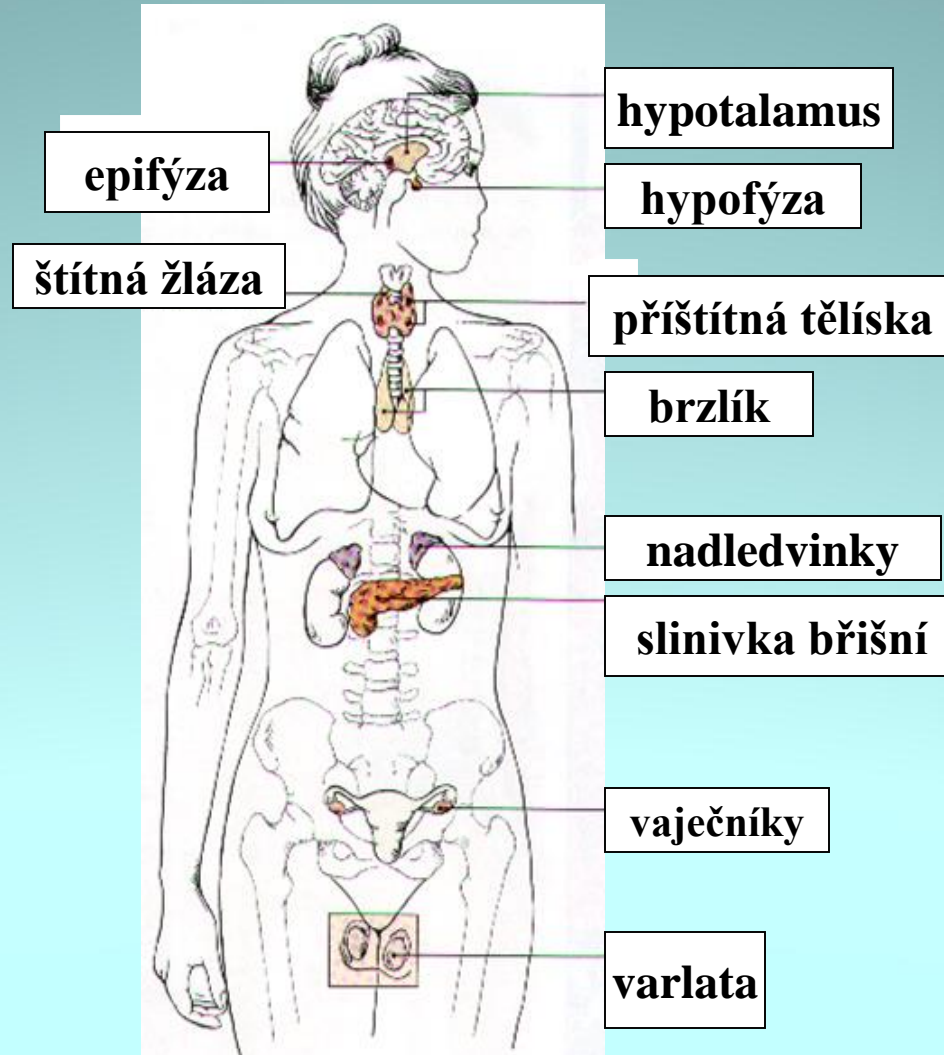


# Žlázy s vnitřní sekrecí

**MUDr. Kateřina Kapounková, Ph.D.**

# Anatomie žláz s vnitřní sekrecí



# Řízení organismu

- Nervový systém (fylogeneticky nejmladší, rychlé reakce)
- Humorální systém (fylogeneticky starší, zajišťuje reaktivní a především adaptivní odpovědi organismu)
- Imunitní systém (obranyschopnost organismu)

## Typ sekrece

### Endokrinní sekrece

- tvořené hormony – do krve
- transport i do vzdálených orgánů či systémů

### Parakrinní sekrece

- uvolněné hormony působí na sousední buňky

### Autokrinní sekrece

- hormony působí na vlastní buňku

# Hormony – chemická struktura

## Bílkovinná povaha

FSH, LH, prolaktin, ADH, oxytocin, ACTH, STH, thyroxin, kalcitonin, růstový hormon, thymosin, erythropoetin

## Deriváty aminokyselin

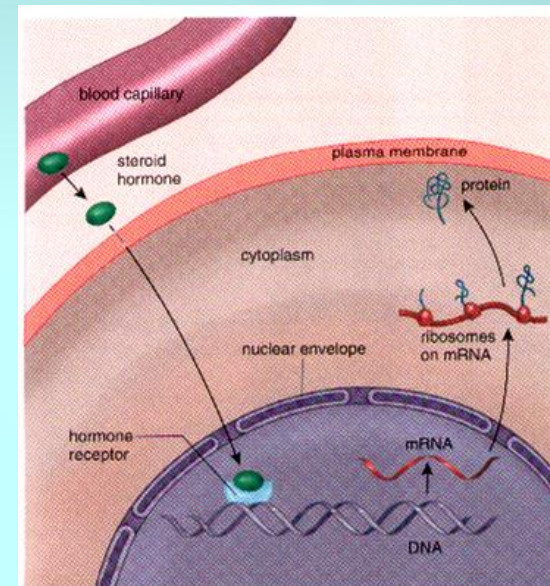
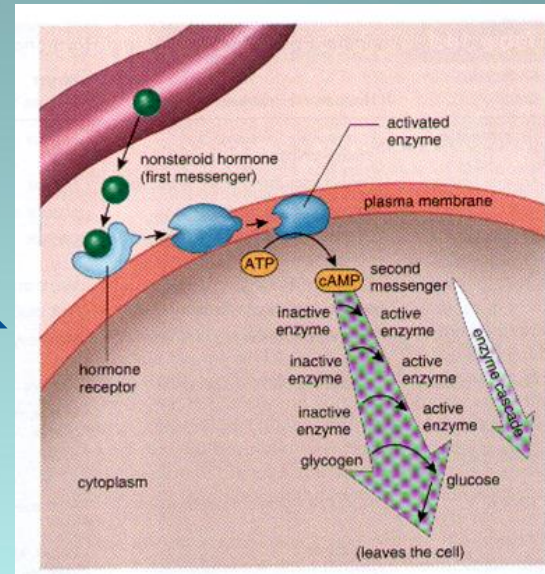
adrenalin, noradrenalin, dopamin, bradykinin, serotonin, histamin, melatonin

## Hormony steroidní povahy

kortizol, aldosteron, testosteron, estrogeny, progesteron

## Receptory :

1. **Na buněčné membráně** ( peptidové hormony). Hormon - receptor-aktivace druhého posla – ovlivnění funkcí buňky
2. **V buňce** ( steroidní h.) – váže se na intracelulární receptor v jádře – ovlivnění funkce buňky



# Hormonální interakce

- Synergisté

Tvorba a sekrece mléka – estrogeny, progesteron, prolaktin, oxytocin

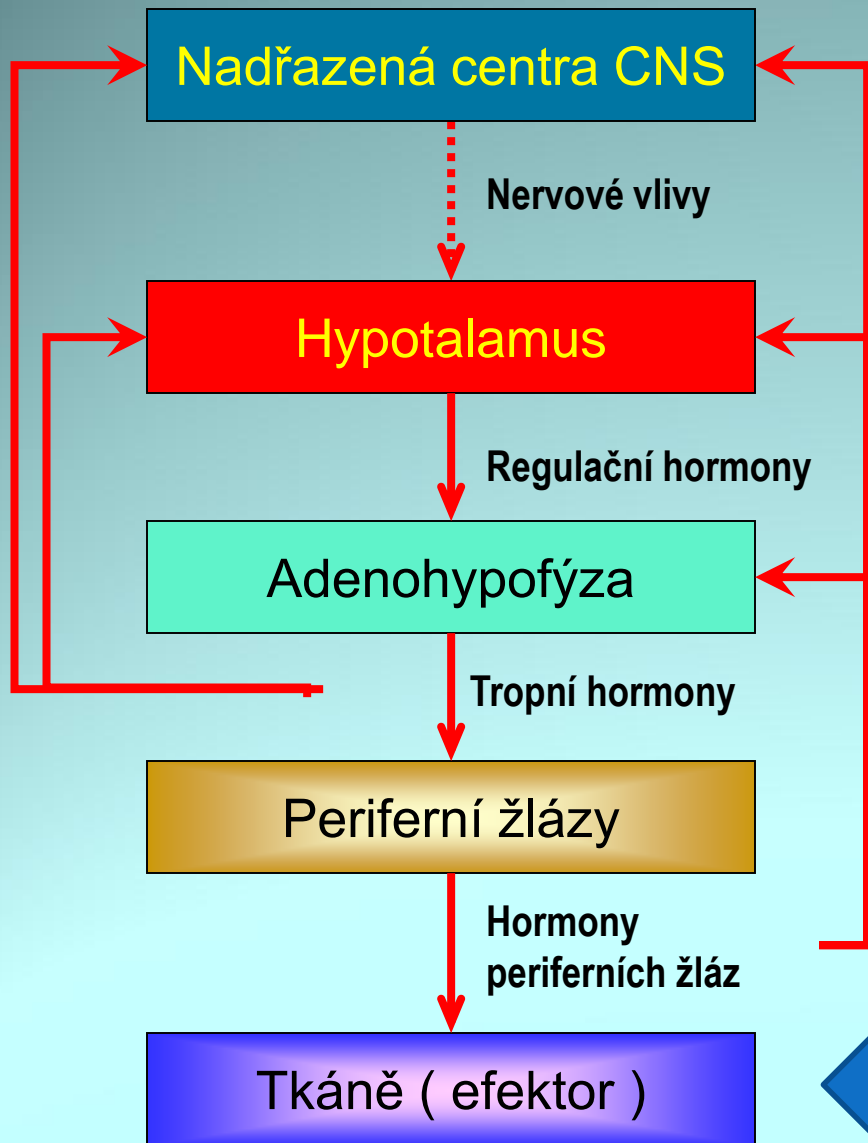
Hyperglykemie – glukagon, kortikoidy, adrenalin, STH, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>

