

*ENDOKRINNÍ SYSTÉM*

=

*ŽLÁZY S VNITŘNÍ SEKRECÍ*

# *Opakování termínů:*

**Homeostáza**

**Žlázy s vnitřní sekrecí - žlázy s vnější sekrecí**

**Endokrinní - exokrinní**

**Endokrinní = humorální systém**

# ***HORMONY***

- **„Hormon“ - „budit k činnosti“**
- **působky žláz s vnitřní sekrecí**
- **látky, které jsou produkovány buňkami či tkáněmi endokrinního systému, jimi vylučovány do krve a krevní cestou putující do cílové tkáně, kde vyvolávají specifickou odpověď**

# TYPY SEKRECE

## *1. dle vzdálenosti cílové tkáně od místa vzniku hormonu:*

- a) Endokrinní (endokrinie) – „klasická cesta“  
vylučování hormonu do krve, krevní cestou dorazí do místa určení (do cílové tkáně)
  
  - b) Parakrinní (parakrinie) – buňka vylučující hormon ovlivňuje jím pouze svoje okolí
  
  - c) Autokrinní (autokrinie) – buňka vylučující hormon ovlivňuje pouze zpětně sama sebe
- a) = „klasické“ hormony    b)+c) = „lokální“ hormony

# *Neplet' me si pojmy!*

- **Neurotransmitery** – látky vyvolávající v cílové tkáni elektrickou odpověď (typické pro nervový systém, uvolňují se v synapsích)
- **Enzymy** – katalyzátory působící jako pomocník při reakci přímo v místě vzniku



# TYPY SEKRECE

## 2. dle časového hlediska uvolňování hormonu:

- Stálá sekrece – hormony štítné žlázy
- Pulzní sekrece – GnRH (gonadoliberin)
- Sekrece dodržující cirkadiální rytmus (přibližně 24hodinový) – hormony z kůry nadledvin
- Sekrece s měsíčním kolísáním – ženské pohlavní hormony
- Sekrece „on dimand“ (dle potřeby) – např. inzulin: regulující hladinu glukózy v krvi

# *Hlavní charakteristiky hormonů*

- **Cílený efekt** – hormon působí na cílovou tkáň
- **Specifický účinek** – účinek hormonu nelze napodobit žádnou jinou endogenní látkou
- **Vysoká účinnost** – k vyvolání efektu jsou třeba velmi malé (pikomolární) koncentrace

# *Chemická struktura hormonů*

- **Aminokyselinové** hormony - adrenalin, noradrenalin
- **Peptidové** hormony (peptidy = krátké řetězce aminokyselin –3,4,8,10 C) - oxytocin
- **Glykoproteiny** (proteiny+glycidy) - hormony předního laloku hypofýzy
- **Steroidy** (odvozené od cholesterolu) - hormony kůry nadledvin, pohlavní hormony



- **Chemická struktura hormonů je velmi důležitá, protože na ní závisí mechanismus účinku**

# *Mechanismus účinku*

- Receptory - na povrchu buněk
- Receptory v cytoplazmě
- Receptory v jádře
- Hormon – jako první posel informace, po navázání na receptor dochází k aktivaci tzv. „druhých poslů“

# *System druhých poslů*

- Cyklický adenozinmonofosfát - **cAMP**
- Cyklický guanozinmonofosfát – **cGMP**
- Inozitoltrifosfát - **IP<sub>3</sub>**
- diacylglycerol - **DAG**
- **Ca<sup>2+</sup>** ionty

# *Regulace činnosti endokrinních žláz*

- Řízení a regulace v lidském organismu jsou nezbytné pro udržení homeostázy
- Máme dva specializované řídicí systémy: **nervový** a **humorální**
- Rozdíl v pojmech: **řízení a regulace** je dán termínem *zpětná vazba*



# *Zpětná vazba*

- Termín přejatý z techniky a znamená:  
Produkt nějaké činnosti ovlivňuje tuto činnost tak, aby byl (ten produkt) stálý
- V endokrinním systému to znamená:  
**hladina hormonu v krvi nebo změna, kterou vyvolal, mění intenzitu jeho další sekrece**

- většina biologických vztahů je regulována tzv. ***negativní zpětnou vazbou:***

*zvýšené množství produktu nad danou hranici vede k utlumení činnosti*

*anebo*

*snížené množství produktu vede k povzbuzení činnosti*

- existuje i ***pozitivní zpětná vazba:***

*Produkt ovlivňuje činnost pouze pozitivně  
(ve smyslu zvyšování hladiny hormonu a tím  
i vystupňování jeho účinku)*

