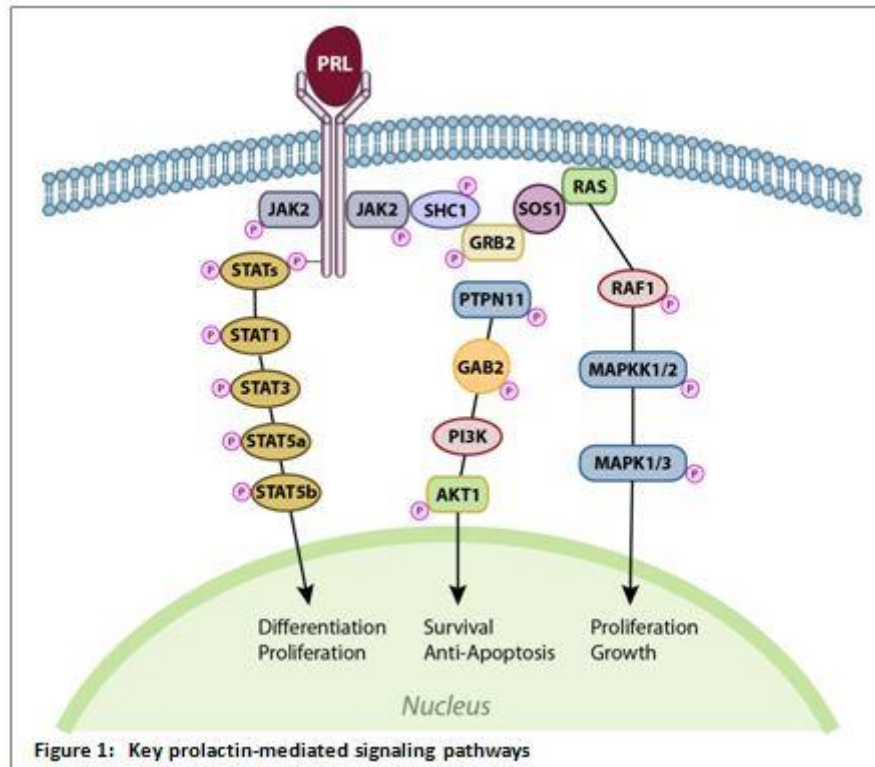


*Folikulární buňka*

# Prolaktin (PRL, luteotropin)

- peptidový hormon s třemi disulfidickými můstky
  - jediný gen PRL na chromozómu 6 (příbuzný GH)
  - množství posttranslačních modifikací (dominantní neglykosylovaná forma)
  - obvykle několik izoformem (198 AMK, 22 kDa až 150 kDa)
  - možná interakce několika molekul PRL
  - větší formy mají menší biologickou aktivitu
- 
- sekretován v pulzech po jídle, páření, aplikaci estrogenů, ovulaci nebo při péči o dítě (aktivace mechanoreceptorů při kojení + oxytocin)
  - **regulován primárně inhibičně** dopaminem (PIH) z hypothalamu; TRH stimuluje tvorbu PRL; **estrogeny** podporují růst buněk produkujících PRL

# Prolaktin (PRL, luteotropin): působení a funkce



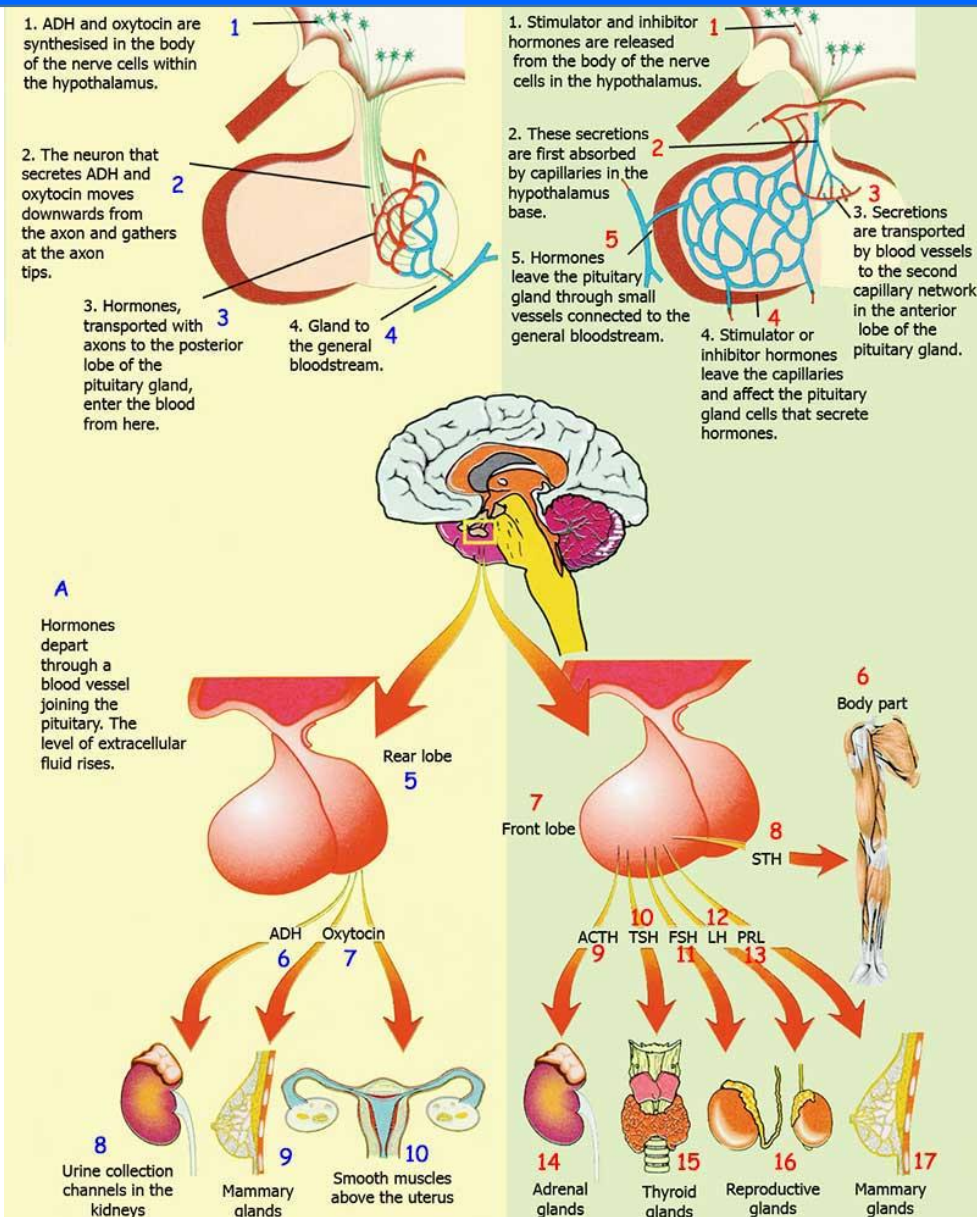
- po navázání na receptor dimerizace a transdukce signálu jako GH
- endokrinní, parakrinní a autokrinní působení (cytokine-like – hematopoéza, angiogeneze)
- spouští růst mléčných žláz a laktaci, regulátor imunity, růstu a vývoje celkově
- mateřské chování, sexuální refrakterní perioda, slabý gonádotropin (ale působí proti GnRH)