- Antagonisté

Udržení kalcemie – parathormon, kalcitriol : kalcitonin

Udržení hydrémie – ADH, aldosteron : atriální natriuretický faktor ( ANF)

# Řízení činnosti endokrinních žláz



Zpětná vazba :

*pozitivní* – reakce buněk se neustále zvyšuje

*negativní* – reakce buněk je zeslabována

➤ *jednoduchá* – produkce hormonu je regulována podle změny v chemickém složení krve, vyvolané hormonem

➤ *Složitá* – tropní hormon kontroluje hormon periferní



# Homeostáza a hormony

- Homeostáza = stálost vnitřního prostředí
- ✓ *udržování stálosti mezibuněčné složky mimobuněčné tekutiny*
- ✓ *krev a ostatní tělesné tekutiny*

## Regulační mechanismy:

- *princip zpětné vazby*
- *hormonální regulace:*
  - stálost chemického složení vnitřního prostředí
  - homeostatická (stálá) hladina hormonů samotných

- ***Osmolalita*** – koncentrace iontů, glukózy - aldosteron, ADH, inzulín
- ***Acidobazická rovnováha*** - inzulín, hormony štítné žlázy, aldosteron
- ***Na<sup>+</sup> v krvi*** – aldosteron, kortizol
- ***K<sup>+</sup> v krvi*** – kortizol, aldosteron
- ***Ca<sup>2+</sup> v krvi*** – parathormon, kalcitriol, kalcitonin
- ***Fosfáty v krvi*** – kalcitriol, parathormon, kalcitonin
- ***Cholesterol v krvi*** – androgeny, gestageny, hormony štítné žlázy
- ***Krevní bílkoviny*** – hormony štítné žlázy kortizol
- ***Krevní cukr*** – glukagon, kortizol, adrenalin, STH, inzulín



# Energetický metabolismus a hormony

- *Metabolismus zvyšují:*

- hormony štítné žlázy (T4, T3)
- adrenalin
- noradrenalin
- glukagon
- kortizol

- *Metabolismus snižují:*

- nedostatek hormonů štítné žlázy (T4)
- inzulín

# Krevní tlak a hormony

- *Krevní tlak zvyšují:*

- angiotenzin
- adrenalin
- noradrenalin
- aldosteron
- glukokortikoidy

- *Krevní tlak snižují:*

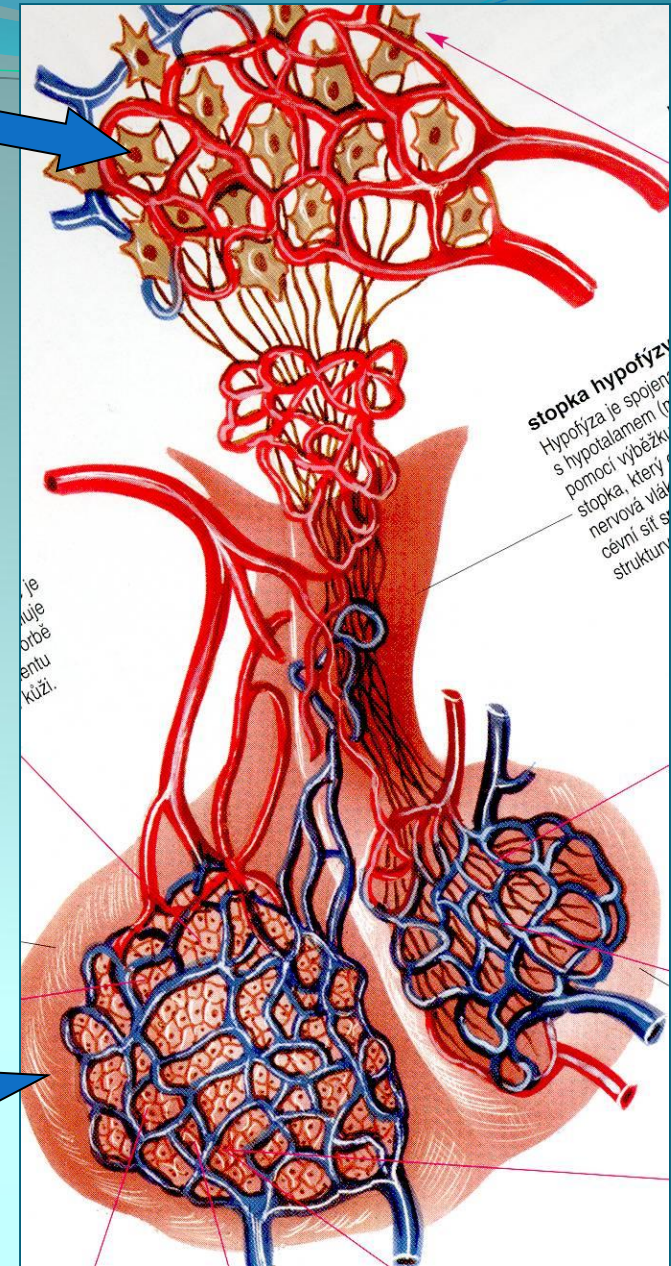
- ANP (atriový natriuretický faktor)
- EDRF (endotelový relaxační faktor = NO)
- kininy