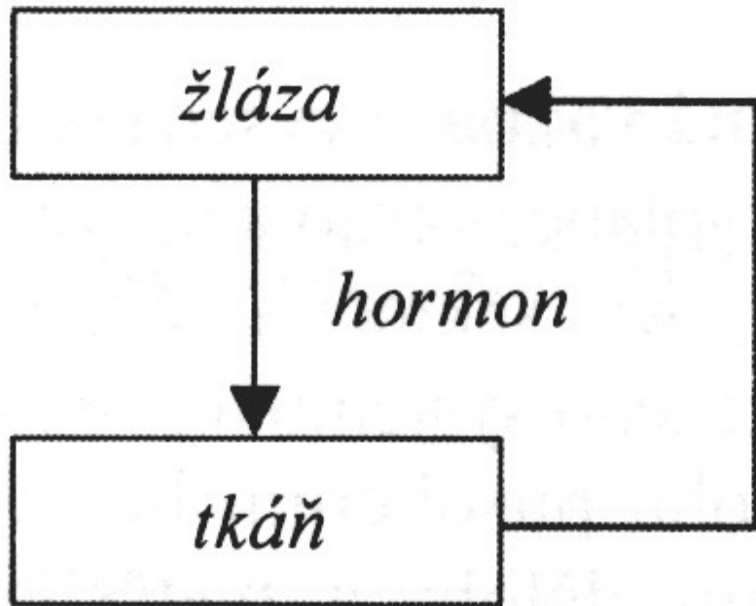
- ***Pozor: tato cesta vede k nestálosti systému  
až k jeho destrukci***

*Je podkladem vzniku nemocí*

**Výjimka: porod**

## Jednoduchá negativní zpětná vazba

– produkce hormonu je regulována změnou (např. v chemickém složení krve) vyvolanou hormonem