# Neurohypofýza (posterior pituitary)

**Syntetizovány v hypothalamu!**  
 V neurohypofýze uvolňovány do krve.

Secreted hormone	Abbreviation	Produced by
<b>Oxytocin</b>	OXY or OXT	Magnocellular neurosecretory cells of the paraventricular nucleus and supraoptic nucleus
<b>Vasopressin (antidiuretic hormone)</b>	ADH or AVP	Magnocellular and parvocellular neurosecretory cells of the paraventricular nucleus, magnocellular cells in supraoptic nucleus

Effect
Uterine contraction Lactation (letdown reflex)
Increase in the permeability to water of the cells of <b>distal tubule</b> and <b>collecting duct</b> in the kidney and thus allows water reabsorption and excretion of concentrated urine



# Superrodina oxytocin a vazopresin neuropeptidů

Vertebrate Vasopressin Family		
Cys-Tyr-Phe-Gln-Asn-Cys-Pro-Arg-Gly-NH <sub>2</sub>	Argipressin (AVP, ADH)	Most mammals
Cys-Tyr-Phe-Gln-Asn-Cys-Pro-Lys-Gly-NH <sub>2</sub>	Lypressin (LVP)	Pigs, hippos, warthogs, some marsupials
Cys-Phe-Phe-Gln-Asn-Cys-Pro-Arg-Gly-NH <sub>2</sub>	Phenypressin	Some marsupials
Cys-Tyr-Ile-Gln-Asn-Cys-Pro-Arg-Gly-NH <sub>2</sub>	Vasotocin†	Non-mammals
Vertebrate Oxytocin Family		
Cys-Tyr-Ile-Gln-Asn-Cys-Pro-Leu-Gly-NH <sub>2</sub>	Oxytocin (OXT)	Most mammals, ratfish
Cys-Tyr-Ile-Gln-Asn-Cys-Pro-Pro-Gly-NH <sub>2</sub>	Prol-Oxytocin	Some New World monkeys, northern tree shrews
Cys-Tyr-Ile-Gln-Asn-Cys-Pro-Ile-Gly-NH <sub>2</sub>	Mesotocin	Most marsupials, all birds, reptiles, amphibians, lungfishes, coelacanths
Cys-Tyr-Ile-Gln-Ser-Cys-Pro-Ile-Gly-NH <sub>2</sub>	Seritocin	Frogs
Cys-Tyr-Ile-Ser-Asn-Cys-Pro-Ile-Gly-NH <sub>2</sub>	Isotocin	Bony fishes
Cys-Tyr-Ile-Ser-Asn-Cys-Pro-Gln-Gly-NH <sub>2</sub>	Glumitocin	skates
Cys-Tyr-Ile-Asn/Gln-Asn-Cys-Pro-Leu/Val-Gly-NH <sub>2</sub>	Various tocins	Sharks
Invertebrate VP/OT Superfamily		
Cys-Leu-Ile-Thr-Asn-Cys-Pro-Arg-Gly-NH <sub>2</sub>	Diuretic Hormone	Locust
Cys-Phe-Val-Arg-Asn-Cys-Pro-Thr-Gly-NH <sub>2</sub>	Annetocin	Earthworm
Cys-Phe-Ile-Arg-Asn-Cys-Pro-Lys-Gly-NH <sub>2</sub>	Lys-Connopressin	Geography & imperial cone snail, pond snail, sea hare, leech
Cys-Ile-Ile-Arg-Asn-Cys-Pro-Arg-Gly-NH <sub>2</sub>	Arg-Connopressin	Striped cone snail
Cys-Tyr-Phe-Arg-Asn-Cys-Pro-Ile-Gly-NH <sub>2</sub>	Cephalotocin	Octopus
Cys-Phe-Trp-Thr-Ser-Cys-Pro-Ile-Gly-NH <sub>2</sub>	Octopressin	Octopus

†Vasotocin is the evolutionary progenitor of all the vertebrate neurohypophysial hormones.<sup>[37]</sup>