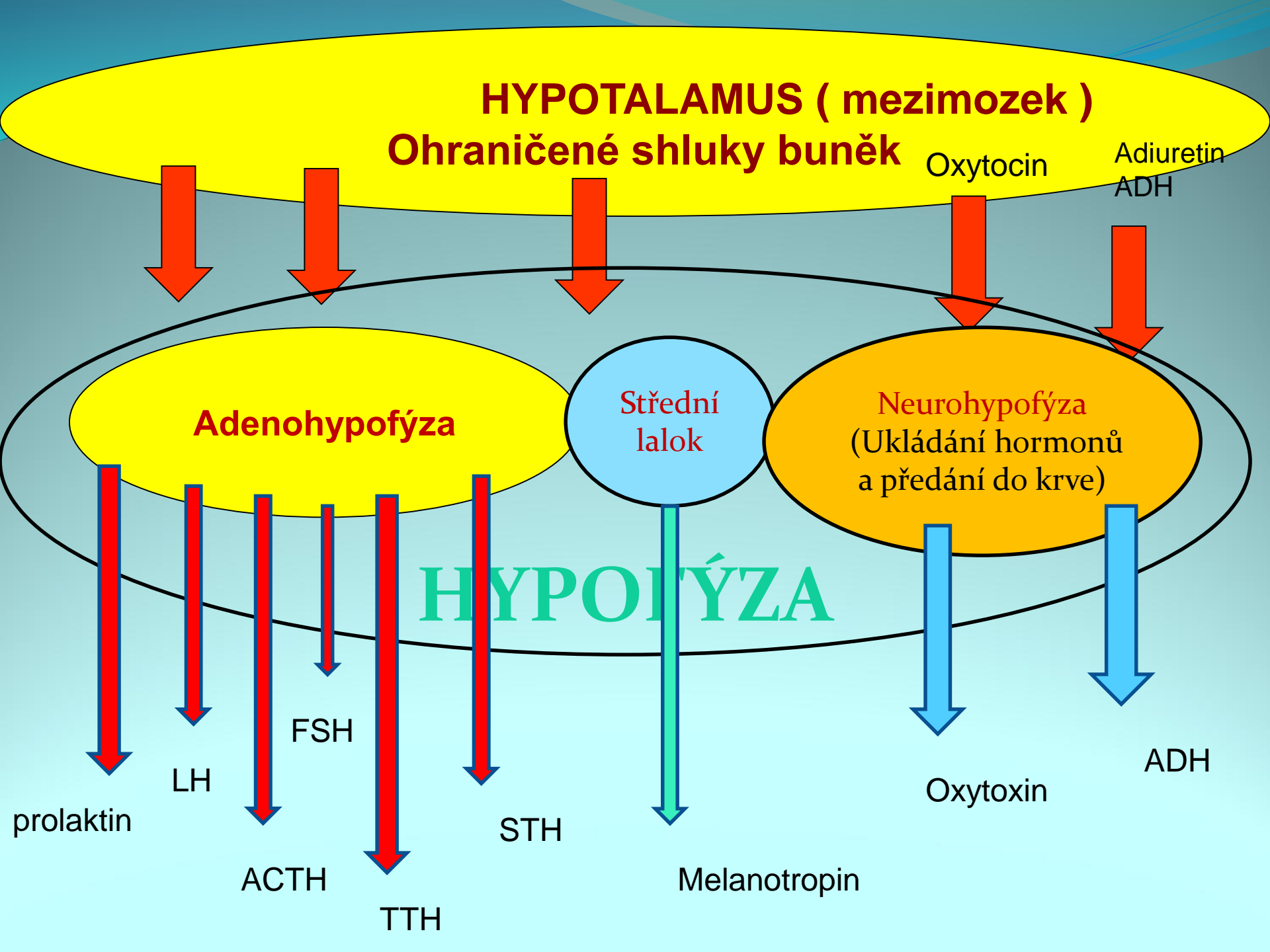
# Hypotalamus

## Hypotalamus

- ovlivňuje** hypofýzu a naopak
- jsou **propojeny** cévně a nervově

## Hypofýza





nc. paraventricularis

nc. supraopticus

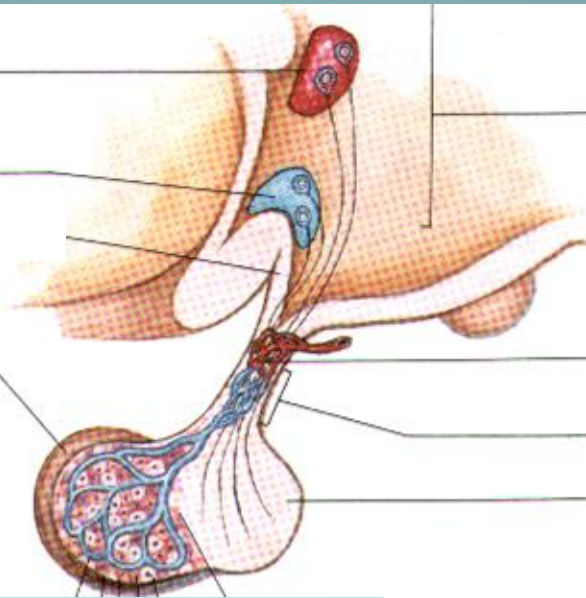
adenohypofýza

hypotalamus

portální systém

infundibulum

neurohypofýza



Hormony tvořené  
v neurohypofýze

ledviny  
(*vasopresin -ADH*)



děloha  
(*oxytocin*)



prsní  
žláza  
(*oxytocin*)



# Účinky vasopresinu (ADH – antidiuretického hormonu)

- ↑ propustnost tlusté části vzestupného raménka Henleovy  
kličky a sběrných kanálek ledvin pro H<sub>2</sub>O



**zadržování vody v organismu**

- ve velkých dávkách – vasokonstrikce → ↑ TK (například při krvácení)
- ↑ sekreci ACTH

# Regulace sekrece vasopresinu

- Zvýšení sekrece vasopresinu

- ✓ ↑ osmotického tlaku plazmy
- ✓ ↓ objemu mimobuněčné tekutiny
- ✓ bolest, emoce, stres
- ✓ fyzická námaha
- ✓ nechutenství, zvracení
- ✓ stání
- ✓ nikotin

- Snížení sekrece vasopresinu

- ✓ ↓ osmotického tlaku
- ✓ ↑ objemu mimobuněčné tekutiny
- ✓ **Alkohol – dehydratační účinky**

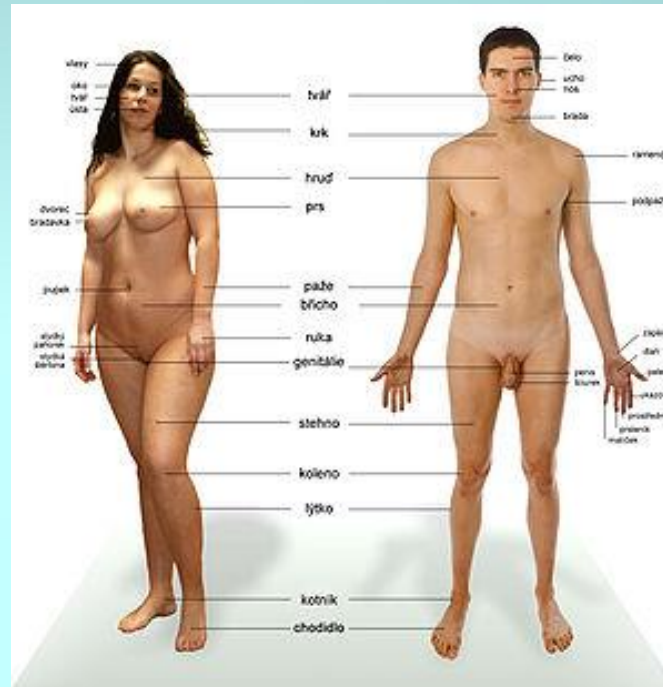
# Účinky oxytocinu

## Ženy

- **ejekce mléka** – kontrakcí myoepiteliálních buněk (podobné hladkému svalstvu, vystylají vývody mléčné žlázy)
- **stah dělohy** – její citlivost na oxytocin je zvyšována estrogeny, tlumena progesteronem (porod, pohlavní styk)
- sekrece se ↑ při stresech a ↓ vlivem alkoholu

## Muži

- ejakulace





nc. paraventricularis

nc. supraopticus

adenohypofýza

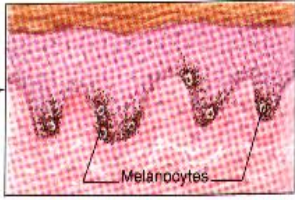
# Hormony tvořené v adenohipofýze

štítná žláza



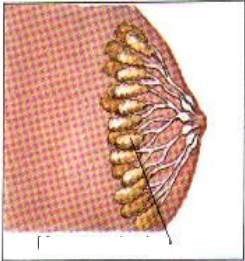
TSH

MSH



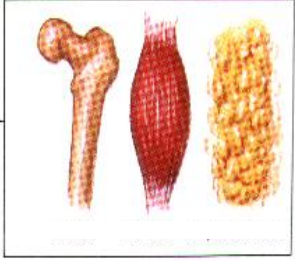
kůže

prsni žláza



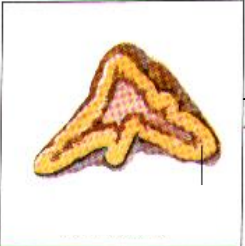
LTH

STH



kost  
sval  
tuková tkáň

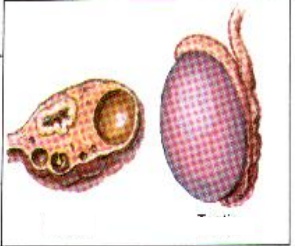
kůra nadledvin



ACTH

FSH

LH



vaječníky  
varlata

# Účinky hormonů adenohypofýzy

## Růstový hormon (STH, GH, somatotropin) - polypeptid

- *stimulace růstu*
- *anabolicky - proteosyntéza* (zvýšené zabudování aminokyselin do proteinů, zrychlení transkripce a translace) – pozitivní N-bilance
- *katabolicky – mobilizace tuků*
- *zvyšuje krevní cukr*
- *zadržení  $Na^+$  a  $K^+$*  nezávisle na aldosteronu

## Prolaktin (PRL) luteotropní hormon

- ✓ nejvyšší sekrece po ránu

- Ženy:

stimulace laktace po porodu

- Muži:

přídavný růstový faktor pro prostatu

## adrenokortikotropní hormon (ACTH)

- ✓ stimuluje růst kůry nadledvin
- ✓ regulace kortikoidů

## **MSH (melanocyty stimulující hormon, melanotropiny)**

- ✓ zrychluje syntézu melaninu (kožního pigmentu)

## **Tyreostimulační hormon (TSH)**

- ✓ stimuluje tvorbu hormonů štítné žlázy (T4 a T3)

## **Gonadotropní hormony ( folikuloestimulační a luteinizační hormon)**

- ✓ vývoj pohlavních orgánů
- ✓ „nastavení“ a průběh puberty
- ✓ menstruační cyklus u žen
- ✓ tvorba spermií u mužů

