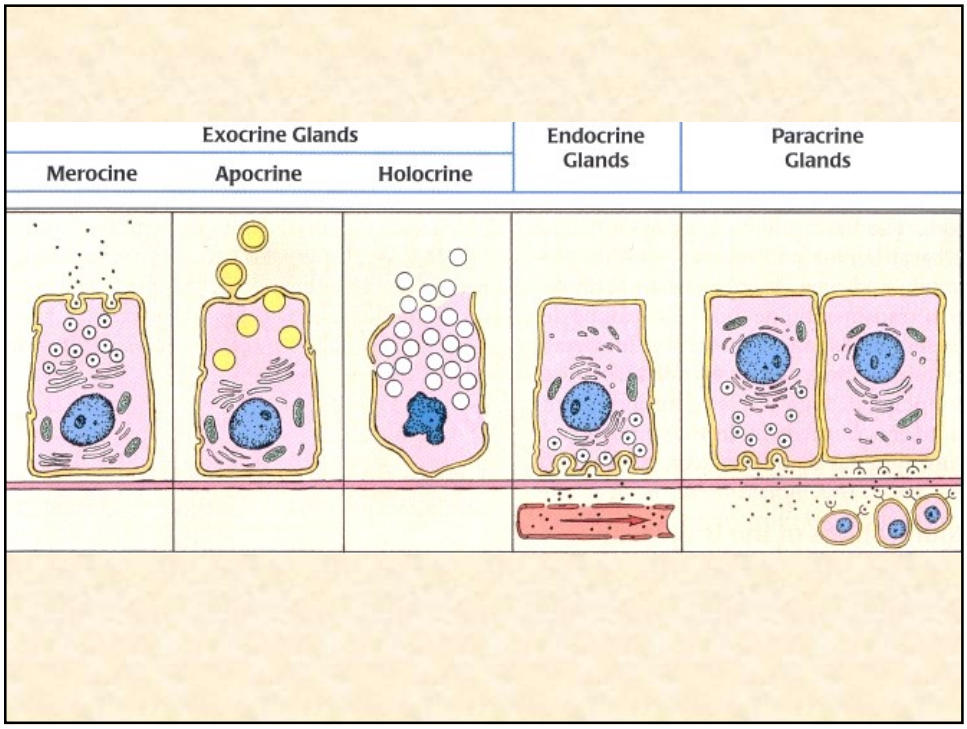
# Endokrinný systém

## Súčasti endokrinného systému

- špecializované endokrinné žľazy (napr. štítna žľaza)
- špecializované endokrinné bunky (roztrúsené v iných tkanivách – napr. bunky tvoriace hormóny GIT)




**Definícia hormónu (Bayliss a Starling, 1902)**
**Hormón je každá látka tvoriace sa normálne v bunkách určitých častí tela a prenášaná krvným prúdom na vzdialenejšie (cieľové) miesta, ktoré ovplyvňuje na prospech organizmu ako celku.**

**Nová definícia hormónu**
**– každá látka, ktorá je schopná niesť biologicky relevantnú informáciu**

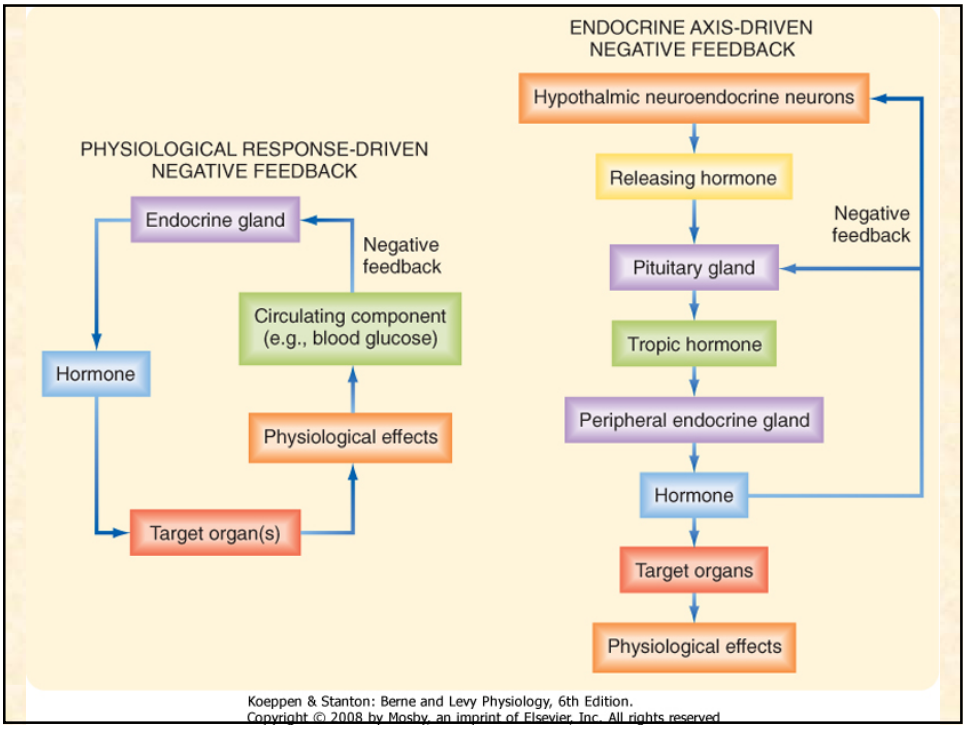
## Všeobecná charakteristika hormónov

1. sú secernované určitou rýchlosťou a ich uvoľňovanie má špecifické rysy (denné, pulzačné, cyklické, závislé na výške hladiny cirkulujúceho substrátu)

2. ich sekrécia je regulovaná systémom spätnej väzby

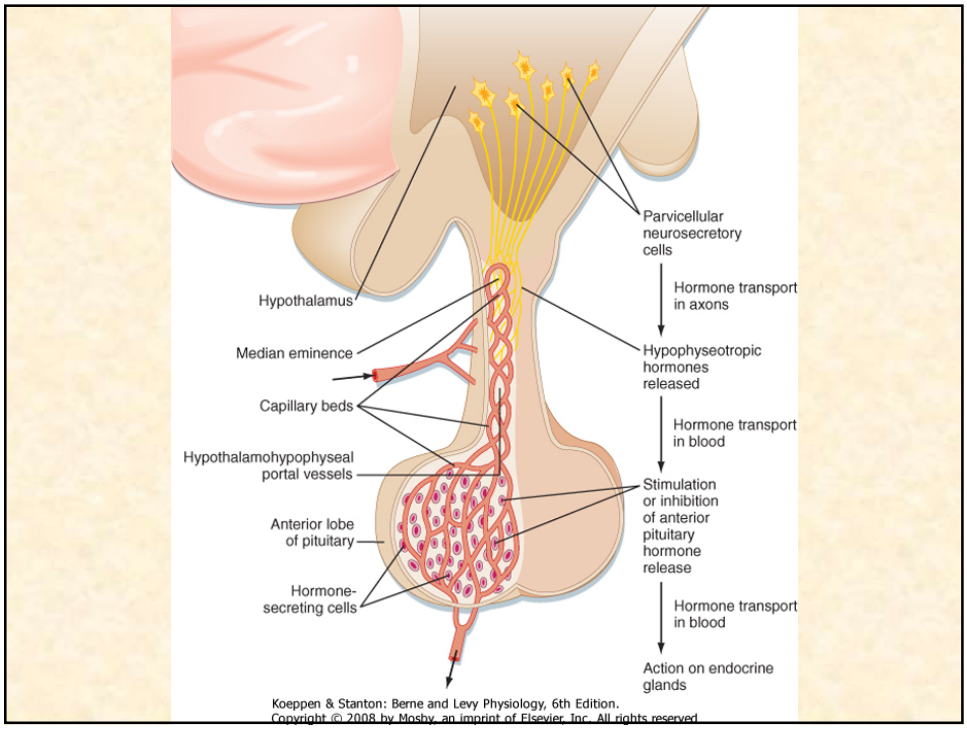
3. ovplyvňujú len bunky, ktoré majú špecifické receptory pre väzbu a pôsobenie určitého hormónu

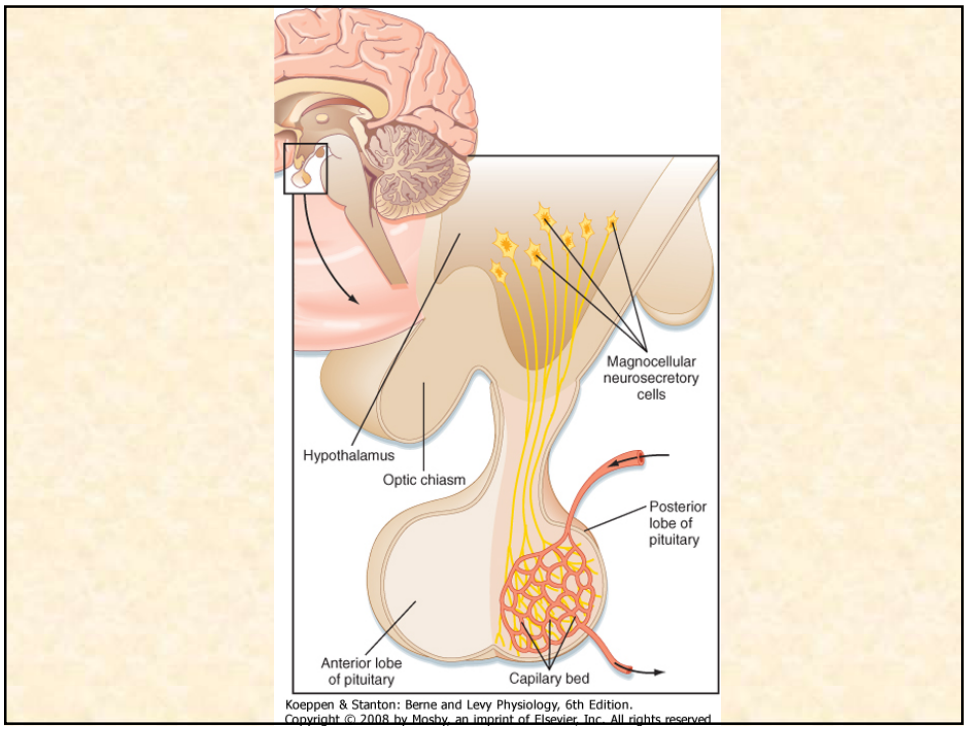
4. sú vylučované obličkami, deaktivované pečeňou, resp. v iných tkanivách



1. Adenohypofýza
2. Neurohypofýza
3. Epifýza - melatonín
4. Dreň nadobličiek
5. Kôra nadobličiek
6. Štítna žľaza
7. Prištítna žľaza
8. Endokrinný pankreas
9. Srdce – ANP, BNP
10. Obličky – RAS
11. Pečeň
12. Hormóny tráviaceho systému

Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved


Parvicellular neurosecretory cells
Hormone transport in axons
Hypothalamus
Median eminence
Hypophyseotropic hormones released
Capillary beds
Hormone transport in blood
Hypothalamohypophyseal portal vessels
Stimulation or inhibition of anterior pituitary hormone release
Anterior lobe of pituitary
Hormone-secreting cells
Hormone transport in blood
Action on endocrine glands
Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.