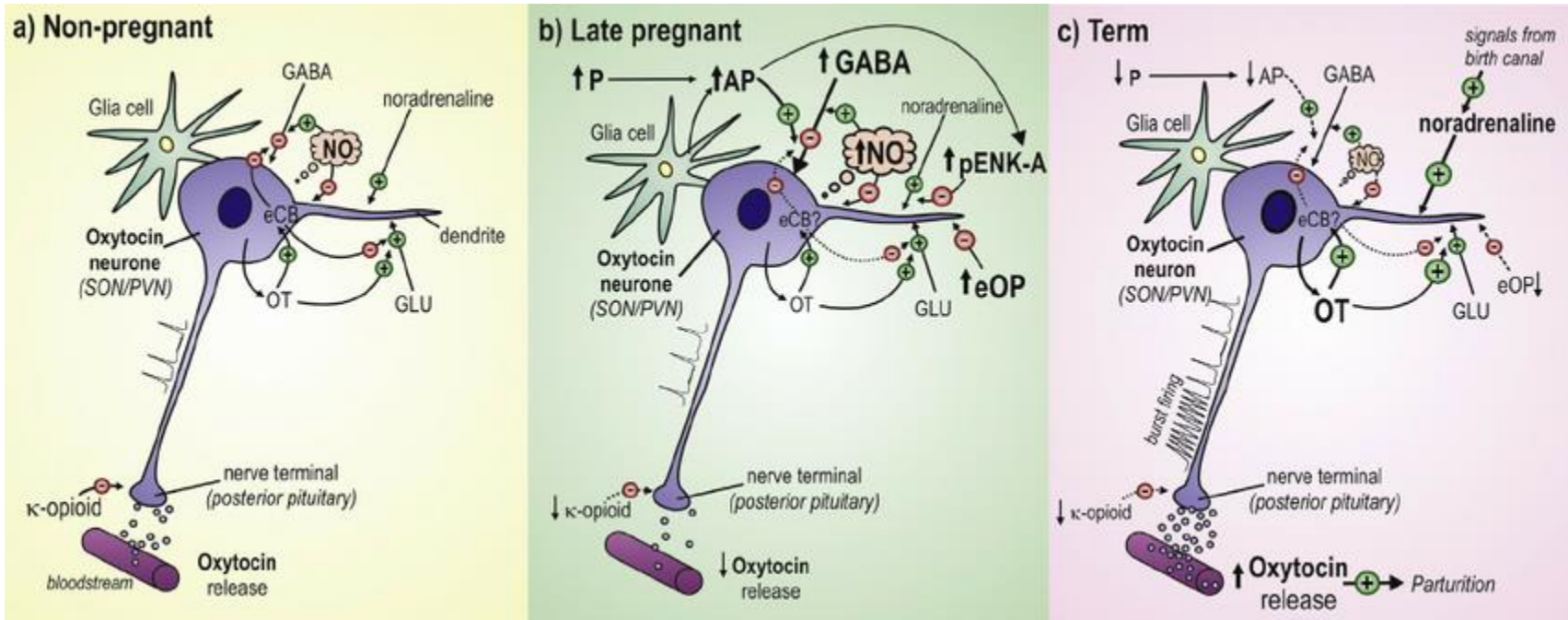
# Oxytocin: syntéza, uvolnění a transport

- gen *OXT* kóduje oxytocin/neurophysin I prepropeptid
  - enzymatická hydrolýza na koncové produkty
  - nonapeptid s disulfidickým můstkem: Cys-Tyr-Ile-Glu-Asp-Cys-Pro-Leu-Gly
  - **nucleus paraventricularis** (menší množství tvořeno také v corpus luteum, placentě, Leydigových buňkách, sítnici, dřeni nadledvin, brzlíku a slinivce)
  - stimulem roztažení děložního hrdla a dělohy během porodu, stimulací bradavek během kojení
  - estradiol zvyšuje sekreci i expresi receptorů oxytocinu např. v amygdale
  - kofaktor vitamín C
- 
- v neurohypofýze vazba na polypeptid **neurophysin I** (10 kDa, 90-97 AMK)
  - skladován na koncích axonů (Herring bodies) spolu s neurophysinem a ATP
  - AP ze zdrojových buněk > depolarizace konec axonu > exocytóza



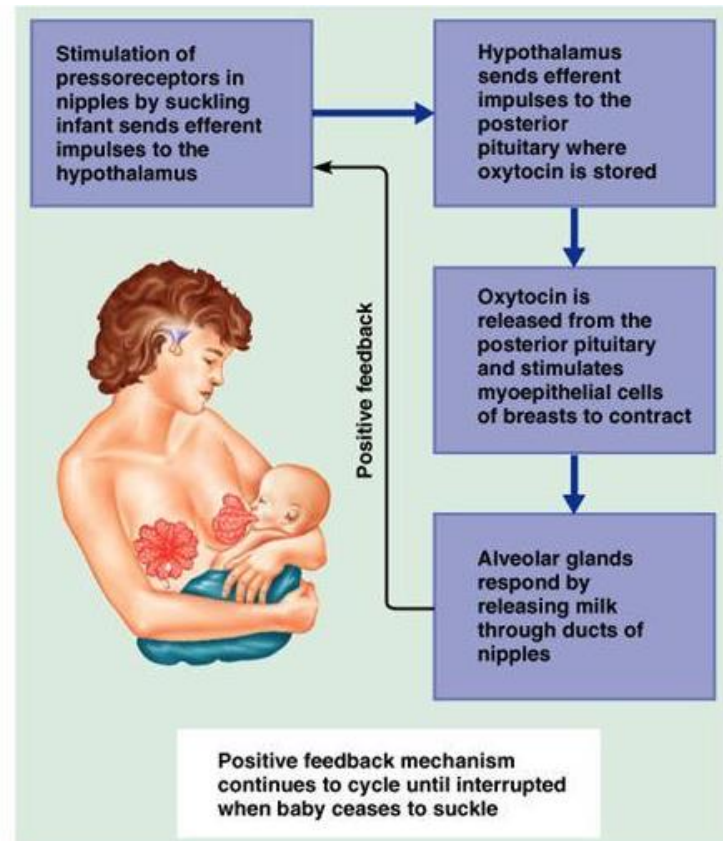
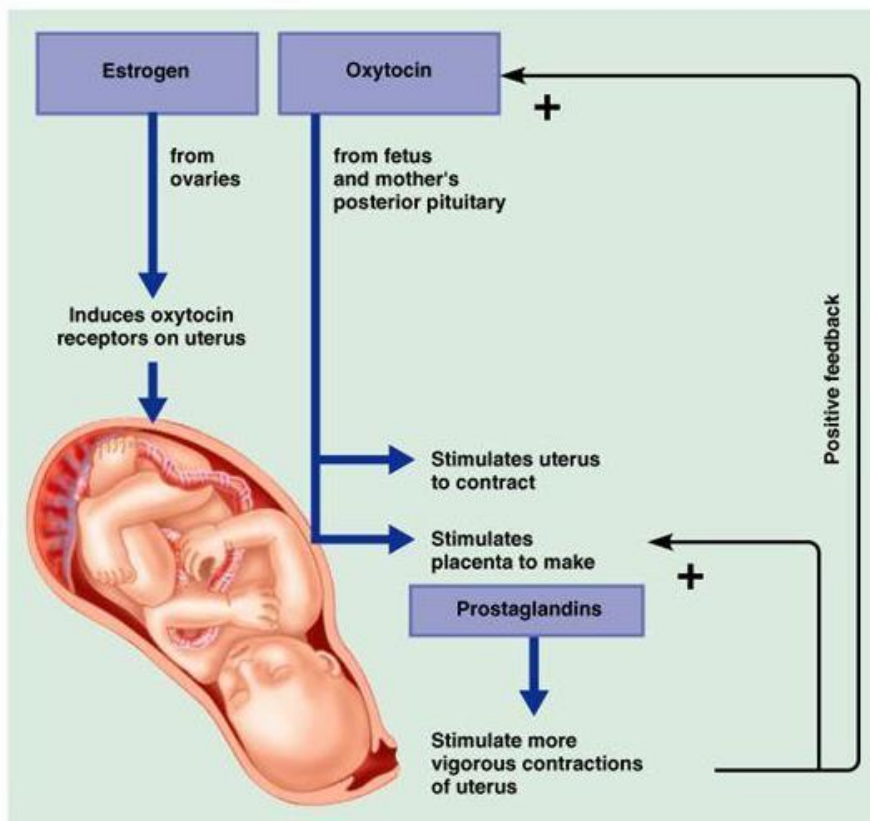
# Oxytocin: regulace