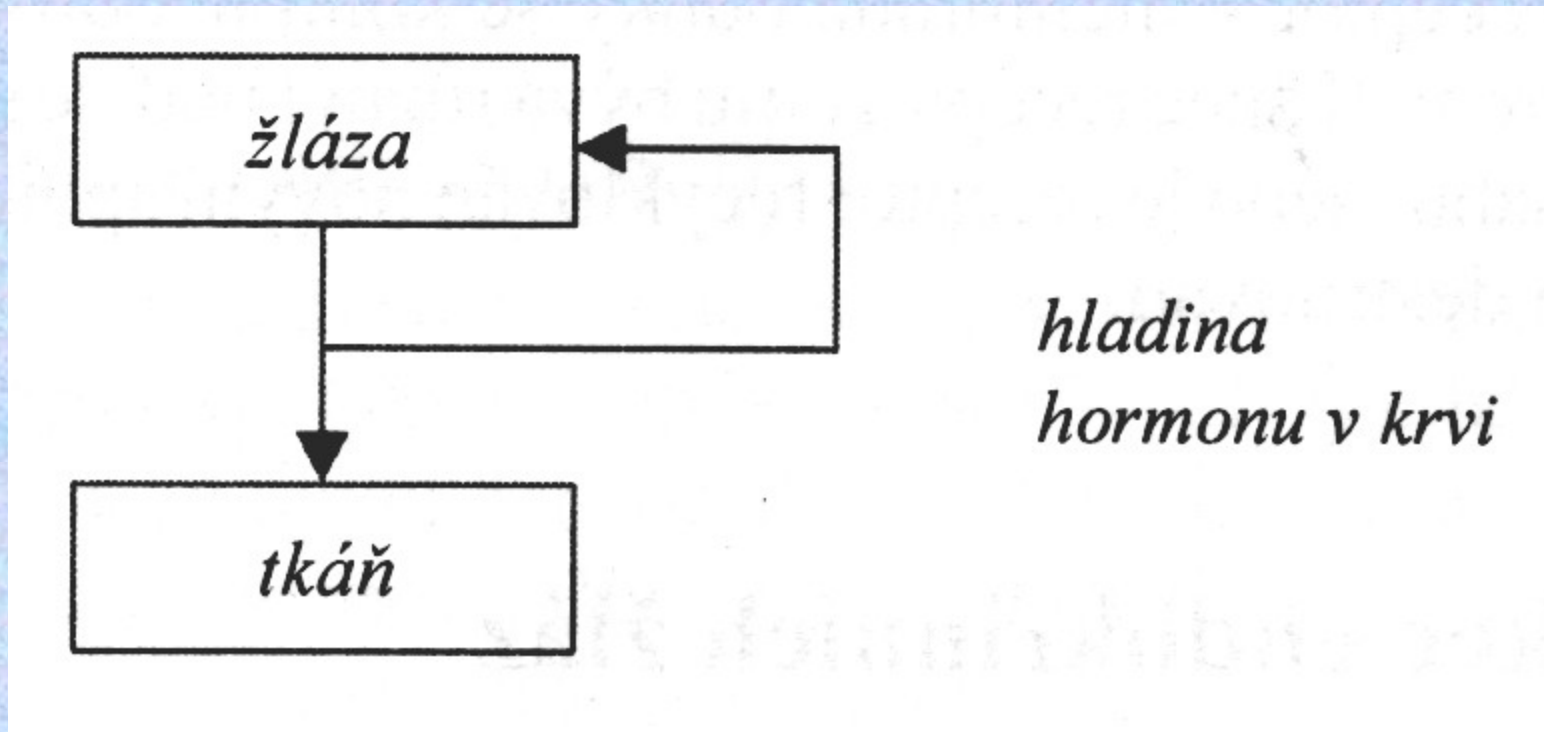


*vyvolaná metabolická změna*

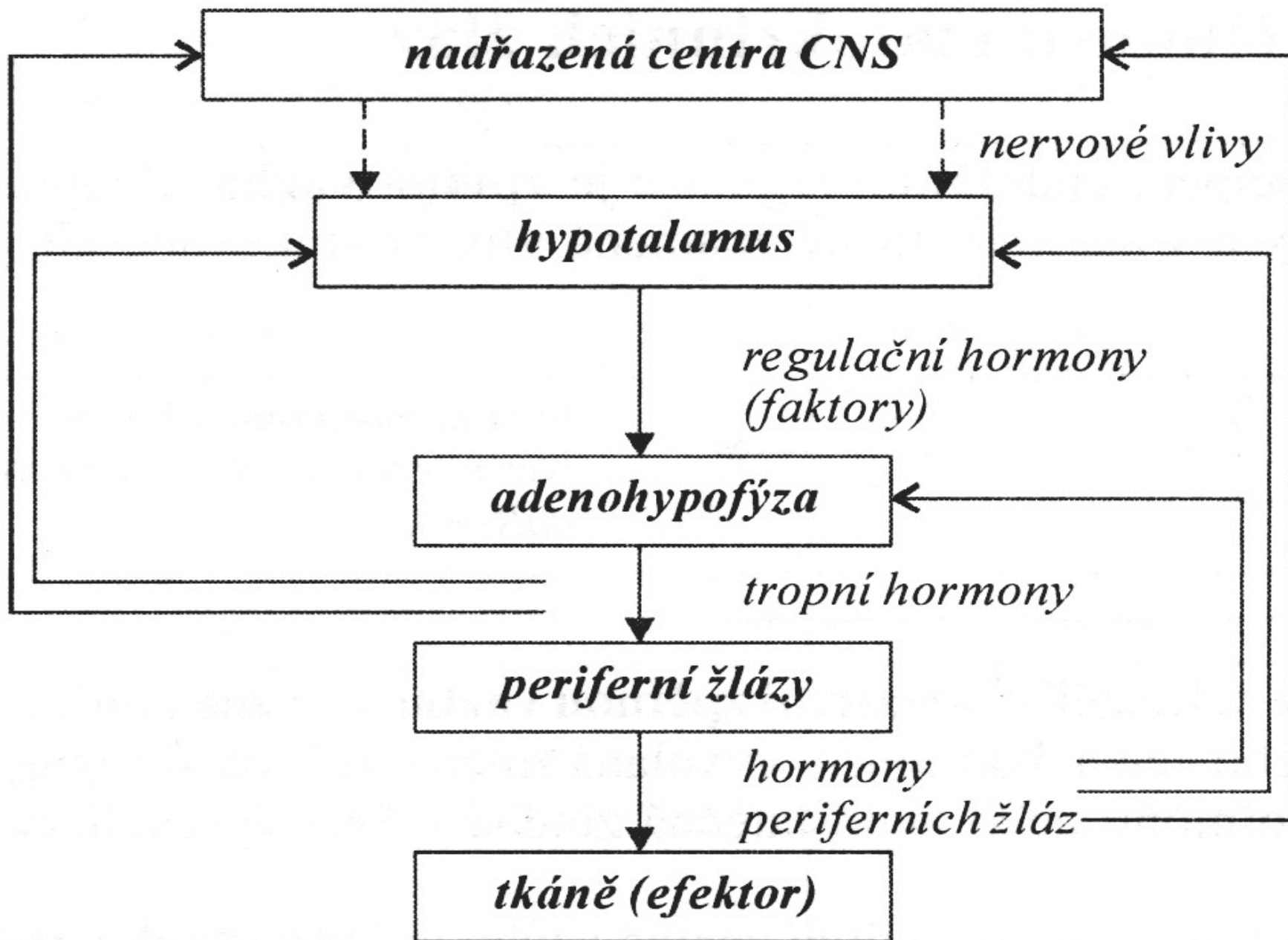


Složitá negativní zpětná vazba - produkce hormonu je regulována koncentrací hormonu v periferní krvi.