# Folikulostimulační hormon

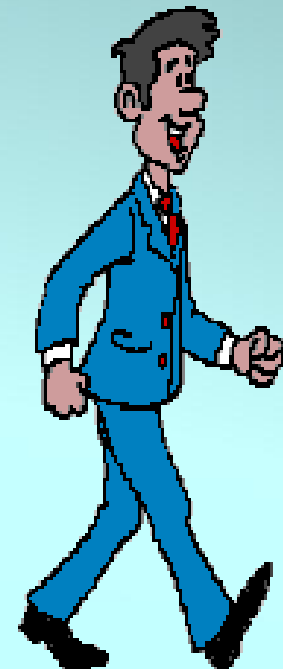
ženy

růst folikulů ve vaječniku



muži

zrání spermií

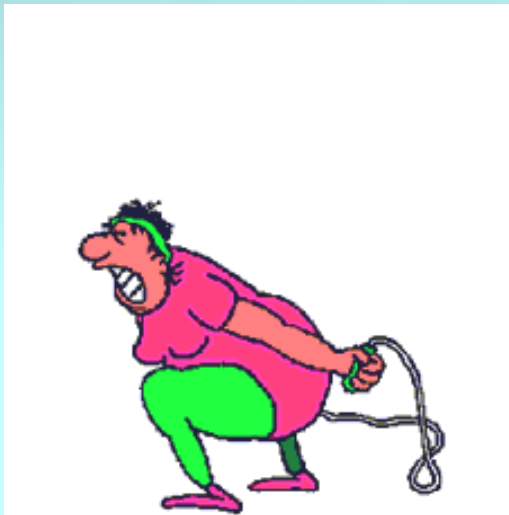


# Luteinizační hormon

Ženy

vaječníky

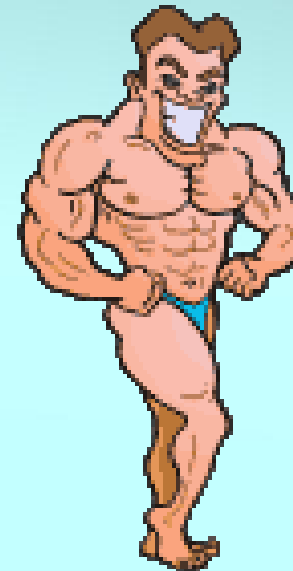
nutný k produkci  
**estrogenů**



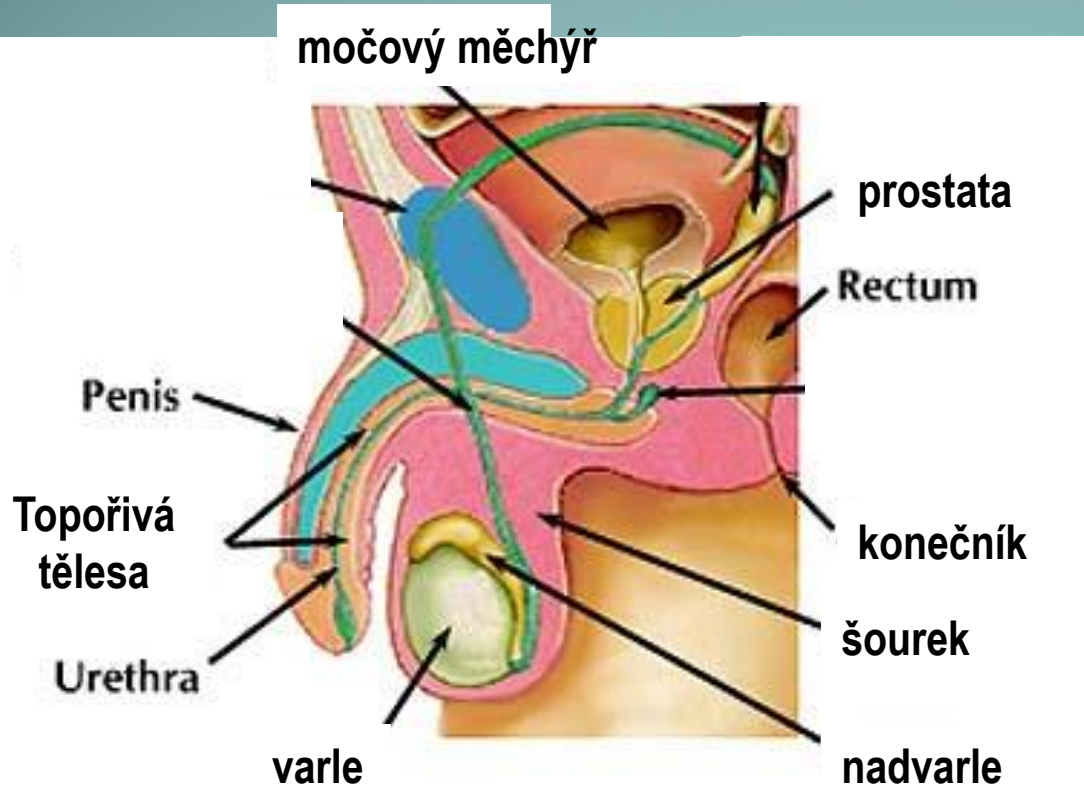
Muži

varlata

nutný k sekreci  
**testosteronu**



# Mužský pohlavní systém



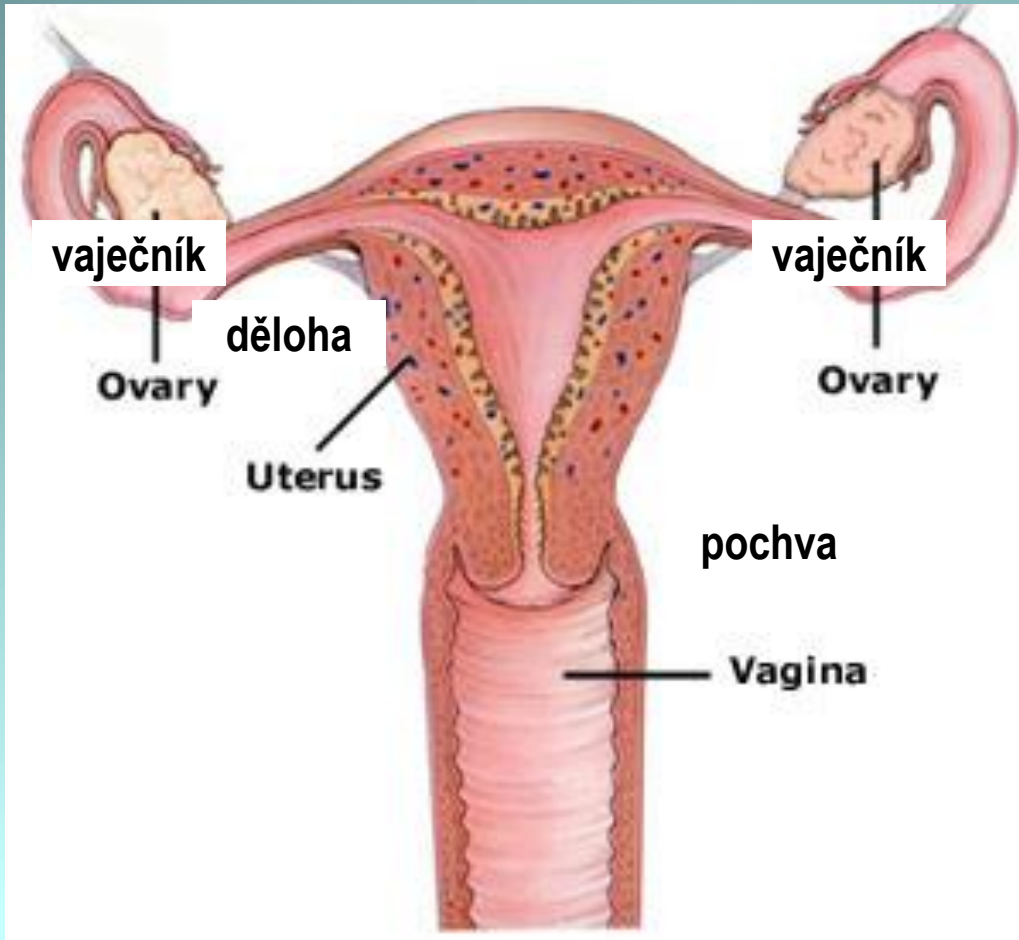
Varle produkuje

**testosteron**

- ovlivňuje vývoj pohlavních orgánů
- ovlivňuje sekundární pohlavní znaky
- zvyšuje syntézu bílkovin (**anabolikum**)
- zesiluje tvorbu kostí
- zvyšuje růst svalové tkáně