- syntéza receptorů
- neuromodulátory
- pozitivní zpětná vazba
- oxytocinázy v játrech a dalších orgánech
- exkrece žlučová a ledvinová

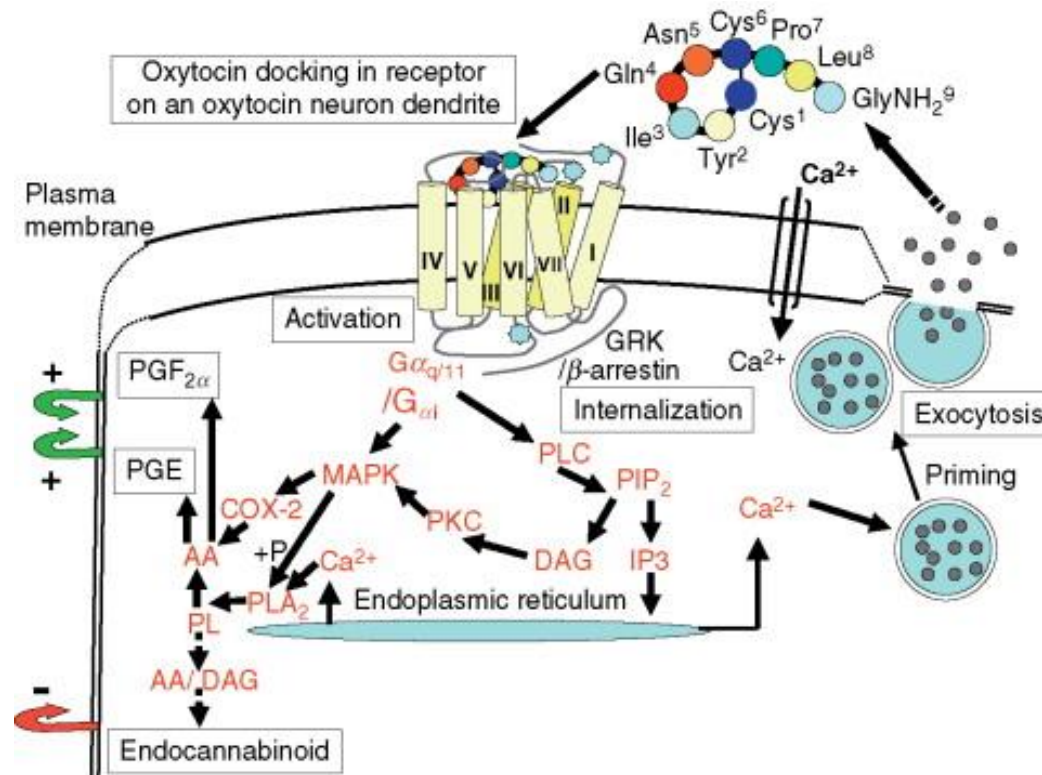


# Oxytocin: působení a funkce

- vysokoafinitní receptory spřažené s G proteiny (rhodopsin-type, class I), např. na hladkých svalových buňkách >  $IP_3$ /DAG dráha > mobilizace  $Ca^{2+}$  > aktivace kontraktilních proteinů
- sání kojenice > **páteřní nervy** > hypothalamus > pulzní AP oxytocin produkujících buněk > uvolnění oxytocinu do krve > stimulace prsních žláz
- působí přes periferní nervy a v mozku (**krevně mozková bariéra**)