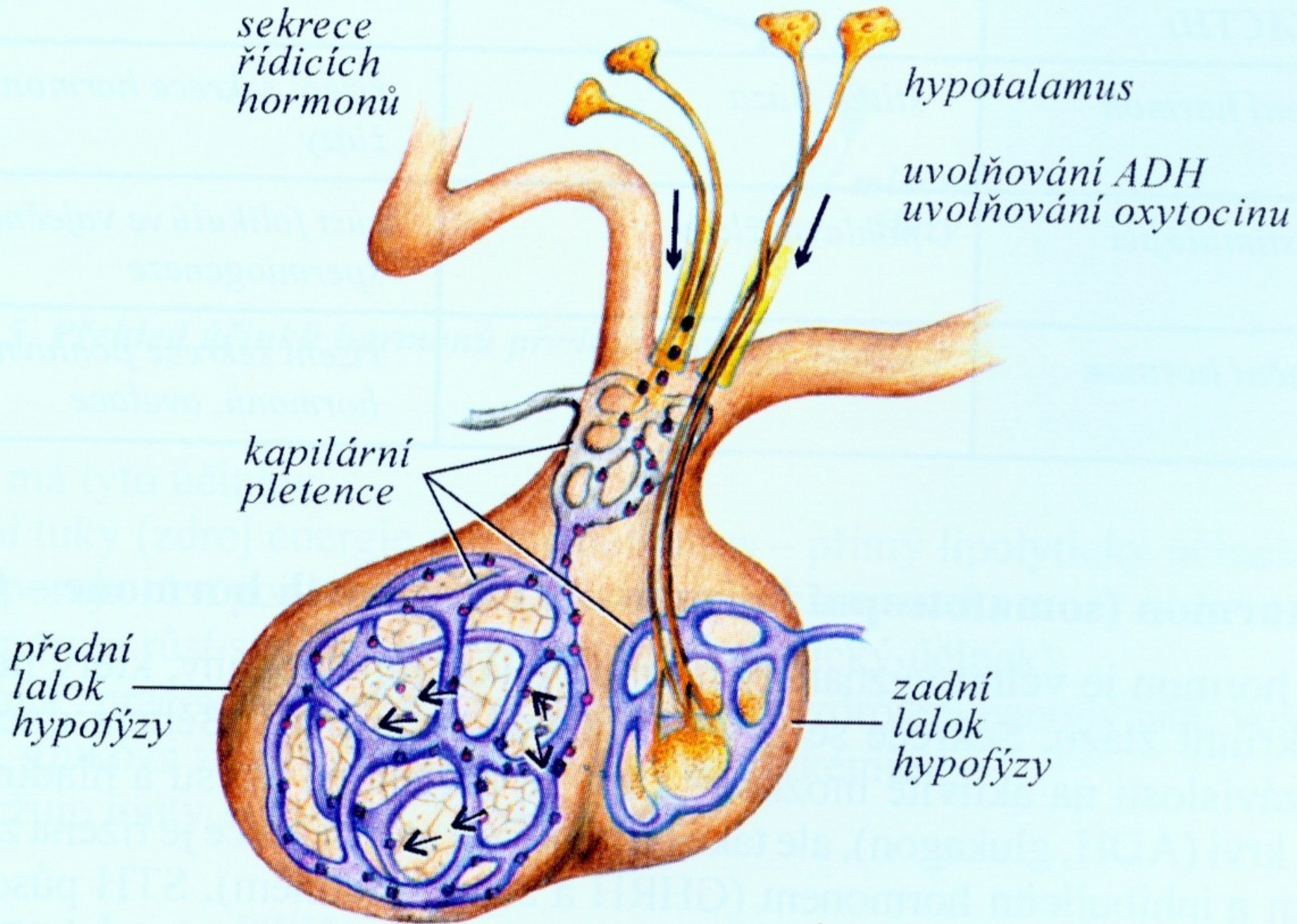
Uplatňuje se u hormonů, které jsou ovlivňovány nadřazenou endokrinní žlázou



# Komplexní zpětná vazba







# ***HYPOTALAMUS***

- **TRH** – thyreotropin releasing hormone
- **CRH** – corticotropin releasing hormone
- **GHRH** – growth hormone releasing hormone
- **GHIH** – growth hormone inhibitory hormone
- **GnRH** – gonadotropin releasing hormon
- **PIF** – prolactin inhibitory factor
- **PAF** – prolactin activatory factor



# *Přední lalok hypofýzy - adenohypofýza*

- **TSH** – thyreostimulační hormon
- **ACTH** – adrenokortikotropní hormon
- **STH** – růstový (somatotropní) hormon
- **FSH** – folikuly stimulující hormon
- **LH** – luteinizační hormon
- **PRL** - prolaktin

# *Zadní lalok hypofýzy - neurohypofýza*

- **ADH** – antidiuretický hormon (**vazopresin**)
- **Oxytocin**

# MINERÁLNÍ hospodářství

## 1. Vápník – jeho úloha v organismu

- působí jako druhý posel
- aktivuje některé enzymy
- nezbytná součást kaskády srážení krve
- umožňuje svalový stah
- upravuje nervovou vzrušivost
- je nezbytnou stavební složkou zubní a kostní tkáně
- velice významný pro činnost srdce

## 2. Fosfor – úloha v organismu

- je součástí enzymů - fosforylace na aktivní formy
- součást struktury druhého posla -  $IP_3$
- podstata přenosu energie - ATP
- součást membrán - fosfatidylinozitol
- obsažen v kostře

Doprovází vápník, je mobilizován spolu s ním



Hladina vápníku v plazmě je nejstabilnější hodnotou udržovanou v nejužším rozmezí 2,25-2,75 mmol/l.