# Ženský pohlavní systém

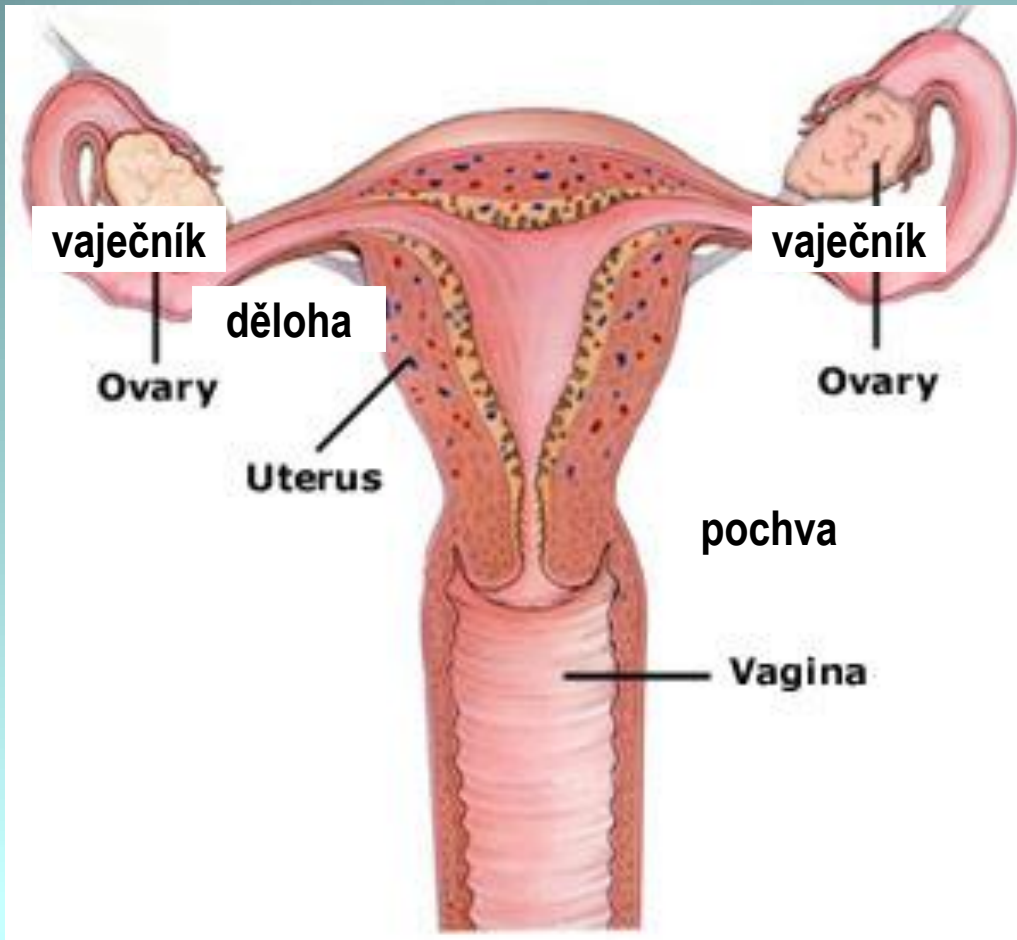


Vaječníky produkují

- estrogeny
- progesteron



# Ženský pohlavní systém



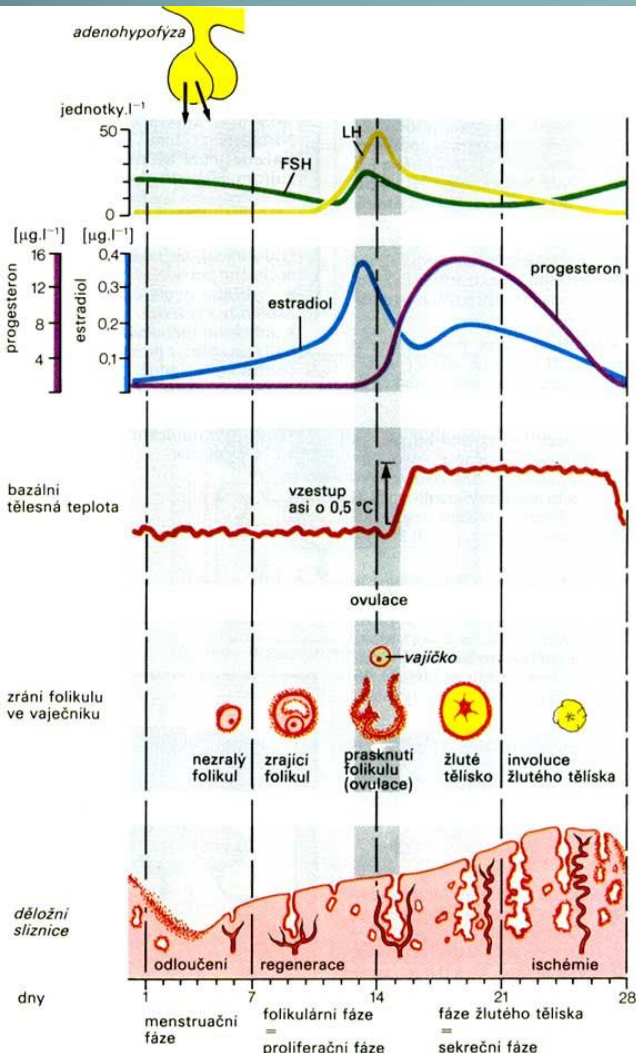
## Estrogeny

- působí na vývoj ženských pohlavních znaků
- zvyšují dráždivost děložního svalstva
- navozují menstruační cyklus
- podporují tvorbu mléka
- ovlivňují tvorbu a ukládání tuků na bocích, na stehnech a na prsou
- zadržují vodu
- mají anabolický účinek (daleko menší než testosteron)
- zvyšují aktivitu parasymptiku
- ovlivňují ženské chování





# menstruační cyklus



Menstruační fáze – 1-5 den

Folikulární (proliferační) fáze 5-14den

Ovulace – 14 den

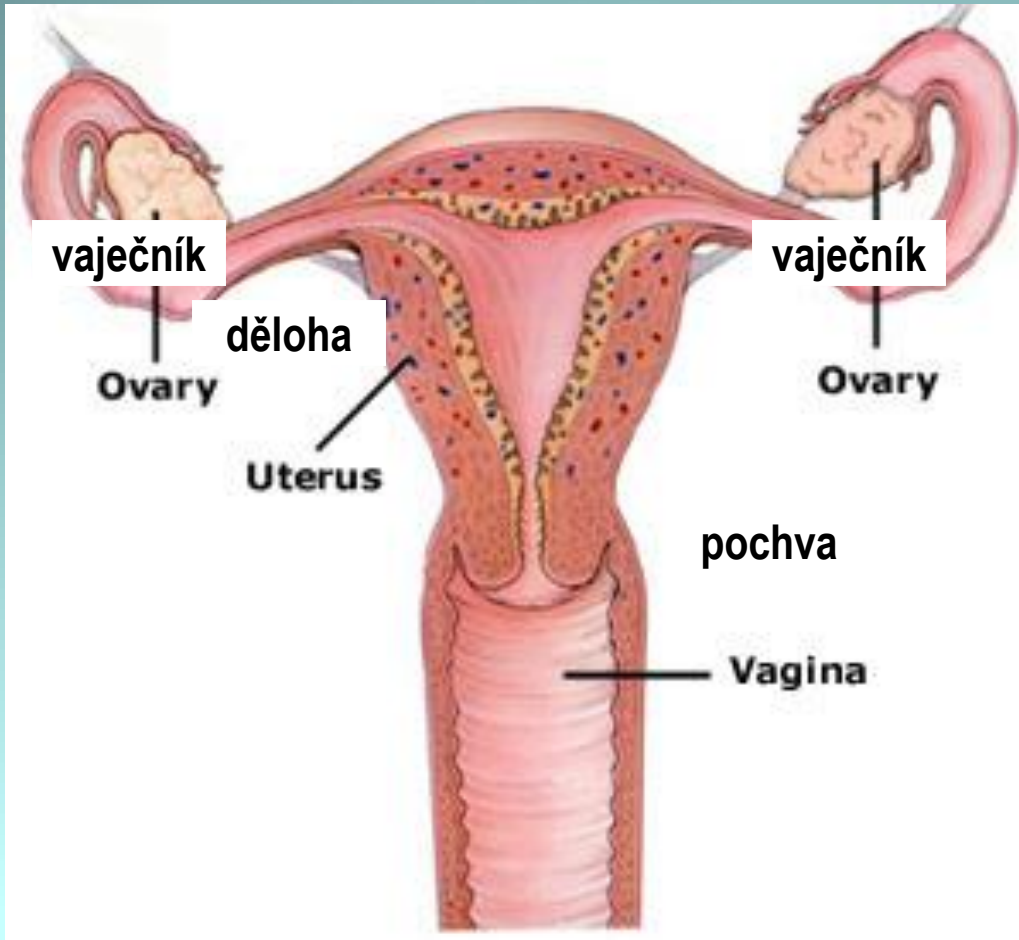
Fáze žlutého tělíska (luteální fáze) – 14-28 den

ESTROGEN:

zadržují vodu a soli; zvyšují metabolismus tuků, snižují hladiny cholesterolu; inhibují vychytávání glukózy tkáněmi; v kostech brzdí růst do délky, urychluje uzavírání epifyzárních štěrbin, potlačení odbourávání kostí a aktivace jejich obnovy