# Oxytocin: působení a funkce



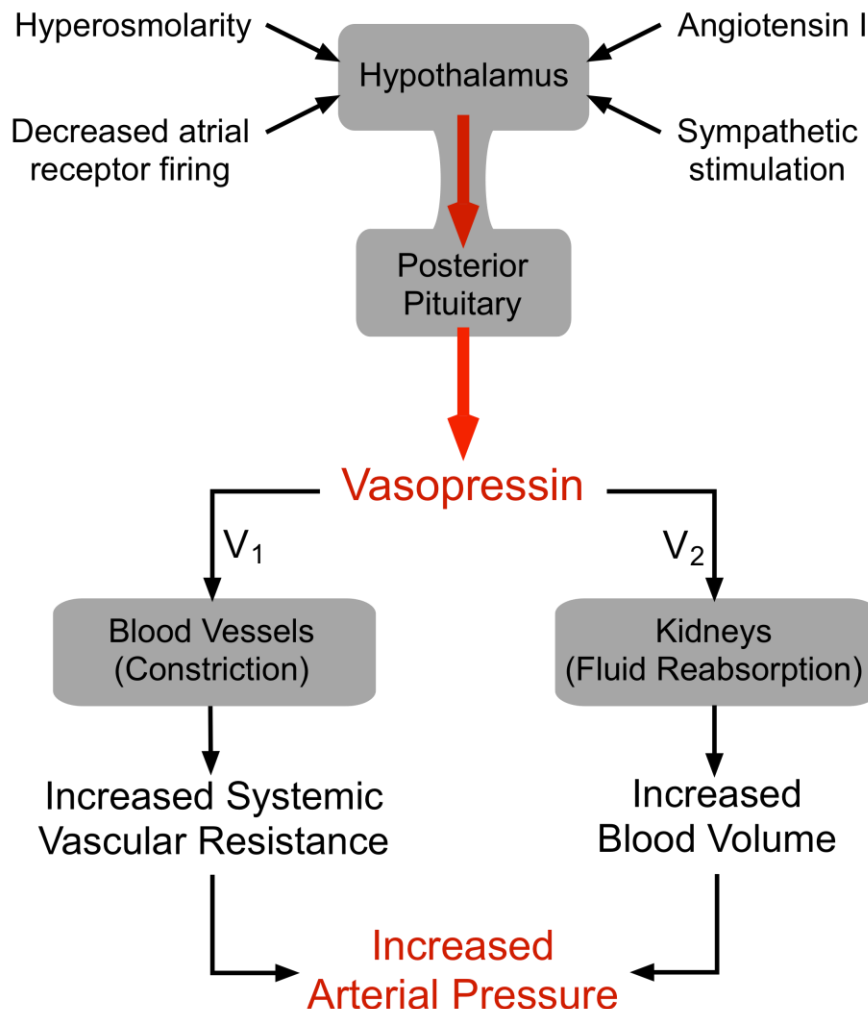
- kontrakce svalů reprodukční soustavy, může stimulovat exkreci sodíku v ledvinách (vysoké dávky > hyponatremie)
- reprodukční chování (sexuální vzrušení, bonding, mateřské chování)
- zasahuje do patologií – osteoporóza, diabetes a další

# Vazopresin (antidiuretický hormon, ADH): syntéza, uvolnění, transport a regulace

- označován také jako arginin vazopresin (AVP) a argipresin
  - na stejném chromozómu (20) jako oxytocin, geny blízko sebe
  - od oxytocinu se liší ve dvou AMK (izoleucin/**fenylalanin** na pozici 3, leucin/**arginin** na pozici 8)
  - **supraoptické** a paraventriculární jádro hypothalamu
  - uvolňován při poklesu krevního tlaku a objemu krve (dehydratace > málo AP z kardiopulmonálních baroreceptorů > sekrece ADH), v reakci na koncentraci rozpuštěných látek v krvi (osmoreceptory v hypothalamu), stimulace angiotenzinem II přes jeho receptory v hypothalamu
  - vstupy z mozkového kmene přes noradrenergní neurony nebo přímo neurony z okolí supraoptického jádra
  - neuromodulátory GABA, glutamát, noradrenalin, dopamin, serotonin a acetylcholin
- 
- skladován na koncích axonů (Herring bodies) odděleně od oxytocinu
  - uvolňován v neurohypofýze
  - poločas rozpadu krátký 16–24 minut
  - v neurohypofýze vazba na polypeptid **neurophysin II** (19,6 kDa, 95 AMK, tvoří dimery)