Je zajišťována souhrou hormonů:

- **Parathormon** – příštitná tělíska

Hlavní úkol: rychlé zvýšení hladiny  $\text{Ca}^{2+}$  v krvi (kalcémie) a její udržování

- **Kalcitonin** – parafolikulární buňky štítné žlázy

Jako jediný snižuje hladinu  $\text{Ca}^{2+}$  v krvi.

Hlavní úkol: ochrana kostní tkáně matky během těhotenství

- **Vitamin D<sub>3</sub> (kalcitriol)** — vzniká v kůži ze 7-dehydrocholesterolu

vlivem slunečního UV záření: cholecalciferol nebo je získán z potravy: ergocalciferol.

Dále je metabolizován v játrech a nakonec v ledvinách vzniká aktivní

**1,25 dihydroxykalciferol=kalcitriol**

Hlavní úkol: posiluje a doplňuje účinek parathormonu.

	<i>Parathormon</i>	<i>Kalcitriol</i>	<i>Kalcitonin</i>
<i>Kalcémie</i>	↑	↑	↓
<i>Kost</i>	↑ resorpci kosti	udržuje transport $Ca^{2+}$ a fosfátů	↓ resorpci kosti, podporuje ukládání $Ca^{2+}$ a fosfátů
<i>Ledviny</i>	↑ zpětné vstřebávání, (↓ vylučování $Ca^{2+}$ , ↑ vylučování fosfátů)	—	↓ zpětné vstřebávání
<i>Střevo</i>	—	↑ zpětné vstřebávání $Ca^{2+}$ a fosfátů	—
<i>Vzájemné interakce</i>	stimuluje tvorbu kalcitriolu		snižuje účinek parathormonu na kost

# VODNÍ hospodářství

- **Antidiuretický hormon** (ADH = vasopresin; nucleus supraopticus v hypotalamu-axonálním prouděním do neurohypofýzy)
- Signál pro sekreci: **zvýšená osmolarita** krevní plazmy nebo extracelulární tekutiny **detekována osmoreceptory v hypotalamu**
- Hlavní úkol: zadržet vodu v těle
- Hlavní místo působení: sběrací kanálek ledviny - vnese akvaporiny do membrány kanálek a tím umožní přenos vody přes tuto membránu, takže se jí více zadrží pro organismus („neuteče močí pryč“)



- **Aldosteron** – hormon kůry nadledvin, mineralokortikoid – steroid secernovaný v zóna glomerulóza kůry nadledvin podle hladiny sodíku a draslíku (natrémie a kalémie) v organismu, dále je uvolňován aktivací systému **renin-angiotenzin** a v malé míře i pod vlivem ACTH

*Vzpomínáte si, co to je za pojem????????????????????*

- **Systém renin-angiotenzin**: buňky juxtaglomerulárního aparátu ledvin vylučují **renin**, v krvi se pod jeho vlivem přeměňuje bílkovina angiotenzinogen na angiotenzin I – to je vazokonstrikční látka, která v plicích za přítomnosti angiotensin konvertujícího enzymu přemění angiotenzin I na **angiotenzin II**, který stimuluje sekreci aldosteronu



- **Aldosteron** – pokračování
- Signál pro sekreci: snížení objemu extracelulární tekutiny
- Hlavní úkol: zadržetí (retence) sodíku v organismu (ruku v ruce se zadrženým sodíkem se zadržuje i voda)
- Hlavní místo působení: distální tubulus ledviny (zvýší se počet  $\text{Na}^+$  kanálů,  $\text{Na}^+$  se vrací zpět do krevního oběhu a s ním sekundárně i voda)

- **Atriální natriuretický faktor (ANF)**

- Místo tvorby: srdeční síně
- Signál pro sekreci: natažení svaloviny síní např. zvětšeným objemem krve
- Hlavní úkol: upravit hypervolémii (a tím i hypertenzi)
- Hlavní místo působení: vas afferens glomerulu ledviny (jeho dilatace, tím zvýšení filtrační frakce a glomerulární filtrace – tím se zvýší ztráty vody a společně s vodou i zvýšené vylučování sodíku)

# REGULACE HLADINY GLUKÓZY V KRVI (glykémie)

## Hormony slinivky břišní (pankreatu)

Langerhansovy ostrůvky secernují:

- Buňky A: **glukagon**
- Buňky B: **inzulin**
- Buňky D: **pankreatický somatostatin a gastrin**
- Buňky F: **pankreatický polypeptid**

# INZULIN

- Polypeptid
- Signál pro sekreci: zvýšená hladina glukózy v krvi
- Hlavní úloha: snížit glykémii, zvýšit využití glukózy těmito mechanismy:
  - zvýšením prostupnosti membrán pro glukózu
  - zvýšením tvorby glykogenu
  - zvýšení tvorby tuků z glukózy (lipogeneze)