PROGESTERON: stimulace ventilace

# Ženský pohlavní systém



**Progesteron** (vzniká ve **žlutém tělísku**, které zbude po vyplavení vajíčka do vejcovodu)

- působí na další fázi menstruačního cyklu - připravuje děložní sliznici k uhnízdění vajíčka
- způsobuje růst mléčné žlázy
- snižuje vliv estrogenů
- zvyšuje tělesnou teplotu

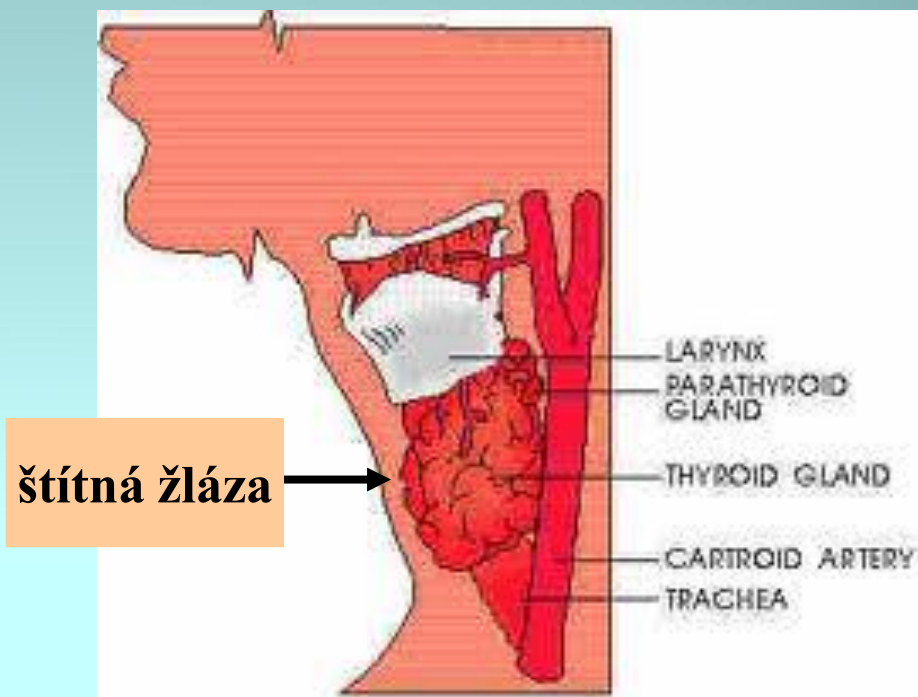
# Štítná žláza

## Hormony:

### T4- tyroxin (T3 – trijodtyronin)

- vyvolávají zvýšení spotřeby  $O_2$  ve většině buněk těla
- jsou nezbytné pro normální růst a zrání
- zvyšují vstřebávání sacharidů ze střeva
- řídí metabolismus tuků (snižují cholesterol v krvi)

kalcitonin snižuje hladinu vápníku v krvi



# Účinky hormonů T3 a T4

## Nervový systém

- nitroděložně a u dětí se podílí na vývoji synapsí, myelinizaci nervů a tak mentálním vývoji
- ovlivňují rychlost reakční doby



# Účinky kalcitoninu

- receptory pro kalcitonin jsou v kostech a ledvinách
- kalcitonin ↓ hladinu vápníku a fosfátu v krvi
- ↑ vylučování  $\text{Ca}^{2+}$  močí
- u mladých jedinců – zvýšená hladina kalcitoninu – snad chrání před zvýšením hladiny vápníku v krvi, ke kterému dochází po jídle

# Příštítná tělíska

- obvykle jsou 4 tělíska
- parathormon
- zvyšuje vstřebávání  $\text{Ca}^{2+}$  z kostí  
↑  $\text{Ca}^{2+}$  v krvi a ↓ fosfátů v krvi
- zvyšuje vylučování fosfátu močí (snížen  
zpětné resorpce fosfátu v proximálním kanálku)
- zvyšuje zpětné vstřebávání  $\text{Ca}^{2+}$   
v distálních tubulech
- zvyšuje tvorbu  
dihydroxycholecalciferolu  
(aktivní vitamín D)
- zvyšuje absorpci  $\text{Ca}^{2+}$  ze střeva

**zvýšení  
vápníku  
v krvi**



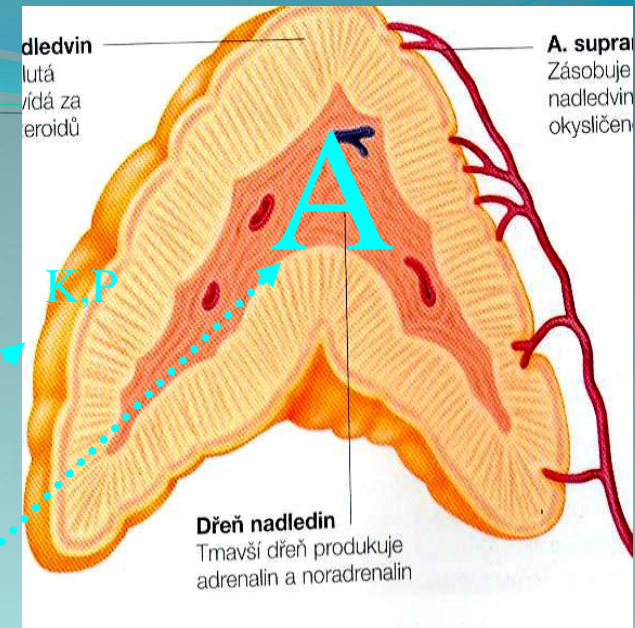
# NADLEDVINY

**Kůra -produkuje hormony:**

- 1.kortikoidy (gluko+mineralokortikoidy)
- 2.pohlavní (androgeny, gestageny, estrogeny)

**Dřeň -produkuje hormony:**

**Adrenalin a Noradrenalin** (stresové hormony, vliv srdce-tachykardie, zvýšení pulsů, hladké svaly – panenky, Tk narůstá



# Účinky hormonů dřeně nadledvin

## Katecholaminy ( adrenalin, noradrenalin)

- ***Metabolické*** (glykogenolýza v játrech a kosterním svalu, mobilizace volných mastných kyselin, vzestup LA)
- ***Srdce*** (zvyšují sílu a rychlost kontrakce, extrasystoly)
- ***Cévy*** (noradrenalin – vasokonstrikce, adrenalin – vasodilatace v kosterních svalech a játrech)
- ***CNS*** (zvyšují bdělost, adrenalin – úzkost a strach)



# Regulace sekrece dřeně nadledvin

## Nervová

- stres (poplachová reakce)

## Selektivní sekrece

- sekrece noradrenalinu při emočním stresu se zvyšuje
- sekrece adrenalinu se zvyšuje za situace, ve které jedinec neví, co má očekávat

# Hormony kůry nadledvin

**Kortizol** aktivují: stres, bolest, strach, pokles TK, hypoglykémie.

Má typický **biorytmus**:

(v noci NL „spí“, dopoledne maximum tvorby Kortizolu)

Typický lék: **Prednison** (vždy v léčbě těžkého: astmatu, zánětů, Revmatismus, chemoterapie autoimunitních nemocí- revma, záněty střeva)

... nadbytek = Cushingova nemoc



**Aldosteron** -hospodaří s minerály Na, K.

Je aktivován nízkým tlakem = **hypotenzí** (při poklesu TK se sníží průtok ledvinami – a buňky juxtaglomerulárního aparátu v nefronu produkují

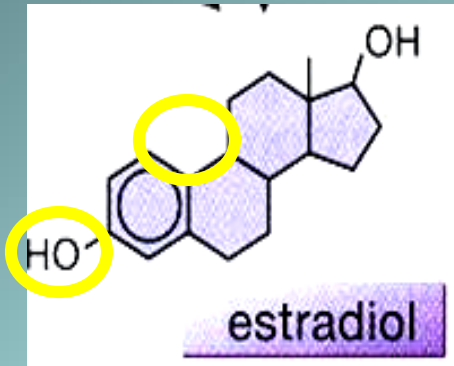
**RENIN – ANGIOTENZIN** – ten aktivuje dřeň NL k produkci ALDOSTERONU

Aldosteron zadrží Na a vodu a tím zvýší TK

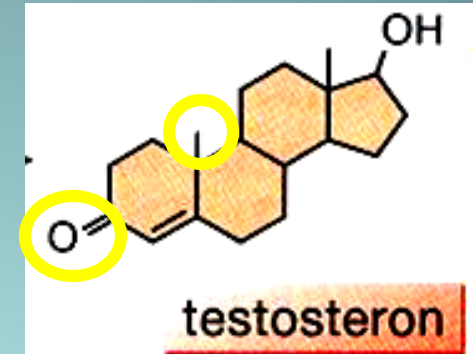
# Účinky glukokortikoidů

- zajišťuje glukoneogenezi v játrech
- potencuje účinek hormonů glukagonu a katecholaminů
- ↑ tvorbu glykogenu
- ↓ vychytávání glukózy ve svalech a tuku → šetří glukózu pro mozek
- ↑ lipolýzu v tukové tkáni
- k potlačení zánětlivých a alergických projevů
- zpomalují degradační účinek kolagenázy na tkáně kloubů (používají se při léčbě revmatoidní artritidy)
- **nedostatek glukokortikoidů**: změny osobnosti (dráždivost, zaujatost, neschopnost koncentrace), zvýšená citlivost na chuťové a čichové podněty
- zesilují srdeční stah
- v žaludku stimulují produkci žaludeční šťávy ( při velkých dávkách možnost peptidového vředu)

# Pohlavní hormony kůry nadledvin



Poznámka:  
rozdíl muže a ženy činí lehce  
pozměněné molekuly hormonů.