Magnocellular neurosecretory cells
Hypothalamus
Optic chiasm
Posterior lobe of pituitary
Anterior lobe of pituitary
Capilary bed
Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

## Hypotalamické neurohormóny regulujúce adenohypofýzu

- liberíny

- **Tyreoliberín** – thyrotropin releasing hormone
- 1977 – Nobelova cena za určenie jeho štruktúry – tripeptid
- syntetizuje sa v parvocelulárnej časti *nucleus paraventricularis*
- v krvi a tkanivách sa degraduje za niekolko minút
- stimuluje tvorbu tyreotropného hormónu a prolaktínu v hypofýze
- jeho syntézu inhibujú hormóny štítnej žľazy

- **Gonadoliberín** – gonadotropin releasing hormone
- dekapeptid
- neuróny, ktoré ho tvoria sú v mediálnej preoptickej a paraventrikulárnej oblasti hypotalamu a v *nucleus arcuatus*
- stimulujú sekréciu luteinizačného hormónu (LH) a hormónu stimulujúceho folikuly (FSH)

- **Kortikoliberín** – corticotropin releasing hormone
- peptid zo 41 aminokyselín
- syntetizuje sa v parvocelulárnych neurónoch *nucleus paraventriculáris*
- stimuluje syntézu proopiomelanokortínu

- **Somatoliberín** – growth hormone-releasing hormone
- 44 aminokyselín
- syntetizuje sa v *nucleus arcuatus*

Statíny

- **somatostatín**
- dve formy, 14 a 28 aminokyselín
- tvorený v prednej periventrikulárnej oblasti hypotalamu
- inhibuje sekréciu TSH a STH

- **prolaktostatín** - **dopamín**
- inhibuje vyplavovanie PRL a TSH

## Hypotalamické hormóny transportované do neurohypofýzy

- **Antidiuretický hormón** (ADH) – **Arginín – vazopresín** (AVP) – 9AK
- tvorí sa v magnocelulárnych neurónoch *nucleus paraventricularis* a *supraopticus*
- syntéza ADH je regulovaná osmolaritou zaznamenanou osmoreceptormi v 3. mozgovej komore a zmenami v krvnom tlaku (baroreceptory v prdsieňach srdca a *sinus aorticus* a *arcus aortae*)
- zvyšuje spätné vychytávanie vody akvaporínmi v zberných kanálikoch obličiek
- má vazokonstrikčný účinok

- **Oxytocín** – 9AK
- tvorí sa v *nucleus supraopticus* a *paraventricularis*
- dilatácia pôrodných ciest tlakom plodu
- dráždenie bradaviek – vylučovanie mlieka
- indukcia pôrodu

## Hypofýza

- adenohypofýza
- neurohypofýza
- portálny hypotalamo-hypofýzový krvný obeh

- **Adenohypofýza**
- 50% buniek – somatotropné bunky – produkujú rastový hormón (STH)
- laktotropné bunky produkujú prolaktín (PRL)
- kortikotropné bunky produkujú adrenokortikotropný hormón (ACTH)
- tyreotropné bunky produkujú tyreotropný hormón (TSH)
- gonadotropné bunky produkujú luiteinizačný hormón (LH) a folikuly stimulujúci hormón (FSH)

- ACTH, TSH, LH a FSH riadia endokrinné žľazy
- STH a PRL riadia priamo cieľové orgány

- STH a PRL – bielkoviny
- TSH, LH a FSH – glykoproteíny
- ACTH – peptid

- POMC – ACTH, beta-endorfín a alfa-MSH

Úloha liberínov a statínov - viacero správnych možností **hlasovanie 8**

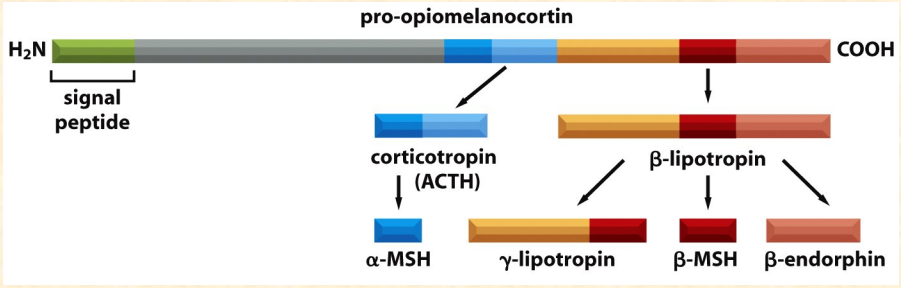



Figure 13-67 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)

- tyreotropný hormón (TSH) – stimulácia kôry štítnej žľazy
- rastový hormón (STH) – stimulujúca rastu a metabolizmu

- adrenokortikotropný hormón (ACTH) – stimulácia kôry nadobličiek

- prolaktín (PRL) – stimulácia laktácie
- luiteinizačný hormón (LH) – stimulácia žltého telieska, gestagény (progesterón) – príprava pohlavného ústrojenstva na prijatie oplodneného vajíčka a udržanie tehotenstva (vtedy ho tvorí placenta)
- folikuly stimulujúci hormón (FSH)
  - u žien - stimulácia folikulov, sekrécia estrogénov
  - u mužov stimulácia spermatogenézy v semenníkoch

## Štítna žľaza

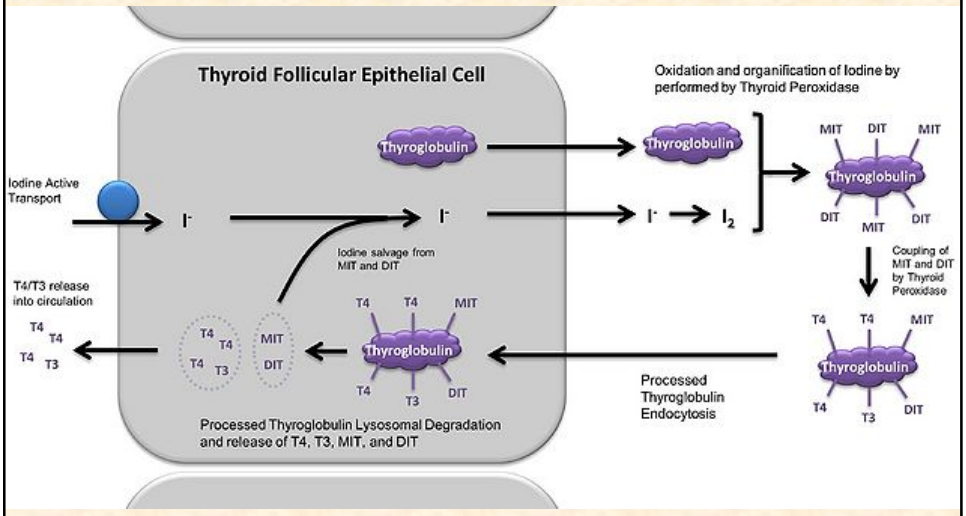
- *glandula thyroidea* – 20g
- predná strana trachey, dva laloky spojené mostíkom
- kruhové folikuly s jednou vrstvou folikulárnych buniek, vonkajšiu stranu tvorí bazálna lamina, na apikálnej strane je dutina vyplnená koloidom
- medzi folikulmi je väzivo s cievami, nervami a parafolikulárnymi bunkami (C-bunky)

- hormonálny produkt:
  tyroxín – 3,5,3',5' – tetrajódtyronín T4
  trijódtyronín - 3,5,3' – trijódtyronín T3

v parafolikulárnych bunkách sa tvorí kalcitonín

hlasovanie 9

- jód sa v štítnej žľaze aktívne vychytáva proti koncentračnému gradientu za spotreby energie (30x viac)
- cez membránu sa dostáva pomocou NIS – natrium iodide symporter
- oxiduje sa pomocou peroxidázy
- medziprodukt sa pomocou proteínu pendrín dostáva do lumenu a viaže sa na tyreoglobulín syntetizovaný folikulárnou bunkou
- tyrozínové zvyšky sa iodidujú, vzniká mono (MIT) alebo dijódtyrozín (DIT)
- spojením dvoch molekúl DIT vzniká tyroxín, spojením MIT a DIT vzniká trijódtyronín
- hormóny sa skladajú v koloide lumenu folikula
- pôsobením TSH sa pinocitózou koloid dostáva do folikulárnej bunky, tyreoglobulín sa hydrolyzuje, T4 a T3 sa secernujú do krvi



Štítna žľaza secernujee 80 % T4 a 20 % T3
T4 je prohormón, pretože 70-90 % T3 vzniká v tkanivách jeho deiodáciou

- u dospelých jedincov je hlavný účinok T4 a T3 metabolický, kalorigénny, zvyšujú premenu všetkých živín, respiráciu a spotrebu kyslíka
- účinkujú na základe ovplyvnenia mitochodrií a bunkového jadra

- pri ich deficiencii môže môže vznikať hypometabolizmus, hypotermia

- **kalcitonín** – znižuje koncentráciu vápnika a fosforu v krvi tak, že inhibuje uvoľňovanie vápnika z kostí znížením aktivity osteklastov a inhibuje resorpciu vápnika v obličkách

- **prištítna žľaza** – **parathormón**, uvoľňuje vápnik z kostí, v obličkách stúpa resoprcia vápniku