# Vazopresin (antidiuretický hormon, ADH): působení a funkce

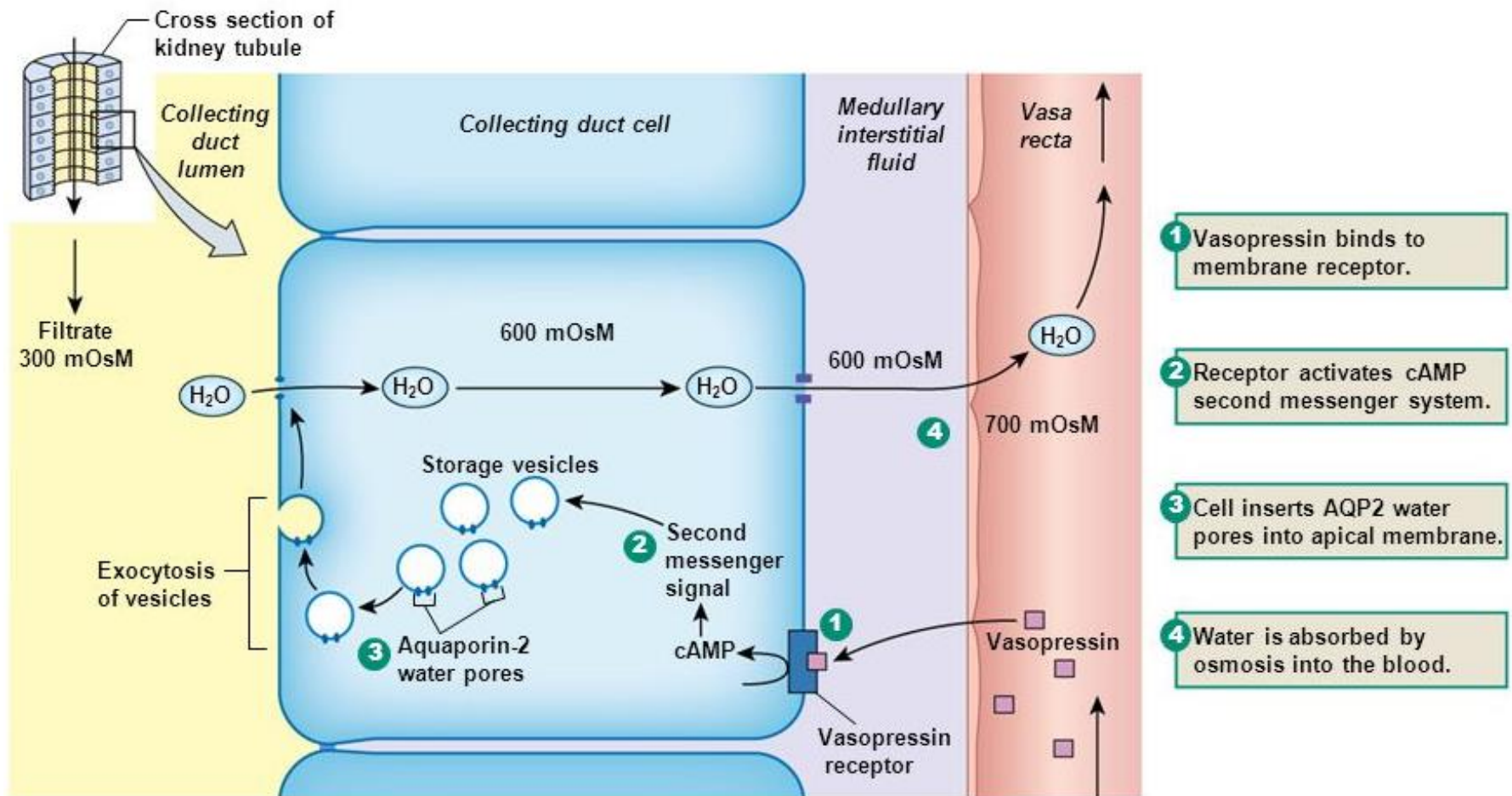
- cílem hlavně **vazomotorika a ledviny**, zřejmě také mozek (chování)
- $V_1$  receptory (hladká svalovina cév) a  $V_2$  receptory (sběrné kanálky)





# Vazopresin (antidiuretický hormon, ADH): působení a funkce

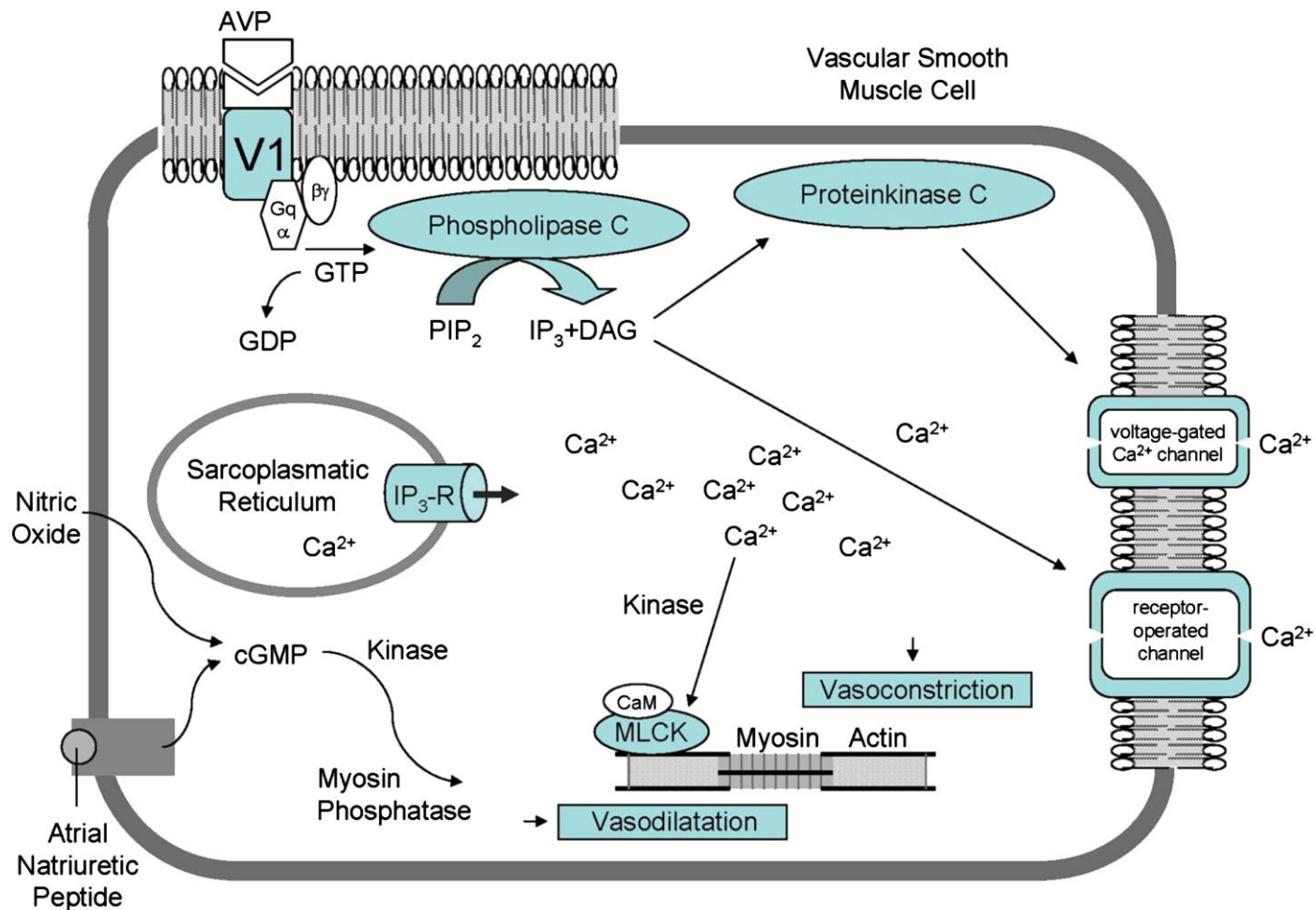
- vazba na G protein > cAMP > přítomnost aquaporinů v ledvinových kanálcích (+ regulace tvorby močovinových transportérů) > snížená tvorba moči > zvýšený objem krve > vyšší arteriální tlak