- mužské (Androgeny) = Testosteron – mužský vzhled
- ženské (Gestageny-Progesteron, Estrogeny)

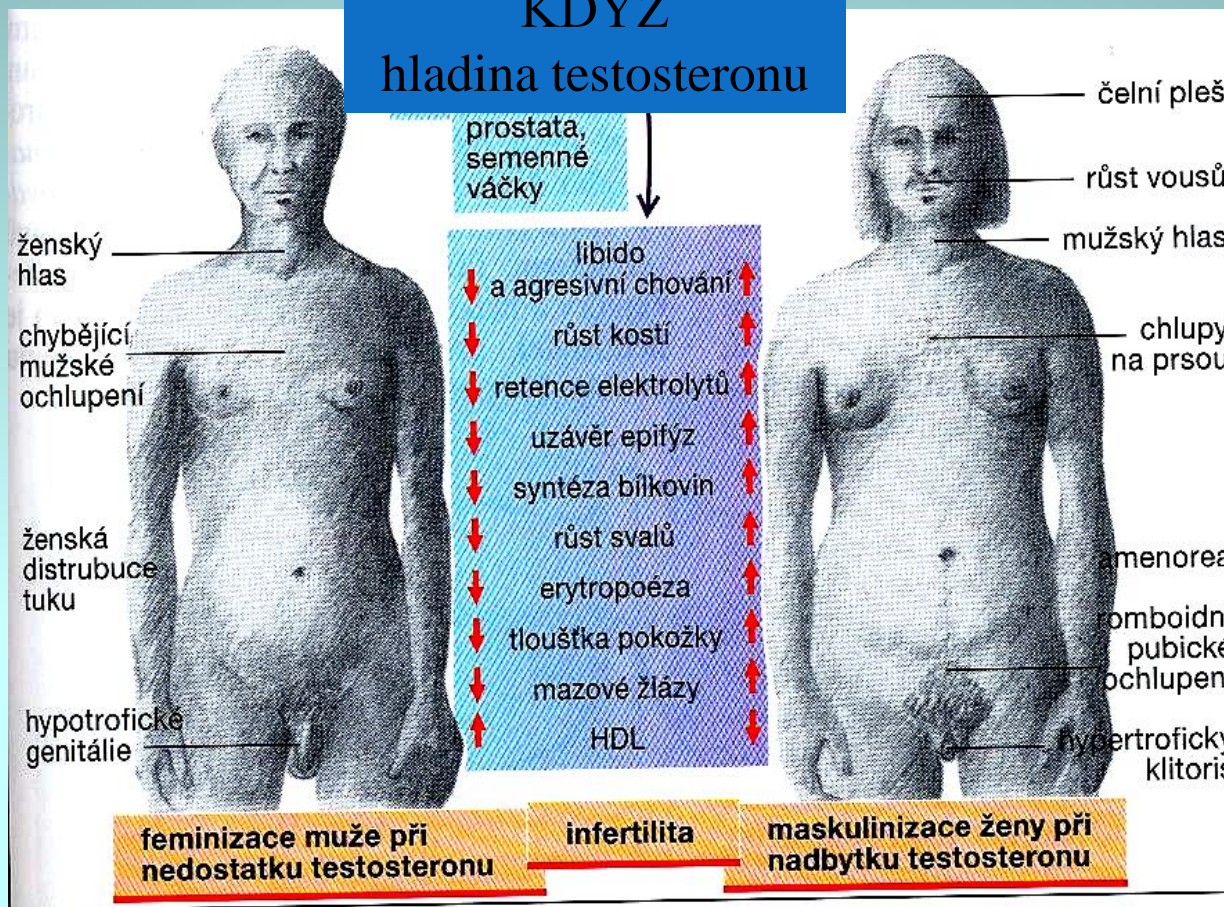
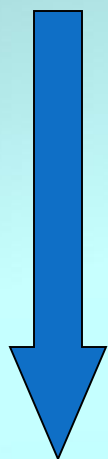
Pohl.hormony: vývoj zevních pohlavních znaků-vzhled,  
ochlupení, vzhled a vývin genitálu, tukové  
rozložení, hlas, pleš)

# Testosteron

(zevní pohlavní znaky-vzhled, ochlupení, tukové rozložení, genitálie, hlas)

Co se stane,  
KDYŽ  
hladina testosteronu

Klesá  
u  
mužů  
??

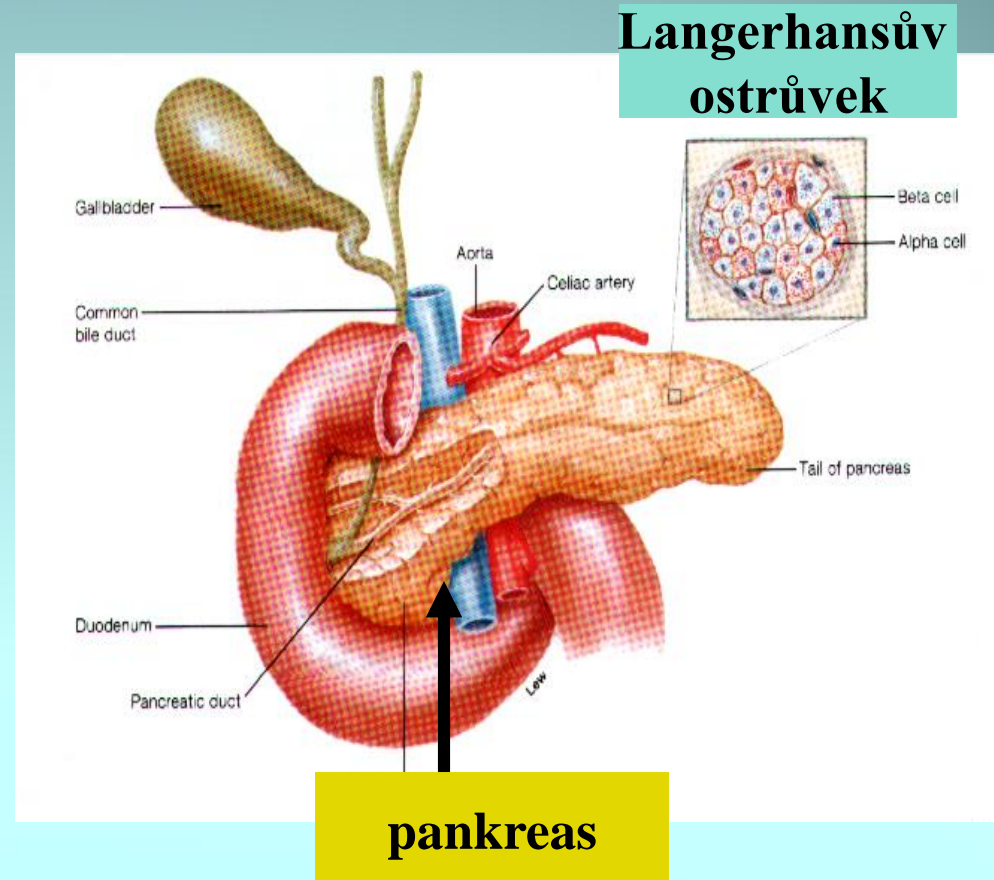


roste  
u  
žen  
??