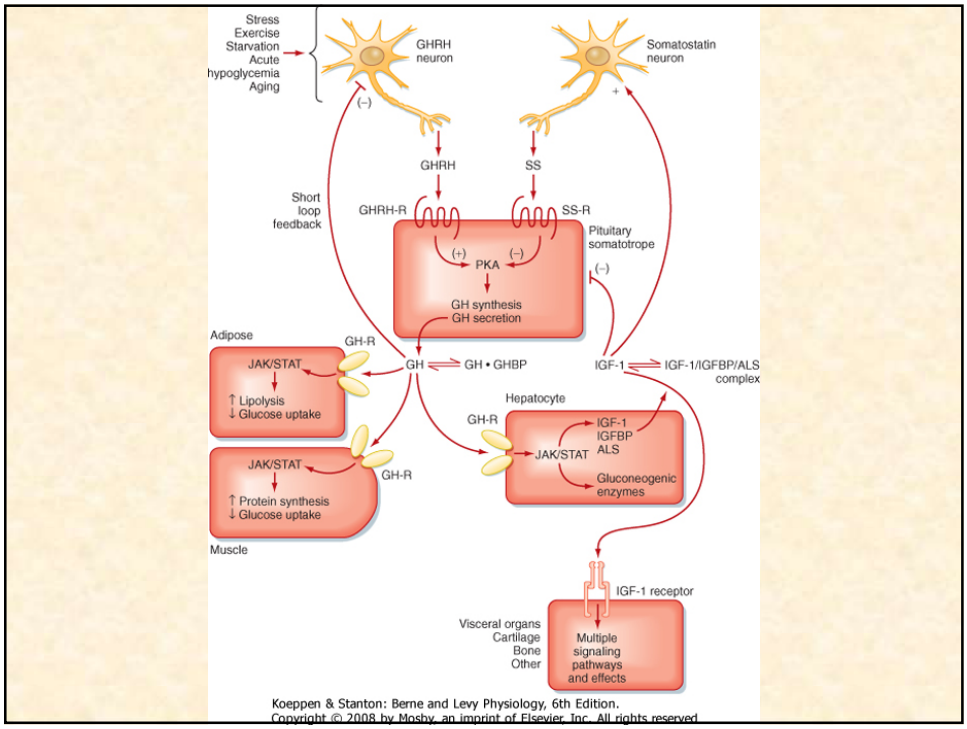
**rastový hormón (STH, GH)**

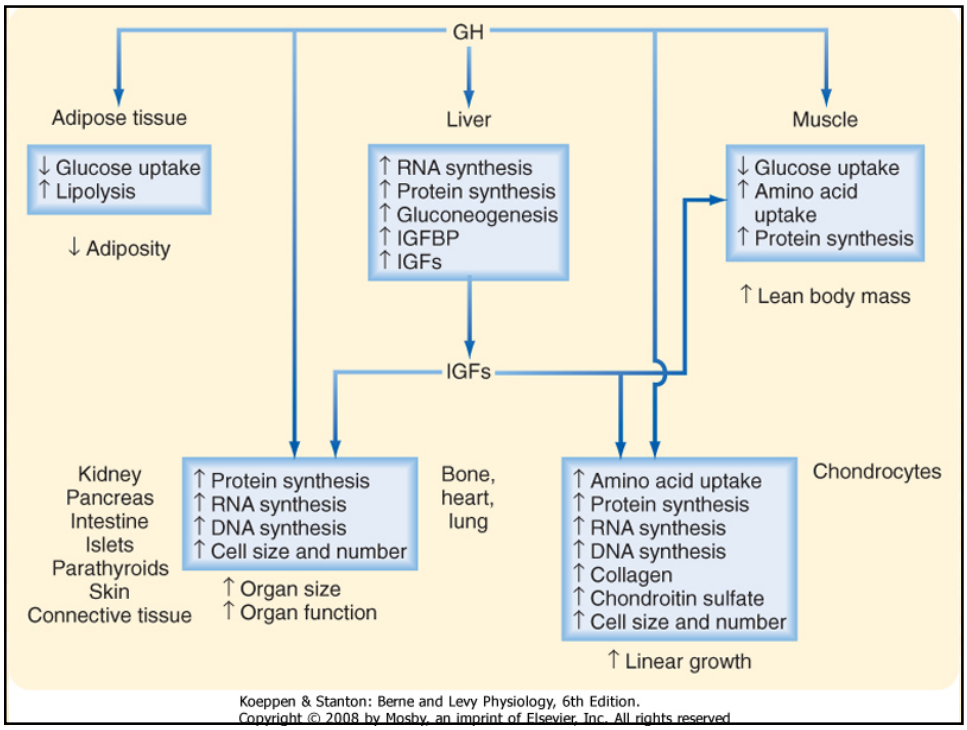
hlasovanie 10

- včasný a neskorý účinok
- anabolický alebo diabetogénny účinok

- včasná fáza: vychytávanie a utilizácia glukózy
- neskorá fáza: zvýšená mobilizácia nenasýtených mastných kyselín, inhibícia vychytávania glukózy a jej mobilizácie, inhibícia sekrécie inzulínu

- STH sa viaže na membránové receptory v rôznych orgánoch a indukuje tvorbu somatomedínov resp. inzulínu podobných rastových faktorov (IGF I a II) priamo v tkanivách

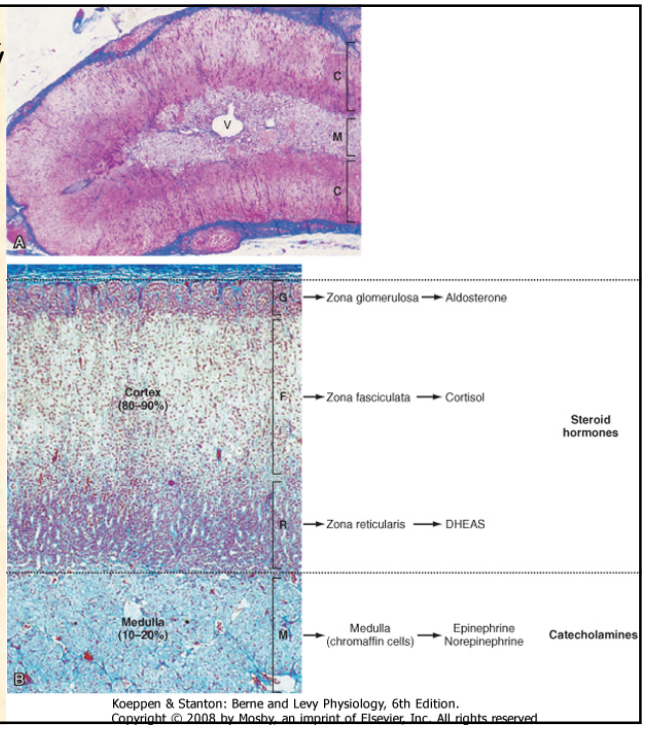

Stress
Exercise
Starvation
Acute hypoglycemia
Aging
GHRH neuron
Somatostatin neuron
(–)
+
GHRH
SS
Short loop feedback
GHRH-R
SS-R
Pituitary somatotrope
(+)
PKA
(–)
GH synthesis
GH secretion
(–)
Adipose
GH-R
JAK/STAT
↑ Lipolysis
↓ Glucose uptake
GH
GH • GHBP
IGF-1
IGF-1/IGFBP/ALS complex
Hepatocyte
GH-R
IGF-1
IGFBP
ALS
JAK/STAT
Gluconeogenic enzymes
JAK/STAT
GH-R
↑ Protein synthesis
↓ Glucose uptake
Muscle
IGF-1 receptor
Visceral organs
Cartilage
Bone
Other
Multiple signaling pathways and effects
Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.


GH
Adipose tissue
↓ Glucose uptake
↑ Lipolysis
↓ Adiposity
Liver
↑ RNA synthesis
↑ Protein synthesis
↑ Gluconeogenesis
↑ IGFBP
↑ IGFs
Muscle
↓ Glucose uptake
↑ Amino acid uptake
↑ Protein synthesis
↑ Lean body mass
IGFs
Kidney
Pancreas
Intestine
Islets
Parathyroids
Skin
Connective tissue
↑ Protein synthesis
↑ RNA synthesis
↑ DNA synthesis
↑ Cell size and number
↑ Organ size
↑ Organ function
Bone, heart, lung
↑ Amino acid uptake
↑ Protein synthesis
↑ RNA synthesis
↑ DNA synthesis
↑ Collagen
↑ Chondroitin sulfate
↑ Cell size and number
↑ Linear growth
Chondrocytes
Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

adrenokortikotropný hormón (ACTH)
- dreň nadobličiek

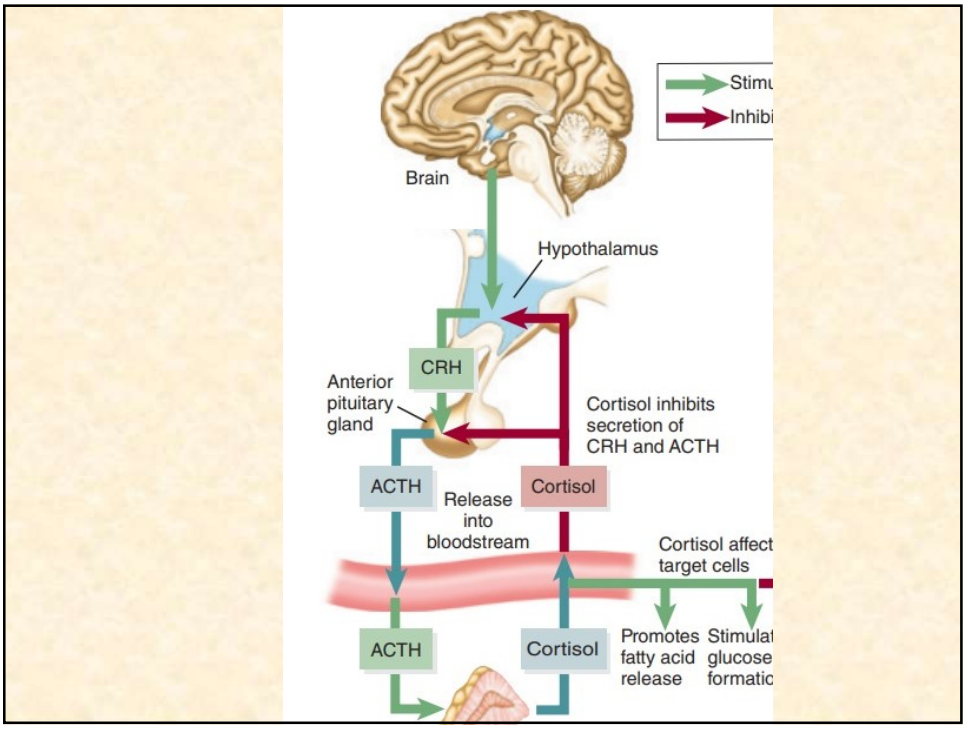
**hlasovanie 11**

DHEAS - Dehydroepiandrosterone sulfate, prispieva k androgenizácii



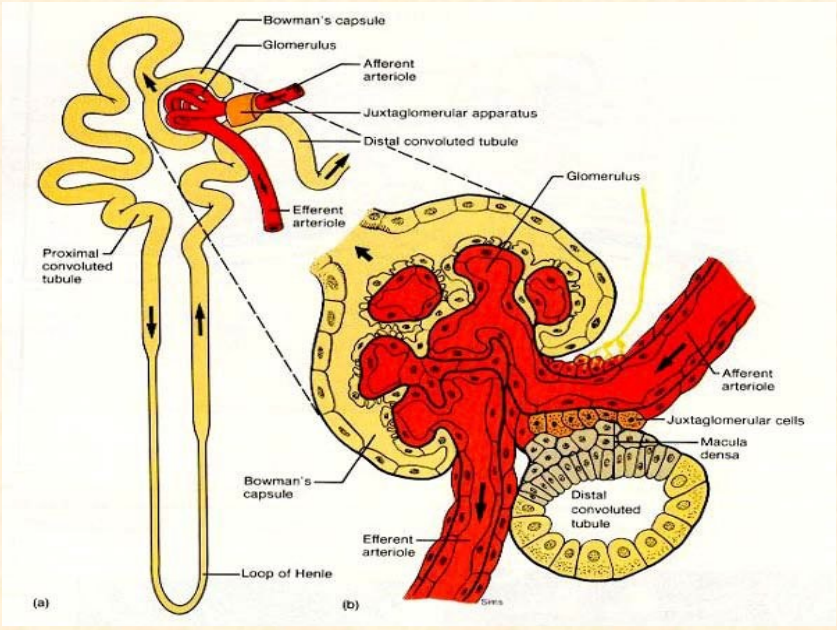

Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

- kortizol, kortikosterón
- glukokortikoid
- účinky: hyperglykemizujúci, glukoneogenetický, glykoneogenetický, proteokatabolický
- antagonisticky pôsobí inzulín