# Diabetes mellitus

- Vznik: v důsledku snížené sekrece inzulínu
- Příčiny:
  - nedostatečná produkce inzulínu
    - **inzulin dependentní diabetes mellitus**
  - necitlivost tkání na inzulín
    - **non-inzulín dependentní diabetes mellitus**

## **Příznaky onemocnění diabetem:**

- Zvýšená hladina glukózy v krvi (hyperglykémie)
- Zvýšené vylučování glukózy močí (glykosurie – je překročen ledvinový práh pro glukózu) vedou k potížím pacientů, kteří si stěžují na **polyurii a polydipsii** (časté močení a žíznivost)
- **Upozornění:** všichni posluchači všech směrů bakalářského studia se setkají s tímto onemocněním ve své praxi

Vše potřebné o diabetu najdete na stránkách:

[www.diabetesmellitus.cz](http://www.diabetesmellitus.cz), [www.novonordisk.cz](http://www.novonordisk.cz)

# GLUKAGON

- Tvorba: A buňky Langerhansových ostrůvků pankreatu
- Signál pro sekreci: snížení hladiny glukózy v krvi
- Hlavní úkol: zvýšení glykémie
- Způsoby zvýšení glykémie:
  - zvýšený rozklad glykogenu v játrech (glykogenolýza)
  - zvýšená tvorba glukózy z glycerolu a mastných kyselin (glukoneogeneze)

# ENERGETICKÝ METABOLISMUS

## Hormony štítné žlázy

- **Thyroxin - T<sub>4</sub>**
- **Trijodthyronin - T<sub>3</sub>**
- Sekrece je řízena: nabídkou jodu, TRH, TSH
- Místo působení: všechny buňky v organismu, které mají intracelulární receptory (jaderné a mitochondriální)



# Účinky hormonů štítné žlázy

- Zvyšují bazální metabolismus zvýšenou spotřebou kyslíku a vznikem tepla
- Stimulují proteosyntézu a růst (hlavně intrauterinně)
- Stimulují metabolismus cukrů (využívají cukry jako zdroj energie)
- Stimulují mobilizaci a oxidaci tuků (opět jako zdroj energie)
- Vliv na oběhový systém: zvyšují srdeční frekvenci a srdeční výdej - zajišťují tak přísun kyslíku na krytí zvýšených metabolických potřeb
- Vliv na nervový systém (ovlivňují rychlost vedení vzruchu, intrauterinně i diferenciaci nervové tkáně)

# Poruchy sekrece hormonů štítné žlázy

## **Hypertyreóza: Basedowova – Gravesova choroba**

- Příznaky plynou ze **zvýšení metabolismu** – tj. úbytek hmotnosti i přes velkou „žravost“, pocení, jemný třes, tachykardie, nervozita (zrychlené reflexní reakce), nesnášenlivost tepla, exoftalmus (vystouplé oční bulby v důsledku aktivace proteosyntézy oční tkáně)
- Projev v oblasti krku: vznik strumy – malá, tvrdá, horká
- Příčiny: nejčastěji jako autoimunitní choroba
- Vyšetření hladin hormonů:  $T_3$ ,  $T_4$  vysoké hladiny  
TSH nízká hladina

# Hypothyreóza

- z nedostatku jodu

- **Endemická struma**

:výskyt v horských oblastech při nedostatku jodu ve vodě

:pokud trpěla nedostatkem jodu matka během těhotenství – u dítěte pak projevy onemocnění zvaného: kretenizmus

Vyšetření hladin hormonů:  $T_3$ ,  $T_4$  snížené hladiny

TSH – zvýšená hladina

- autoimunitní choroba

- **Hashimotova struma**

:příznaky - malátnost, spavost, snížený metabolismus, otylost, bradykardie, myxedém (zmnožením mukopolysacharidů v podkoží)

Vyšetření hladin hormonů:  $T_3$ ,  $T_4$ , TSH – vše snížené hladiny



# Hormony zasahující do řízení: růstu a vývoje

- Intrauterinní růst a vývoj: **hormony štítné žlázy** (thyroxin, trijodtyronin)
- Po narození: **somatotropní hormon (STH)**
  - **Sekrece z předního laloku hypofýzy pod vlivem GHRH a GHIH; zvyšuje se hlavně ve spánku**, během dne kolísá podle aktivity mozkové kůry, je závislá na stresu, hladině ADH, glukagonu a na glykémii



# STH

- Pod jeho vlivem hlavně v játrech vznikají **somatomediny** (inzulinu podobné růstové faktory=**insuline like growth factor**), které zprostředkovávají růst téměř všech tkání v těle
- **Hlavní účinek: lipolýza – štěpení tuků**
- Další účinky:
  - podpora růstu pojivové tkáně, růstu chrupavek a kostí
  - Proteoanabolický – podpora růstu svalové hmoty
  - Snižuje zpracování glukózy (místo glukózy jsou zdrojem energie mastné kyseliny, glukóza zůstává v krvi)
  - Zadržuje ionty  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$