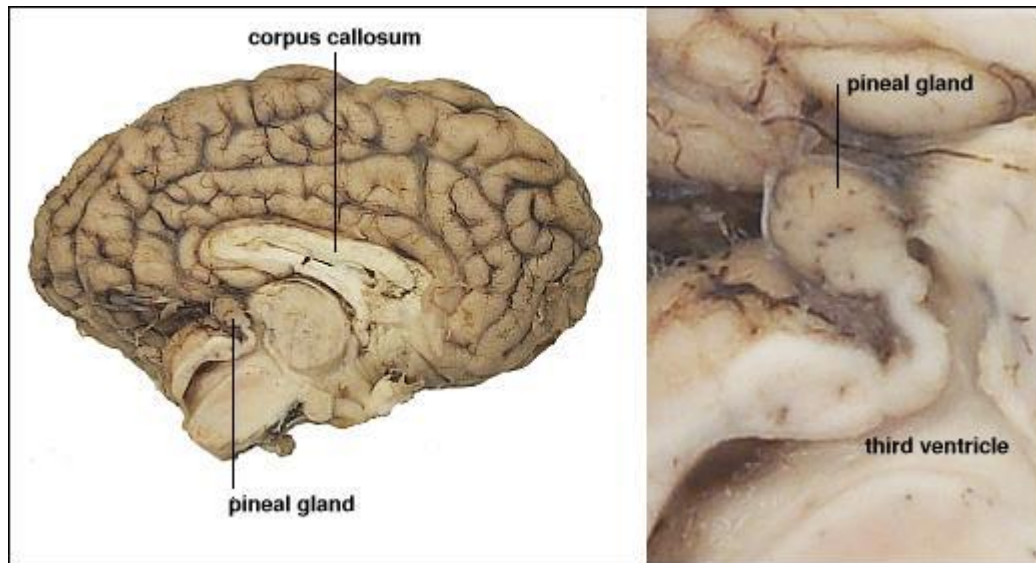
# Vazopresin (antidiuretický hormon, ADH): působení a funkce

- vazba na G protein >  $IP_3$ /DAG dráha > zvýšení arteriálního tlaku
- fyziologické koncentrace ADH obvykle pod vazoaktivní hranicí (hemorrhagický šok)



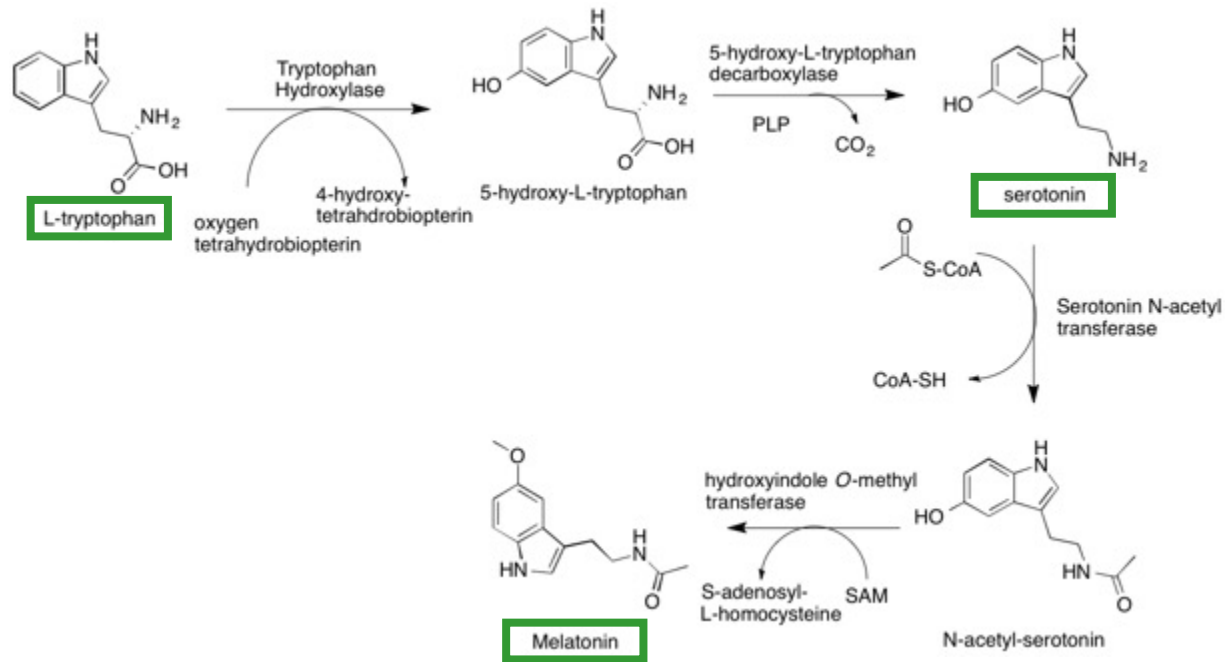
# Epifýza (šišinka, corpus pineale, glandula pinealis, pineal gland)

- podobná borovicové šišce, u člověka velká asi jako zrnko rýže (5 - 8 mm)
- v epithalamu mezi oběma hemisférami v kontaktu s třetí komorou
- kalcifikace během stárnutí
- z evolučního hlediska atrofovaný fotoreceptor (u obojživelníků a plazů spojena se světločivným orgánem - parietální oko haterií)
- „místo, kde sídlí duše“ (René Descartes)
- produkce **melatoninu**
- cirkadiální a sezónní rytmy