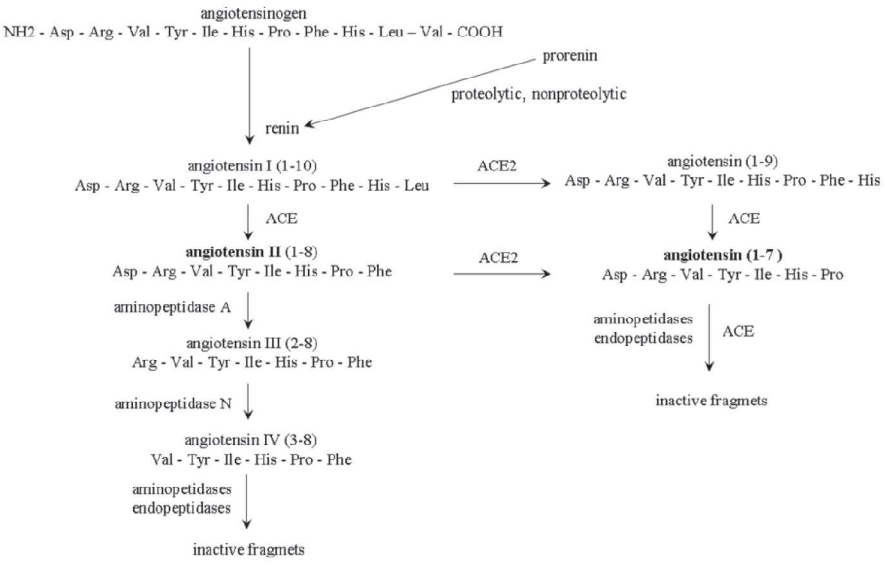


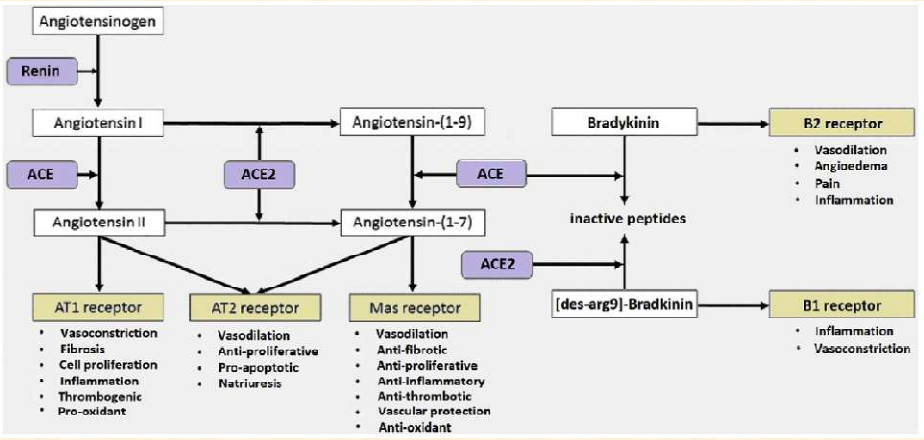

hlasovanie 12

## Juxtaglomerulárny aparát



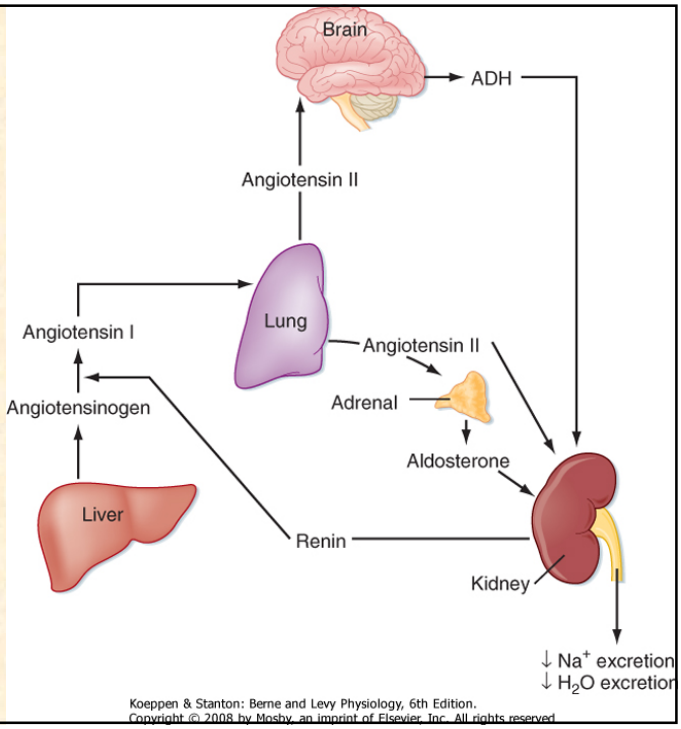
## Biosyntéza Angiotenzínu



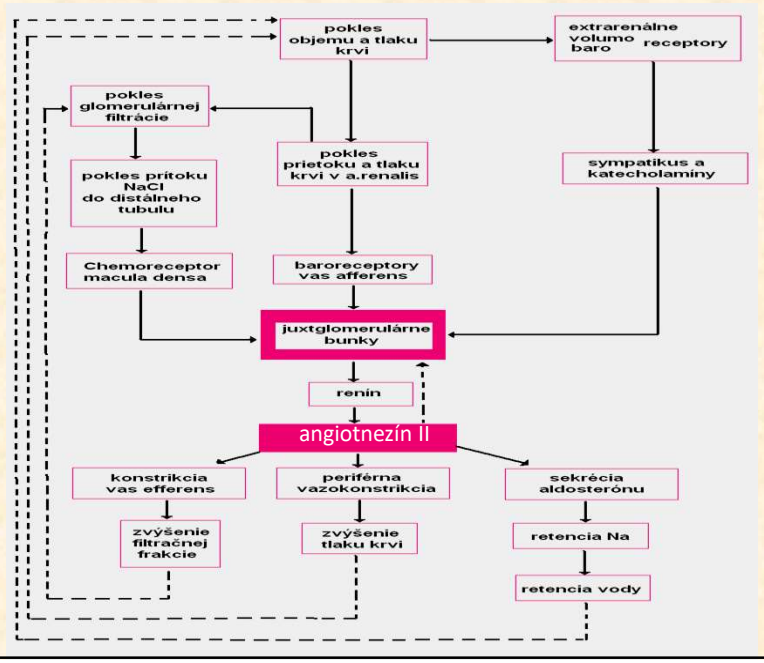



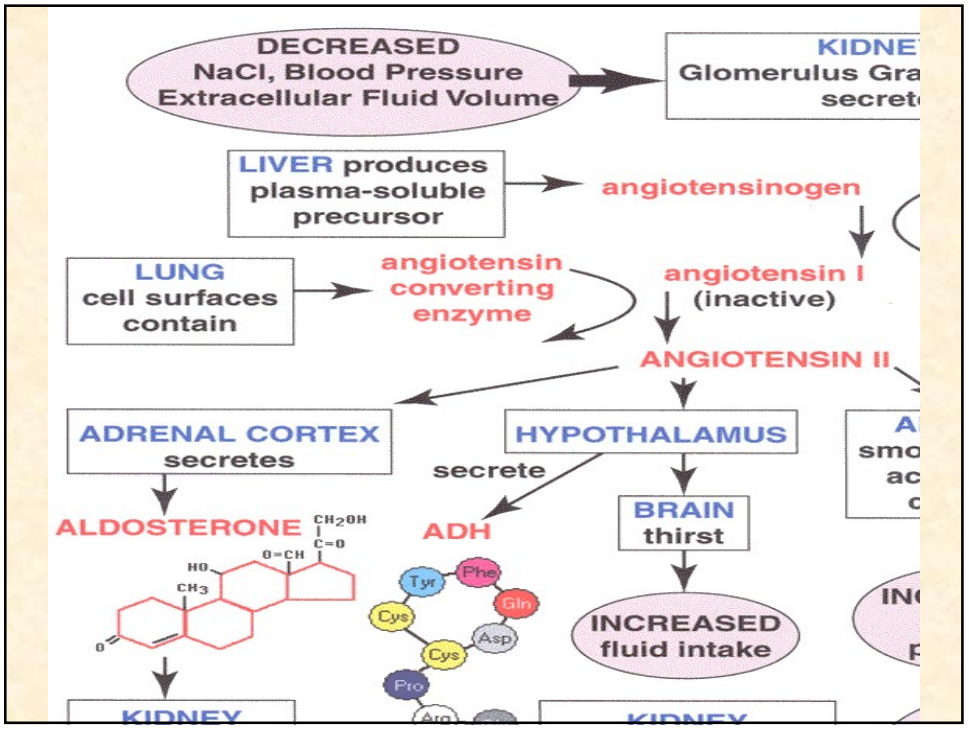

The renin angiotensin system (RAS). The classical RAS consists of the breakdown of Angiotensin I (Ang-I) into Ang-II *via* ACE, which can bind either to the AT1 (angiotensin type 1) or the AT2 (angiotensin type 2) receptor. Ang-II has a higher affinity for the AT1 receptor. The non-classical RAS consists of conversion of Ang- I into Ang-(1-9) and Ang-II into Ang-(1-7) by ACE2. Ang-(1-7) stimulates the Mas receptor. Bradykinin and [des-Arg9]-bradykinin are degraded by ACE and ACE2, respectively, into pharmacologically inactive peptides.