# Poruchy sekrece STH

- Zvýšená sekrece:
  - v dětství: gigantismus
  - v dospělosti: akromegalie
- Snížená sekrece:
  - v dětství: hypofyzární nanismus
  - v dospělosti: panhypopituitarismus

# Biorytmy - chronobiologie

- **Rytmus:**

- určitá funkce či biologická proměnná je v nějaké fázi a za určitou stejnou dobu se do této fáze opět vrací; se nazývá
- **perioda rytmu:** doba, která uplyne, než se opět funkce či biologická proměnná dostane do stejné fáze

- **Dělení rytmů podle period:**

- **ultradiální:** perioda je výrazně kratší než 24 hodin (od několika sekund až po 20 hodin); příklady: rytmy v dýchání, v nervové činnosti
- **cirkadiální:** rytmy zhruba 24-hodinové; příklad: rytmus spánku a bdění u člověka, u zvířat jde o rytmus v tzv. lokomoční aktivitě – zvířata s pohybovou aktivitou ve dne nebo v noci
- **infradiální:** perioda je výrazně delší než 24 hodin; příklad: menstruační cyklus žen, estrální cyklus u zvířat



- U člověka: cirkadiální rytmus
- Je endogenní s periodou rytmu kolem 25 hodin
- Je synchronizován střídáním světla a tmy (nebo teplotním cyklem či cyklem v příjmu potravy či sociálním stimulem)
- Umístění: epifýza - oko - suprachiasmatické jádro hypothalamu

# Hormony zasahující do řízení: reprodukce

- **Ženské pohlavní hormony - estrogeny**
  - Zástupci: **estradiol, estron, estriol**
  - Tvoří se v: theca interna Graafova folikulu, žlutém tělísku, placentě, nadledvinách, u mužů ve varlatech
  - Působí v cílových orgánech vlastními cytoplasmatickými receptory (ovarium, děloha, pochva, prsa, hypofýza, hypotalamus, mozek, ledviny, tuková tkáň, játra)
  - Sekrece řízena FSH z hypofýzy, který je pod vlivem hypotalamického GnRH (rozdílné časování pulzní sekrece GnRH u mužů a žen)

- **Fyziologické účinky estrogenů:**

- **Působí na vývoj sekundárních pohlavních znaků (růst dělohy, prsou, ženský typ ochlupení a ženské rozložení tuku)**
- **Navozují proliferační fázi menstruačního cyklu**
- Podporují funkci osteoblastů – v pubertě zrychlení růstu a pak uzavírání epifyzárních štěrbin)
- Zvyšují dráždivost děložního svalstva a motilitu vejcovodů
- Podporují růst mlékovodů
- Snižují hladinu cholesterolu v plazmě (antisklerotický účinek – ochrana před kardiovaskulárními chorobami)
- Zvyšují retenci vody a solí (příčina premenstruální tenze)
- Mají vliv na utváření ženského typu chování



- **Ženské pohlavní hormony – progesteron**

- derivát cholesterolu

- tvoří se v ovariu v tzv. corpus luteum (žlutém tělísku), v placentě, nadledvinách a ve varleti

- fyziologické účinky:

- **Působí v sekreční fázi menstruačního cyklu (příprava sliznice dělohy=endometria k uhnízdění =nidaci vajíčka)**