# Melatonin (MT): syntéza

- N-acetyl-5-methoxytryptamine
- také u rostlin (tvořen v odpovědi na oxidativní stres)
- synchronizační hormon (receptor melatoninu) a antioxidant (ochrana jaderné a mitochondriální DNA)
- produkován pinealocyty (výběžky cytoplazmy do krevních cév v okolní tkáni)
- světločivné buňky sítnice > suprachiasmatická jádra > paraventriculární jádra > páteřní mícha > ganglia sympatiku > epifýza
- odvozen od tryptofanu, syntéza přes serotonin



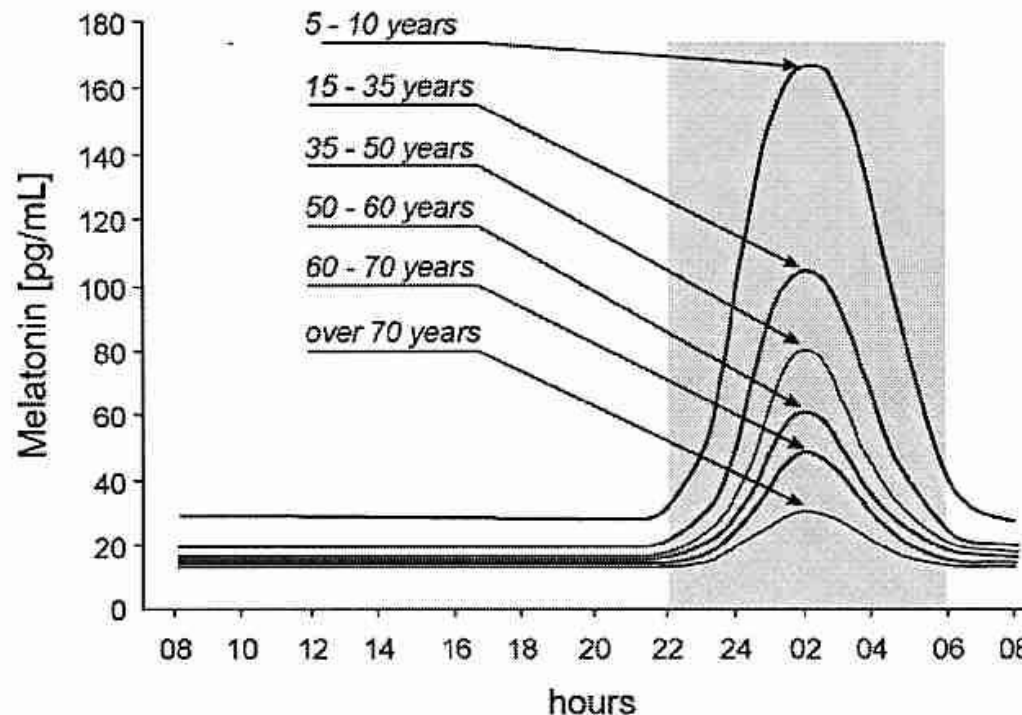
# Melatonin (MT): regulace a degradace

- prochází přes membrány buněk
- regulace noradrenalinem, který zvyšuje koncentraci cAMP v pinealocytech > aktivace cAMP dependentní PKA > fosforylace serotonin N-acetyltransferázy > přeměna serotoninu na melatonin (**za tmy**)
- zastavení noradrenalinové stimulace a rychlá proteolýza melatoninu (**za světla**)
- tvorba melatoninu závisí na vlnové délce světla; modré světlo (460-480 nm) tlumí syntézu melatoninu úměrně intenzitě a délce osvětlení
- androgeny inhibují enzymy degradující melatonin (melatonin zvyšuje syntézu a sekreci gonádostatinu a tím pokles LH a FSH)
- metabolizován v játrech a vylučován ledvinami

# Melatonin (MT): působení a funkce

## Synchronizace rytmů (cirkadiálních i sezónních):

- podporuje aktivitu nočních živočichů a spánek diurnálních druhů včetně člověka
- změny v denní délce produkce melatoninu základem sezónních rytmů (chování, reprodukce, růst, změny zbarvení apod.)
- přes membránové receptory MT1 a MT2 inhibuje adenylát cyklázu a tvorbu cAMP (ovlivnění hypothalamo-hypofyzární osy)





# Melatonin (MT): působení a funkce

TABLE 1. *Intracellular effects of melatonin in various tissues*

Cell/Tissue	cAMP	cGMP	DAG/PKC	AA	InsP <sub>3</sub>	[Ca <sup>2+</sup> ] <sub>i</sub>	Membrane Potential	c-Fos	P-CREB
Amphibian melanophores	↓ (1,385)								
Amphibian optic tectum	↓ (387)								
Chicken retinal cells	↓ (149, 150)								
Chicken brain	↓ (241)				↑ (256)				
Neonatal rat pituitary	↓ (366)	↓ (366)	↓ (367)	↓ (367)		↓ (359, 361)	↑ (360)	↓ (327)	
Suprachiasmatic nucleus (rat)			↑ (205)				↑ (153)	↑ (162)	
Rat hypothalamus	↓ (345)	↑ (345)							
Rat circle of Willis artery	↓ (43)								
Rabbit ciliary body	↓ (249)								
Rabbit cortex	↓ (303)								
Ovine pars tuberalis cells	↓ (228)					No (225)		↓ (283)	↓ (209, 210)
3T3 cells expressing MEL <sub>1A</sub>	↓ (108)			↑ (108)	↑ (108)				

AA, arachidonic acid; PKC, protein kinase C; [Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub>, intracellular free calcium concentration; P-CREB, phospho-cAMP-responsive element binding protein; DAG, diacylglycerol; InsP<sub>3</sub>, inositol trisphosphate; ↑, increase; ↓, decrease; no, no effect. Reference numbers are given in parentheses.

# Melatonin (MT): působení a funkce

## **Antioxidant:**

- receptory v cytosolu a jádře buněk (aktivace antioxidantních enzymů)
- velmi účinný scavenger volných radikálů (kaskádovitý efekt)
- účastní se v imunitních procesech (zřejmě přes vysokoafinitní MT1 a MT2 receptory)

# Melatonin: působení a funkce