## Renín-agiotenzínový systém a $Na^+$ homeostáza

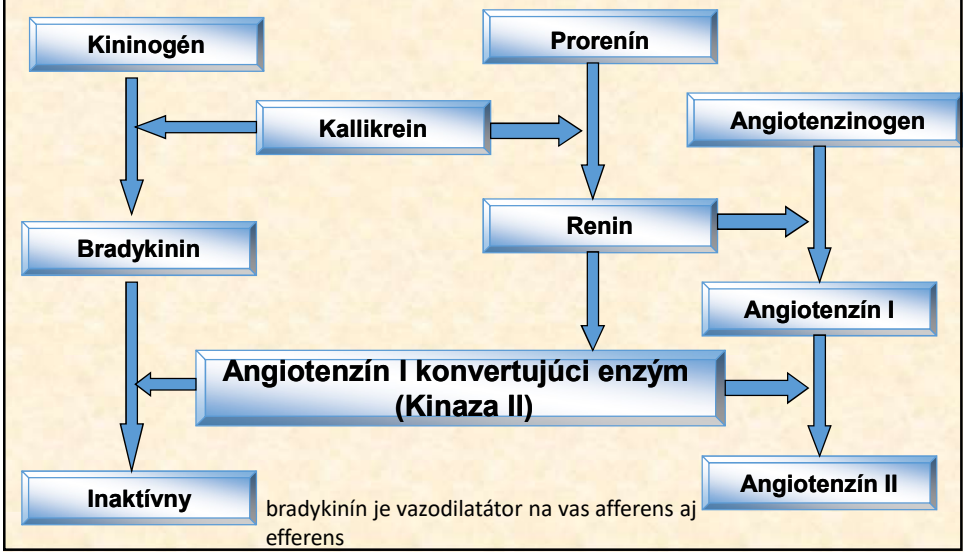



## Renín angiotenzínový systém






# Úloha kalikreínu pri aktivácii produkcie renínu a bradykinínu




bradykinín je vazodilatátor na vas afferens aj efferens

Význam atriálneho natriuretického faktroru (ANF) v kompenzácii zvýšeného objemu cirkulujúcej krvi

hlasovanie 13

**Zvýšený objem cirkulújucej krvi**

↓

**Zvýšený žilný návrat**

↓

**SRDCOVÉ PREDSIENE**
**Roztiahnutie**

↓

**Zvýšená sekrécia ANF**

↓

**Zvýšená hladina ANF v plazme**

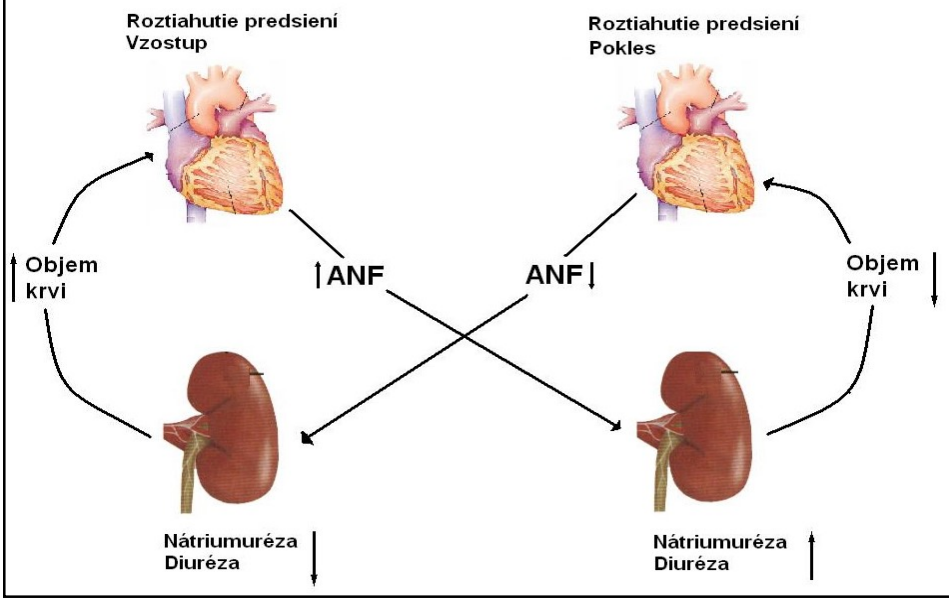
↓

**OBLIČKOVÉ TUBULY**
**Znížená reabsorbcia $Na^+$**

↓

**Zvýšené vylučovanie $Na^+$**

## Úloha atriálneho natriuretického faktora (ANF) v udržiavaní homeostázy objemu krvi



**endokrinný pankreas**

exokrinný pankreas

## endokrinný pankreas

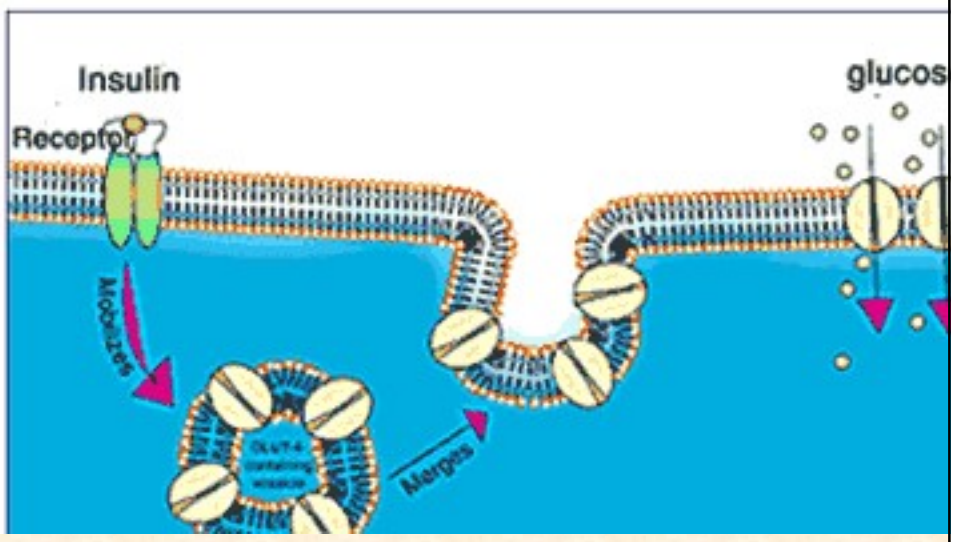
- Langerhansové ostrovčeky
- A - bunky – glukagón – podnet na výdaj – hlad, zvyšuje glukózu v plazme zo zásob v pečeni a vytváraním glukózy z laktátu, aminokyselín a glycerolu
- B – bunky – inzulín – podnet na výdaj – zvýšená glykémia, podporuje ukladanie glukózy do zásoby

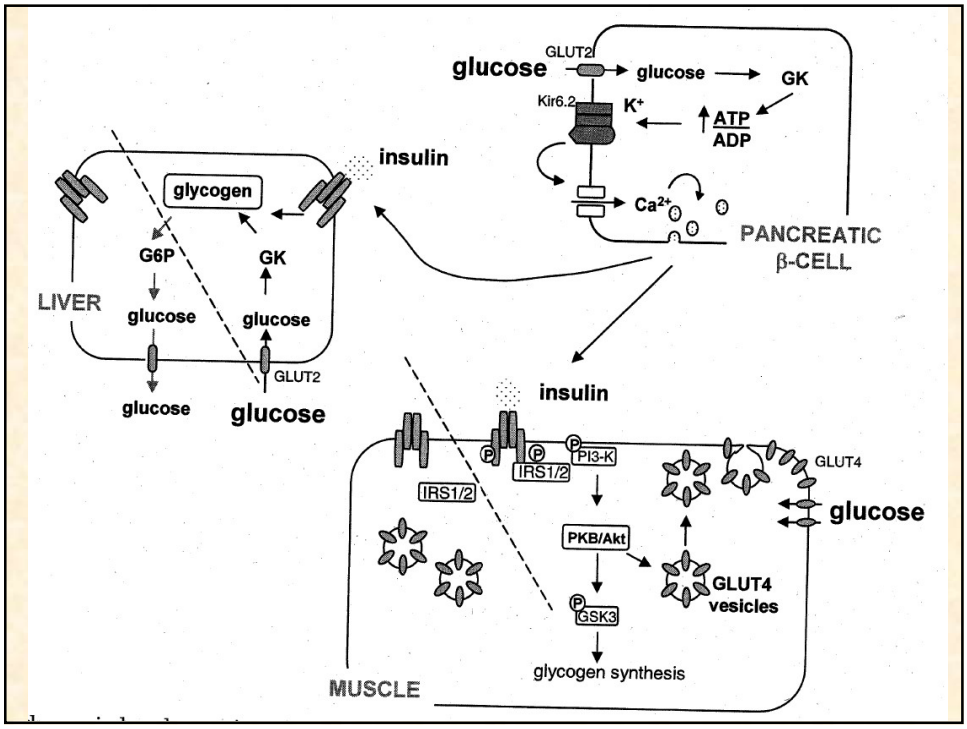
Cukrovka – diabetes melltus
Typ 1 – nedostatok inzulínu
Typ 2 – málo inzulínových receptorov alebo pokles ich afinity k inzulínu

**Table 1.** The glucose transporter (GLUT) family of facilitative sugar and polyol transporters (gene nam

| Isoform | Previous name | Class | Main tissue localization | Insulin sensitive? | Functional characteristics (transport) | Present in skeletal muscle?* | Present in white adipose tissue?* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GLUT1 | – | I | Erythrocytes, brain, ubiquitous | No | Glucose | Yes | Yes |
| GLUT2 | – | I | Liver, pancreas, intestine, kidney | No | Glucose (low affinity); fructose | No | No |
| GLUT3 | – | I | Brain | No | Glucose (high affinity) | No | Yes (m) |
| GLUT4 | – | I | Heart, muscle, WAT, BAT, brain | Yes | Glucose (high affinity) | Yes | Yes |
| GLUT5 | | II | Intestine, testes, kidney | No | Fructose; glucose (very low affinity) | Yes | Yes |
| GLUT6 | GLUT 9 | III | Brain, spleen, leucocytes | No | Glucose | No | n.d. |
| GLUT7 | | II | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| GLUT8 | GLUT X1 | III | Testes, brain and other tissues | No (yes in blastocytes) | Glucose | Yes (m) | Yes (m) |
| GLUT9 | GLUT X | II | Liver, kidney | n.d. | n.d. | No | n.d. |
| GLUT10 | | III | Liver, pancreas | No | Glucose | Yes (m) | n.d. |
| GLUT11† | GLUT 10 | II | Heart, muscle | No | Glucose (low affinity); Fructose (long form) | Yes (m) | No |
| GLUT12 | GLUT 8 | III | Heart, prostate, muscle, small intestine, WAT | Yes | n.d. | Yes | Yes |
| HMIT | | III | Brain | n.d. | $H^+$–myo-inositol | No (m) | Yes (m) |

WAT, white adipose tissue; BAT, brown adipose tissue; m, mRNA only; n.d., not determined; HMIT, $H^+$-coupled myo-inositol transporter.
* The presence of each transporter in skeletal muscle and WAT is shown since these are the major sites of insulin-stimulated glucose uptake.
† GLUT11 occurs in two splice variants: a short form (low-affinity glucose transport) and a long form (which may be a fructose transporter).