- **Zvyšuje teplotu v sekreční fázi menstruačního cyklu o 0,5 °C**

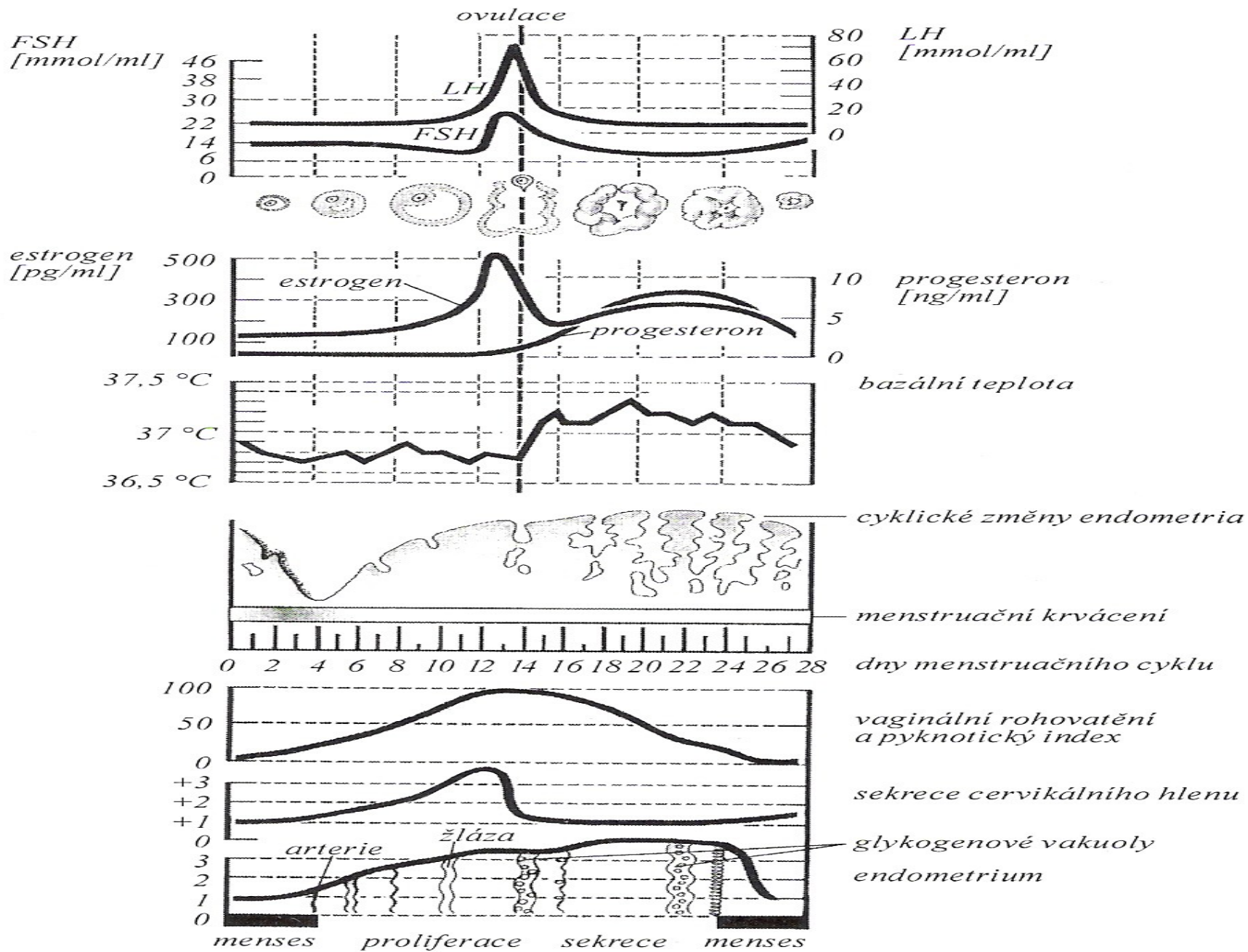
- Působí růst alveolů a lobulů v prsní žláze

- Snižuje citlivost děložního svalstva k oxytocinu (před porodem –jeho pokles)



# Menstruační cyklus

- Hladiny ženských pohlavních hormonů podléhají od puberty cyklickým změnám=menstruační cyklus
  - Cyklické změny jsou patrné ve vaječnicích, děloze a pochvě
  - Délka: 28 dní, první den krvácení je prvním dnem menstruačního cyklu
  - Fáze menstruačního cyklu: **folikulární fáze** zahrnující cyklus ovariální: nábor folikulů, jejich výběr, růst a zrání Graafova folikulu – ovulace – **luteální fáze**
  - V první polovině se uplatňují estrogeny a vyšší hladiny LH než FSH (náhlý vzestup LH vede k prasknutí Graafova folikulu a k ovulaci), v druhé progesteron



18.5 Menstruační cyklus a jeho různé projevy hormonální, tkáňové a teplotní

- Hladinám hormonů se přizpůsobuje i sliznice v děloze=**děložní cyklus**
  - Začíná **menstruační fází**, pak následuje **fáze proliferační** (5.-14.den cyklu), po ovulaci **fáze sekreční** při které se sliznice připravuje na nidaci vajíčka, pokud nedojde k oplození, dochází k vazokonstrikci a ischemii arterií až k jejich nekróze, odloučení sliznice menstruačním krvácením (množství krve 30-60 ml)
  - Anovulační cyklus
  - Menorea – hypermenorea (ztráta většího množství krve)-menoragie (prodloužené krvácení na 7-8 dní)



# Mužské pohlavní hormony: androgeny

- Zástupce: **testosteron**
- Produkce: **Leydigovými buňkami** varlete, v nadledvinách (DHEA:dehydroepiandrosteron), u žen jsou androgeny produkovány také v nadledvinách, ale i v ovariu
- V krvi kolují androgeny vázané na globulin=androgen binding globulin=ABG
- Sekrece regulována **LH** z hypofýzy pod vlivem hypotalamického GnRH (pulzní sekrece 1x za 2-4 hodiny)



- **Fyziologické účinky testosteronu:**

- Zodpovědný za diferenciaci, vývoj a růst mužských pohlavních orgánů v embryonálním období
- Vliv na sekundární pohlavní znaky
- Vliv na mužské pohlavní chování
- Anabolický účinek (zvýšená proteosyntéza – zesílená tvorba kostí, stimulace růstu svalové tkáně)

V mužské pubertě (11.-13.rok věku) se zvyšuje i hladina **FSH** působícího na **Sertoliho buňky** varlete a ovlivňujícího vývoj spermií (spermatogenezi)