# Slinivka břišní - pankreas

- Inzulín (B buňky),  
glukagon (A buňky) –  
regulace intermediárního  
metabolismu sacharidů,  
bílkovin a tuků
- Somatostatin – regulace  
sekrece ostrůvků



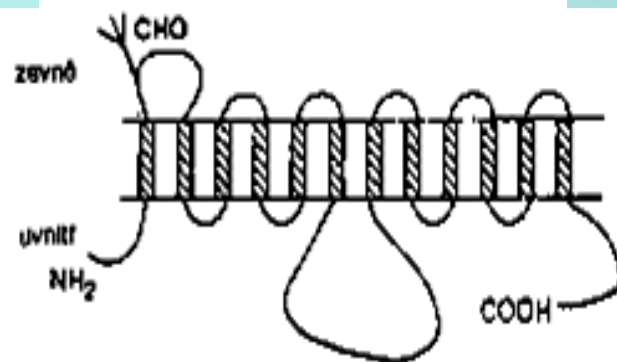
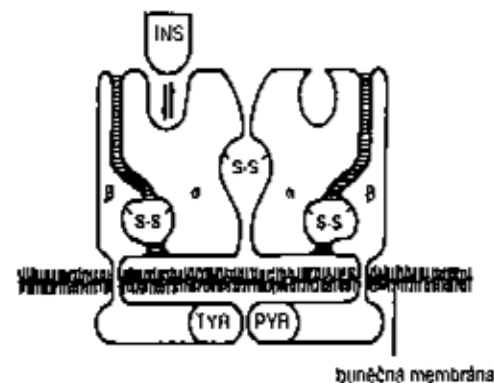
# Inzulínová aktivita

- inzulín - poločas v krvi 5 minut
- inzulín se váže na inzulínové receptory (podle typu buněk spouští specifické účinky)
- komplexy **inzulín-receptory** se shlukují a endocytózou do buněk – do lysozomů
- 80% inzulínu – odbouráváno v játrech a ledvinách

# Krevní cukr a inzulín

- lipidová buněčná membrána je pro glukózu **neprostupná**
- inzulín usnadňuje vstup glukózy (*facilitovaná difúze*) do buněk zvyšováním počtu tzv. glukózových transportérů v bb.membránách
- **GLUT4 (receptor)** je ve svalech a tukové tkáni a je stimulován inzulínem
- transportér aktivovaný inzulínem se z nitrobuněčné oblasti „přesune“ do bb. membrány a tím umožní vstup glukózy

inzulínový receptor



glukózový transportní systém



# Ostatní účinky inzulínu

- Inzulín a draslík

inzulín  
(aktivace  $\text{Na}^+\text{K}^+$ -ATP-ázy v  
membránách buněk)

↓  
vstup  $\text{K}^+$  do buněk

↓  
↓  $\text{K}^+$  v mimobuněčné  
tekutině

(= hypokalémie)

- Ostatní účinky

- stimuluje glykogen-syntázu  
→ tvorba glykogenu

- podporuje rozštěpení glukózy na  
dvouuhlíkaté fragmenty  
→ lipogeneze (tvorba  
tuků)

- stimulace proteosyntézy (tvorby  
vlastních bílkovin) a útlum  
odbourávání vlastních bílkovin  
→ růst

# Regulace sekrece inzulínu

## Vegetativní nervový systém

- stimulace n.vagus **sekreci zvyšuje**
- stimulace sympatiku **tlumí sekreci**

## Námaha

- **zvyšuje afinitu inzulínových receptorů ve svalech**

# Tvorba a sekrece glukagonu

- je tvořen v A buňkách Langerhansových ostrůvků slinivky břišní
- chemicky se jedná o polypeptid
- v krevním oběhu má poločas 5-10 minut
- odbouráván je především v játrech
  
- Účinky:
  - glykogenolýza (ne ve svalech)
  - glukoneogeneze (v játrech z aminokyselin)
  - lipolýza
  - ketogeneze (v játrech)

# Regulace sekrece glukagonu

- *pokles cukru v krvi* → ↑ sekrece glukagonu
- *stimulace sympatiku* → ↑ glukagonu (námaha, infekce, stres)
- *zvýšený příjem bílkovin (glukogenních aminokyselin)*  
→ ↑ glukagonu
- *akutní hladovění* - ↑ glukagonu (první tři dny)
- ↓ glukagon - vlivem somatostatinu, sekretinu, volných mastných kyselin, ketolátek

# Faktory ovlivňující sekreci glukagonu

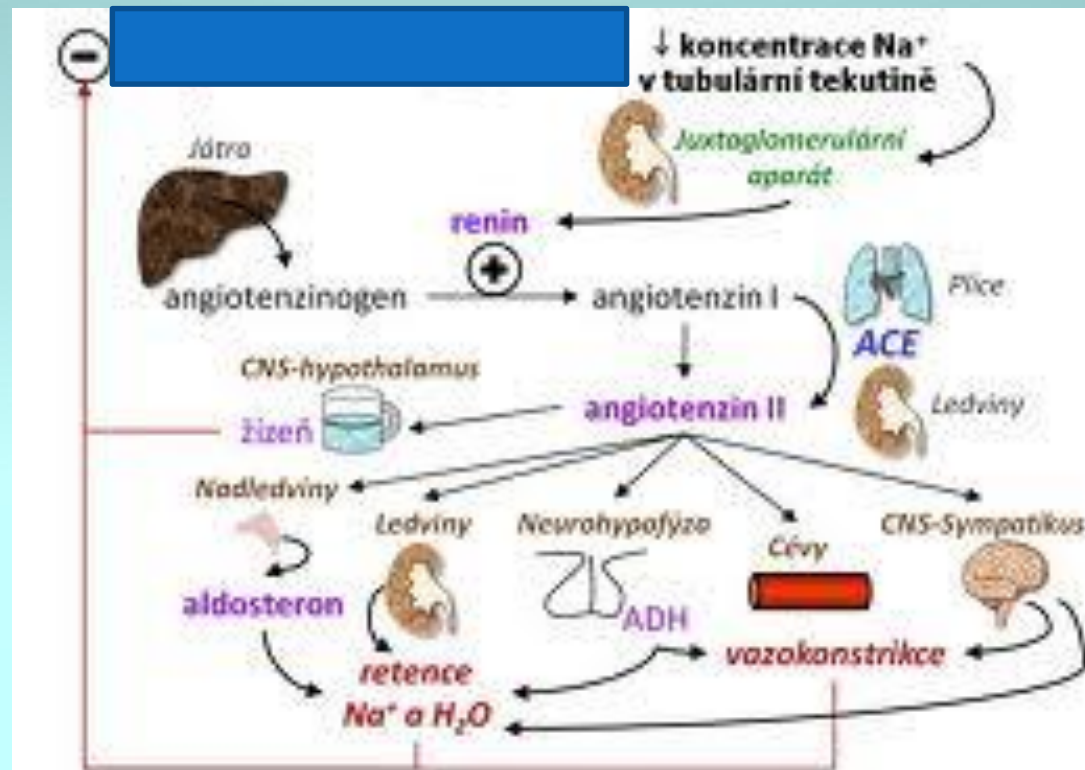
stimulátory	inhibitory
<p><i>Aminokyseliny (glukoplastické: alanin, serin, glycin, cystein, threonin)</i></p> <p><i>Cholecystokinin</i></p> <p><i>Gastrin</i></p> <p><i>Kortisol</i></p> <p><i>Námaha</i></p> <p><i>Infekce a jiné stresy</i></p>	<p><i>Glukóza</i></p> <p><i>Somatostatin</i></p> <p><i>Sekretin</i></p> <p><i>Volné mastné kyseliny</i></p> <p><i>Ketolátky</i></p> <p><i>Inzulín</i></p> <p><i>GABA</i></p>

# Ledviny jako endokrinní orgán

## erythropoetin

- glykoprotein
- jeho sekreci hypoxie, katecholaminy, prostaglandiny
- stimuluje tvorbu červenýchrvinek

## RAA (renin-angiotenzin-aldosteron)



# Hormony trávicího traktu


## Gastrin

- tvořen buňkami v žaludeční sliznici (ve fetálním období i ve slinivce břišní)
- *Účinky:*
  - stimulace sekrece HCl a pepsinu v žaludku
  - stimulace růstu sliznice žaludku a tenkého a tlustého střeva
  - kontrakce svaloviny uzavírající vyústění jícnu do žaludku
  - stimulace sekrece inzulinu (po bílkovinné stravě) a glukagonu

## Cholecystokinin-pankreozymin

➤ je tvořený ve dvanáctníku a tenkém střevě

*Účinky:*

- kontrakce žlučníku
- sekrece šťávy slinivky břišní bohaté na enzymy
- tlumí vyprazdňování žaludku
- zvyšuje sekreci enterokinázy  ↑ motility tenkého střeva a tračníku

## Sekretin

➤ tvořen v buňkách horního úseku tenkého střeva

➤ *Účinky:*

- ↓ sekrece HCl

## GIP (gastrointestinální peptid, na glukóze závislý insulinotropní polypeptid)

➤ tvořen v buňkách duodena a tenkého střeva

➤ *Účinky:*

- ↓ žaludeční sekreci a motilitu
- ↑ sekreci B buňky slinivky břišní



- **VIP (Vasoaktivní intestinální peptid)**

- nachází se v nervech zažívacího traktu

- *Účinky:*

- ↑ sekreci elektrolytů a vody
- relaxace hladkého svalstva střeva (i svěračů)
- vasodilatace periferních krevních cév
- ↓ sekrece HCl v žaludku

- **Motilin**

- z buněk sliznice dvanácterníku

- *Účinky:*

- kontrakce hladkého svalstva střeva