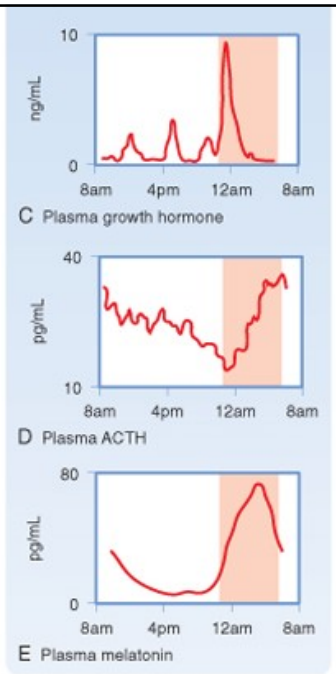



- **glukagón**
- opačné účinky ako inzulín
- zvyšuje glykémiu
- glykogenolytický účinok v pečeni
- glukoenogenéza z aminokyselín
- zvyšuje metabolizmus
- lipolytický účinok v tukových bunkách
- indukuje tvorbu inzulínu

| Označenie buniek | Umiestnenie | Produkt | Hlavné účinky |
|---|---|---|---|
| A | Fetálne obdobie - žalúdok | Pankreatický glukagón | ↑ glykogenolýza<br>↓ sekréciu HCl |
| G | Antrum<br>Duodenum | Gastrín | ↑sekréciu HCl; ↑ motorika antra; trofické pôsobenie na žalúdočnú sliznicu |
| D | Celý GIT | Somatostatín | ↓ sekréciu žalúdka a pankreasu (a inde) |
| S | Duodenum, Jejunum | Sekretín | ↑ Sekréciu pankreasu (bikarbonát);<br>↓ Sekréciu žalúdočných HCl |
| I | Duodenum, Jejunum | Cholecystokinín | Kontrakcie žlčníka, ↑Sekrécia pankreasu (enzýmy); trofický vplyv na exokrinný pankreas |
| K | Duodenum<br>Jejunum | Gastric inhibitory polypeptide | ↑ Uvoľňovanie inzulínu<br>↓ žalúdočnú sekréciu HCl |
| Mo | Duodenum<br>Jejunum | Motolín | ↑ Svalové kontrakcie |
| N | Ileum | Neurotenzín | ↓ žalúdočnú sekréciu HCl |
| L | Ileum, kolon | Enteroglukagon | ↓ žalúdočnú sekréciu HCl; |

hlasovanie 14

Epifýza




Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved

**REPRODUKČNÝ SYSTÉM ŽENY**

- vnútorné orgány: vaječníky (*ovaria*), vajíčkovody (*tubae uterinae*), maternica (*uterus*) a pošva (*vagina*)
- vonkajšie genitálie

VAJEČNÍKY: párové orgány, zdroj vajíčok, ktoré dozrievajú v mesačných cykloch

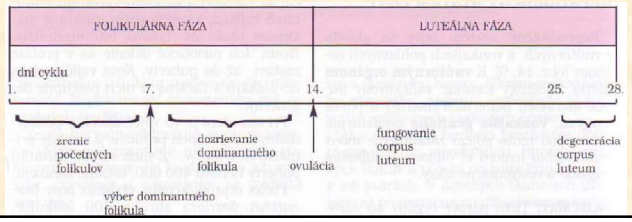
- vajíčka sa tvoria od 3. mesiaca intrauterinného vývinu mitózou a meiózou v ováriách
- maximum okolo 24. týždňa intrauterinného života
- ich meiotické delenie sa v profáze zastaví až do puberty
- pri narodení je vo vaječníckoch v primordiálnych folikuloch približne 2 milióny primárnych oocytov
- do puberty sa uchová 400 000, ostatné zanikajú
- počas reprodukčného života ženy (cca 30 rokov) dozreje zhruba 400 vajíčok
- vaječníky majú kôrovú časť, dreň a hilus
- folikuly sú uložené v kôrovej časti

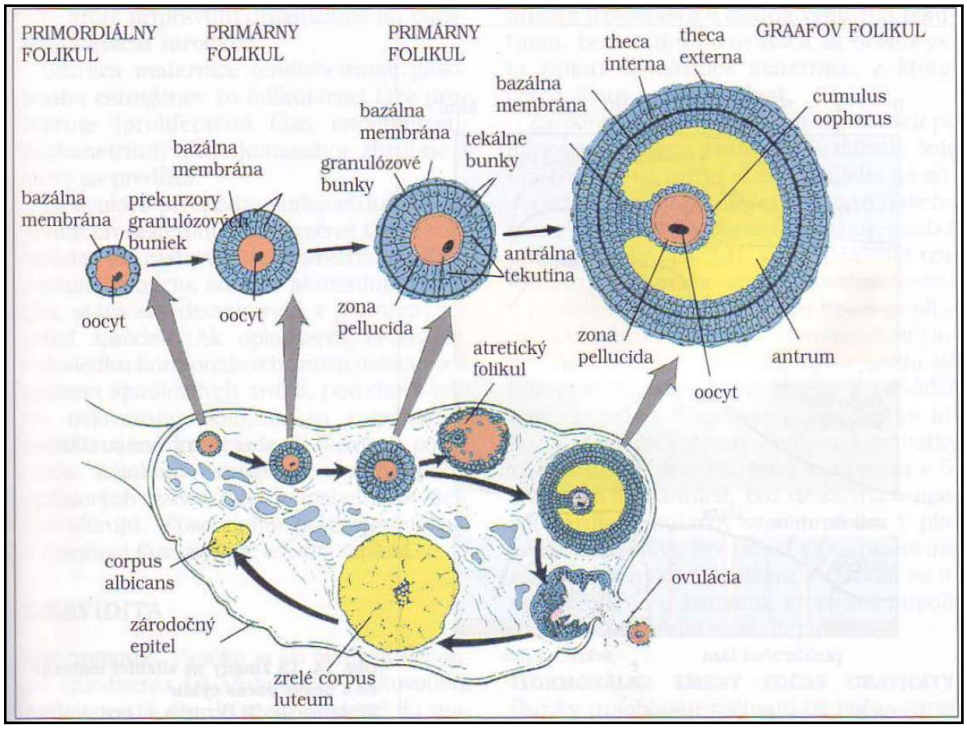
**Hormóny vaječníkov**

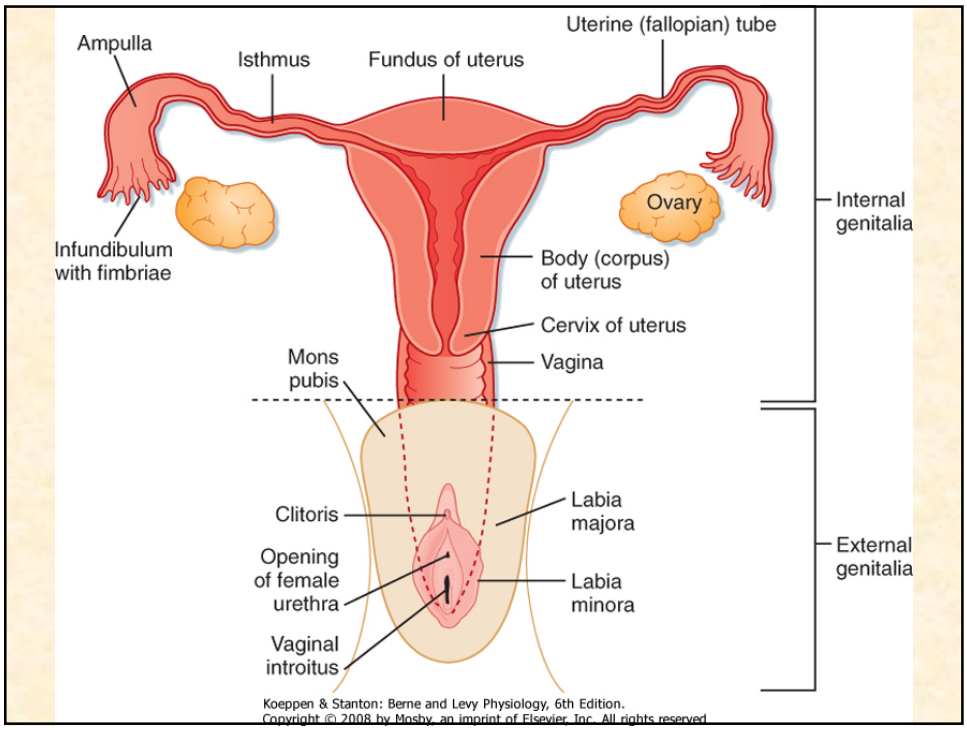
- estrogény – najvýznamnejší je estradiol (E2): steroidné hormóny ovplyvňujú maternicu a sliznicu pošvy, prsníkovú žľazu, majú analbolický účinok a stimulujú rozvoj druhotných pohlavných znakov
- nízke koncentrácie E2 inhibujú výdaj LH a FSH v hypofýze
- vysoké koncentrácie E2 stimulujú sekréciu gonadoliberínu (GnRH)

**Progestrón**:
-zvyšuje sekréciu endometriálnych žliaz
-znižuje korniflkáciu pošvového epitelu
-stimuluje rast prsníkovej žľazy
-vysoká koncentrácia progesterónu inhibuje sekréciu GnRH

**Ovariálny cyklus**:
- oocyt v primordiálnom folikule obklopujú granulózové bunky, ktoré priliehajú na bazálnu membránu
- okolo vajíčka sa z mukopolysacharidov vytvára zona pellucida
- z vonkajšej strany priliehajú na bazálnu membránu folikula tekálne bunky
- vnútorná vrstva granulózových buniek stále prilieha na zona pellucida a svojimi výbežkami, ktoré ňou prenikajú, zabezpečuje výživu vajíčka
- granulózové bunky produkujú postupne čoraz viac antrálnej tekutiny, ktorá začína vypĺňovať folikul
- oocyt sa napokon pripája k stene folikula výbežkom z granulózových buniek a vzniká Graafov folikul

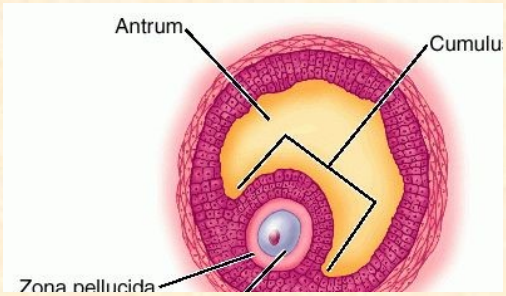



PRIMORDIÁLNY FOLIKUL
PRIMÁRNY FOLIKUL
PRIMÁRNY FOLIKUL
GRAAFOV FOLIKUL
theca interna
theca externa
bazálna membrána
cumulus oophorus
bazálna membrána
tekálne bunky
granulózové bunky
bazálna membrána
prekurzory granulózových buniek
bazálna membrána
antrálna tekutina
oocyt
oocyt
zona pellucida
zona pellucida
antrum
atretický folikul
oocyt
corpus albicans
ovulácia
zárodočný epitel
zrelé corpus luteum


Ampulla
Isthmus
Fundus of uterus
Uterine (fallopian) tube
Ovary
Internal genitalia
Infundibulum with fimbriae
Body (corpus) of uterus
Cervix of uterus
Vagina
Mons pubis
Clitoris
Labia majora
Opening of female urethra
Labia minora
Vaginal introitus
External genitalia
Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier Inc. All rights reserved.

Počas folikulárnej fázy cyklu sa v niekoľké folikuly začínajú zväčšovať a na 5.- 7. deň cyklu sa z nich vyčleňuje dominantný Graafov folikul. ktorý má dospieť k ovulácii.

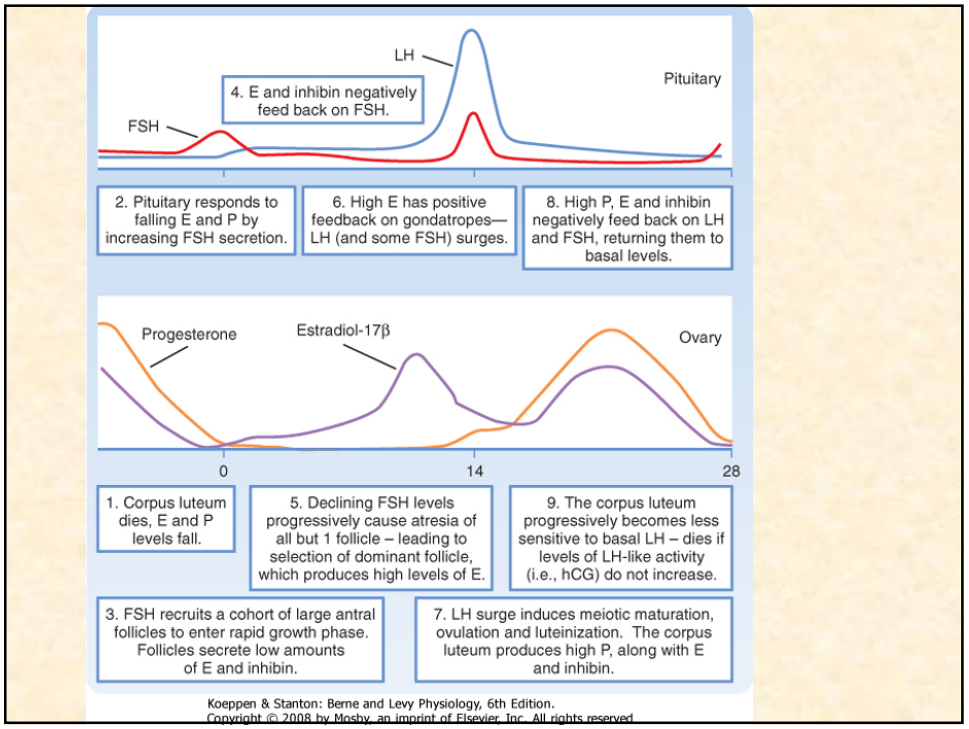
- keď má folikul veľkosť 1-2 cm, *cumulus oophorus* sa zužuje, bazálna membrána, priliehajúca k stene folikula sa natrávi a vajíčko sa spolu s antrálnou tekutinou uvoľňuje 14. deň cyklu do peritoneálnej dutiny
- vajíčko je zachytené fimbriami vajíčkovodu, cez ktorý putuje ďalej smerom k maternici
- po ovulácii sa začína luteálna fáza ovariálneho cyklu
- zvyšok folikula vytvára - žlté teliesko (*corpus luteum*) tvorené granulózovými bunkami, ktoré tesne pred ovuláciou hypertrofovali a v ich cytoplazme sa objavujú tukové kvapôčky (luteinizácia)
- ak nenastalo oplodnenie, o 14 dní *corpus luteum* zaniká



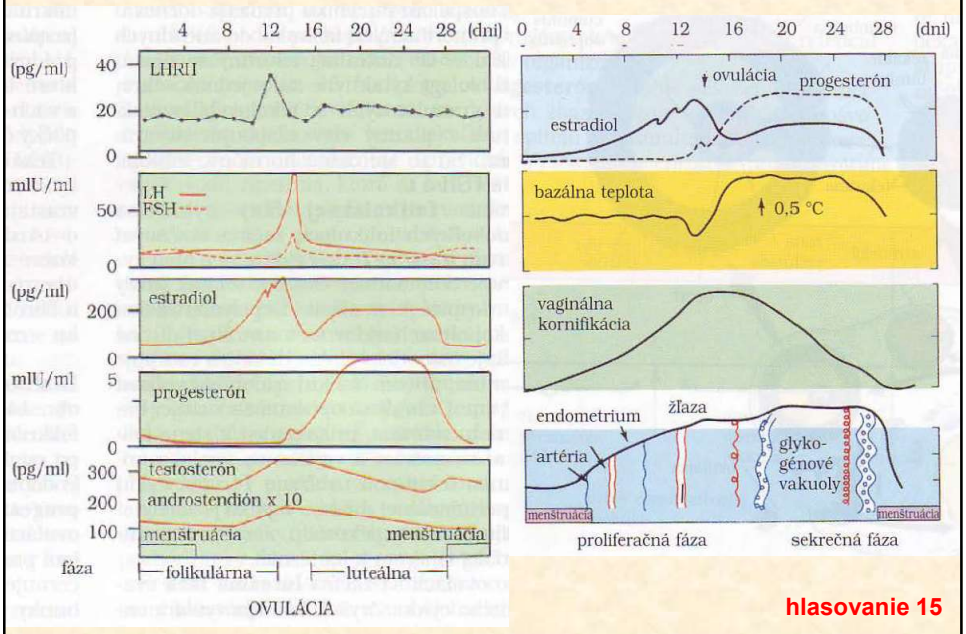

HORMONÁLNE ZMENY POČAS CYKLU:

- folikulárna fáza začína menštruačným krvácaním
- je nízka hladina FSH aj LH, prechodne sa zvýši FSH, čo vedie k vzostupu E2 produkovaného dominantným folikulom
- E2 inhibuje ďalší výdaj FSH
- hladiny E2 pokračujú vo vzostupe a stimulujú výdaj GnRH hypotalamom a s ním sekundárne stúpa aj výdaj LH a FSH z hypofýzy, mierne stúpa produkcia progesterónu (grafov folikul)
- prebehne ovulácia a tvorba GnRH klesne
- E2 je počas folikulárnej fázy secernovaný granulózovýrní bunkami, po ovulácii E2 vylučuje *corpus luteum*
- po ovulácii sa tvorí progesterón v žltom teliesku vo vysokej koncentrácii
- ak nenastane oplodnenie koncentrácie estradiolu aj progesterónu klesnú

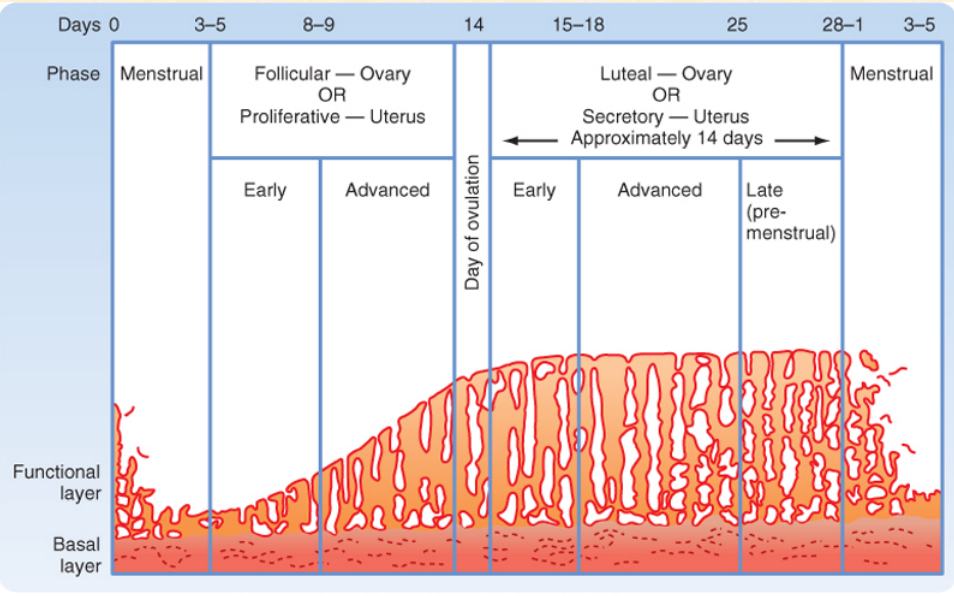
- hormonálne zmeny sa odzrkadľujú na stave maternice počas cyklu




LHRH = GnRH = gonadoliberín




**hlasovanie 15**

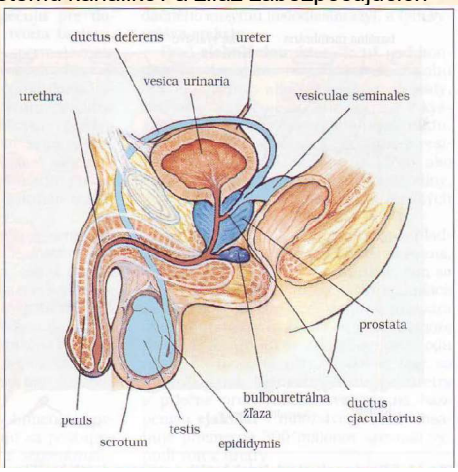



Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved

REPRODUKČNÝ SYSTÉM MUŽA

- gonády ako zdroj gamét a pohlavných hormónov
- akcesórne pohlavné orgány - systému kanálikov a žliaz zabezpečujúcich skladovanie a transport spermií

- semenníky (*testes*) a nadsemenníky (*epididymis*) uložené v mieške (*scrotum*), semenovody (*ductus deferentes*), semenné mechúriky (*vesiculae seminales*), predstojnica (*prostata*), *glandulae bulbourethrales* a *penis*

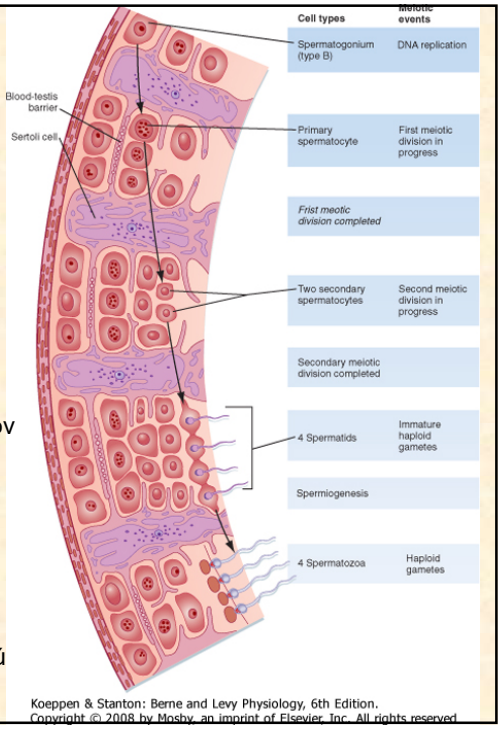


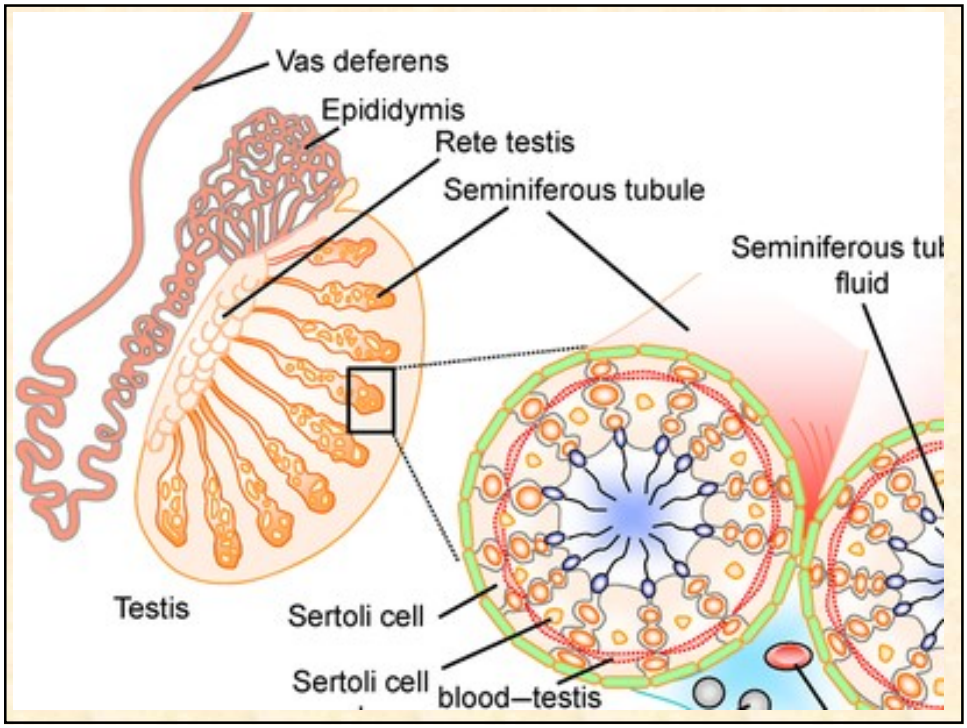

Semenníky sa skladajú z množstva stočených kanálikov s bazálnou membránou na vonkajšej strane a Sertoliho bunkami na vnútornej strane.
V spojivovom tkanive medzi tubulmi sú cievy a Leydigove bunky tvoriace testosterón.
Semenovodné kanáliky, obsahujúce tekutinu a spermie, sa zbiehajú cez ductuli efferentes do nadsemenníka.

- v kanálikoch semenníka prebieha spermiogenéza
- spermatogónie uložené na bazálnej membráne medzi **Sertoliho bunkami** sa pri dozrievani postupne posúvajú smerom k lúmenu, do ktorého sa dostávajú len zrelé spermie.

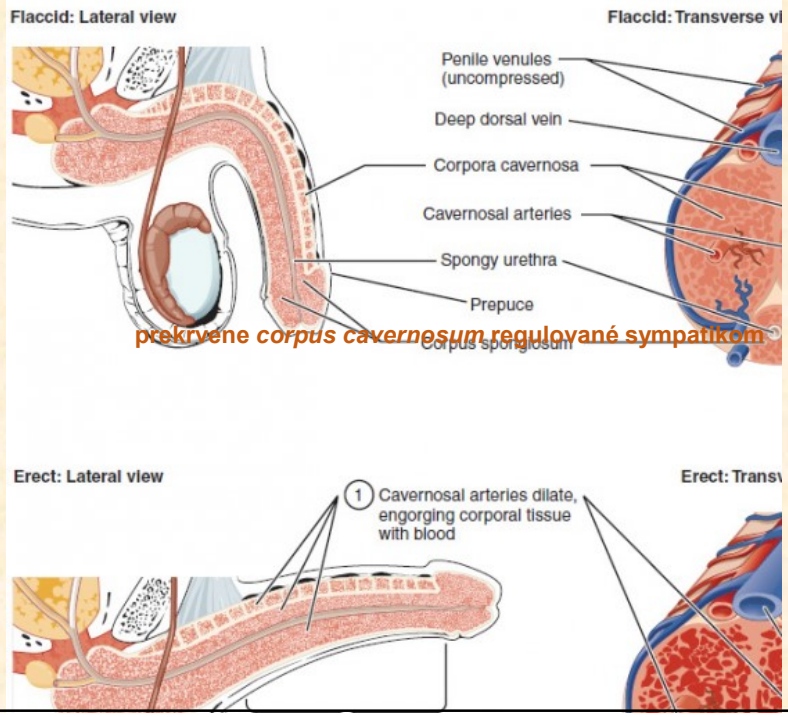
**Sertolibo bunky**:
- zabezpečujú pre dozrievajúce
- spermie výživu
- tvoria bariéru, ktorá oddeľuje dozrievajúce spermatogónie
- od hormonálnych a chemických vplyvov
- stimulujú spermiogenézu
- produkujú luminálnu tekutinu
- fagocytujú defektné spermie
- sú stimulované testosterónom a FSH, pričom samy secernujú inhibín, ktorý tlmí sekréciu FSH

- intersticiálne Leydigove bunky vylučujú testosterón



- pre spermiogenézu je dôležité. aby semenníky mali teplotu o **2-3 °C nižšiu**, ako je teplota v brušnej dutine
- pri poruchách zostupu semenníkov do skróta je ohrozená nielen ich reprodukčná funkcia, ale hrozí aj malígne zvrhnutie v neskoršom veku
- keď sa spermie ocitnú v lúmene semenovodných tubulov, začínajú sa postupne posúvať do nadsemenníka a semenovodu, ktoré slúžia ako rezervoár spermií
- spermie sú ešte nepohyblivé a ich posun zabezpečuje tlak tekutiny vytváranej Sertoliho bunkami a peristaltika tubulov
- pasáž cez epididymis trvá cca 2 týždne. Spermie pritom nadobúdajú pohyblivosť, strácajú cytoplazmu a z lúmenu sa vstrebáva tekutina. V *ductus deferens* sa môžu spermie skladovať niekoľko mesiacov.
- erekcia penisu je regulovaná **parasympatikom**, ktoré spôsobia roztiahnutie arteriol a kontrakciu vén
- krv sa dostáva do *corpus cavernosum* pod vplyvom vazodilatátora oxidu dusnatého po vzostupe intracelulárneho cGMP
- Viagra podporuje tento proces tak, že inhibuje degradáciu cGMP a udržiava tak dilatované arterioly v *corpus cavernosum*




prekrvene *corpus cavernosum* regulované sympatikom

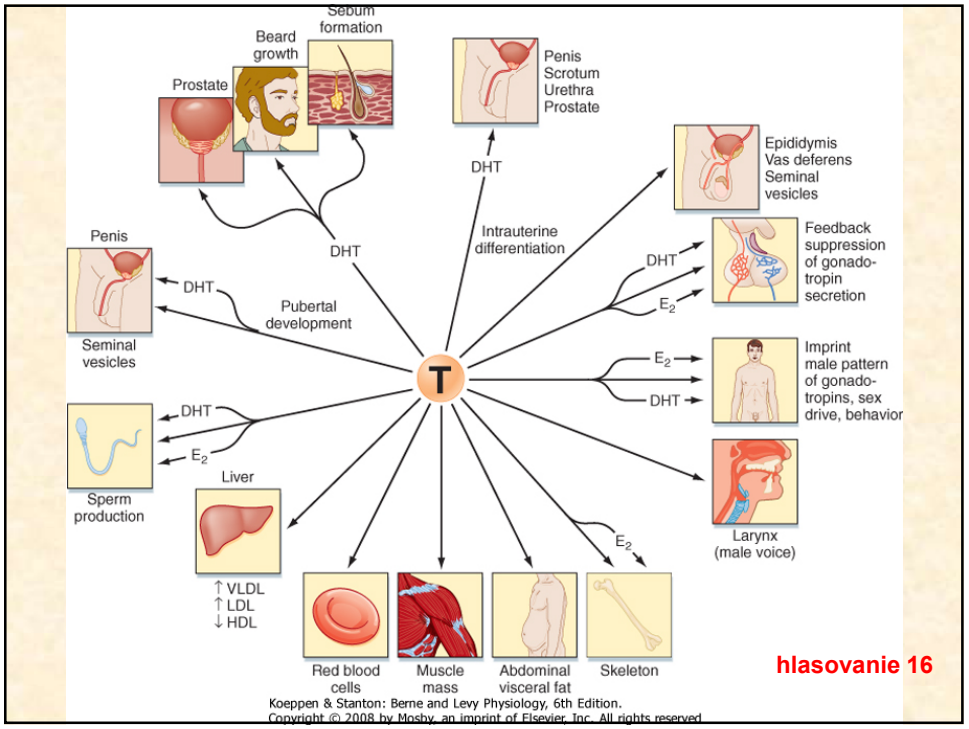
- ejakulácia je regulovaná **sympatikom**
- k obsahu *ductus deferens* pridáva **alkalický sekrét** prostaty, čím sa zabezpečuje prežitie spermií v **kyslom** prostredí ženského genitálneho traktu
- z *vesiculae seminales* sa pridáva **fruktóza** ako zdroj energie pre spermie a prostaglandíny, ktoré môžu ovplyvňovať motilitu ženských pohlavných orgánov.
- kontrahuje sa **hladké svalstvo** *epididymis*, *ductus deferens*, prostaty a semenných mechúrikov, čím sa spermie dostanú do uretry
- pri ejakulácii sa spodina **močového mechúra** uzatvára sfinktrom, takže ejakulát do neho nemôže prenikať a zároveň sa zabraňuje prechodu moču do močovej rúry
- kontrakciami hladkého svalstva uretry a priečne pruhovaného svalstva na báze penisu sa vypudí **ejakulát** v množstve 2-6 ml obsahujúci priemerne 300 miliónov spermií

ENDOKRINNÁ REGULÁCIA REPRODUKČNÝCH FUNKCIÍ MUŽA

- hypotalamový gonadoliberín (**GnRH**) stimuluje sekréciu hypofýzových gonadotropných hormónov **FSH** a **LH**.
- Folikuly stimulujúci hormón (**FSH**) - účinkuje na **Sertoliho** bunky prostredníctvom ktorých stimuluje spermiogenézu. Sertoliho bunky zároveň vylučujú proteohormón inhibín, ktorý negatívnou spätnou väzbou sekréciu **FSH** brzdí.
- Luteinizačný hormón (**LH**) pôsobí na **Leydigove** bunky, v ktorých stimuluje sekréciu mužského pohlavného hormónu testosterónu.

**Testosterón (T)** inhibuje sekréciu hypotalamového GnRH a hypofýzového LH

- T v semenníkoch podporuje spermiogenézu (neprítomnosť testosterónu má za následok sterilitu)
- podporuje morfologický vývin a fungovanie akcesórnych pohlavných orgánov
- podporuje rozvoj *druhotných pohlavných znakov* - zarastanie tváre, hĺbku hlasu, distribúciu tuku a rast svalovej a kostrovej hmoty a i.




hlasovanie 16

# Ďakujem za pozornosť