

Endokrinní soustava

Soustava žláz s vnitřní sekrecí

- Látkové (humorální, chemické) řízení organismu je zabezpečováno žlázami s vnitřní sekrecí, které produkují hormony (produkty svého metabolismu) přímo do krevního oběhu nebo tkáňové tekutiny.

Funkce endokrinní soustavy

- zajišťuje růst
- zajišťuje rozmnožování
- zajišťuje celkový metabolismus
- udržuje homeostázu (stálost a rovnováha v lidském organismu, např. stálost vnitřního prostředí, teploty,...)
- zajišťuje hospodaření s vodou a ionty

Žláza

- skupina buněk tvořící a uvolňující (sekrece) chemické látky

- 1. Exokrinní žlázy (s vnější sekrecí) – mají kanálky, vývody do tělních dutin nebo na povrch těla (např. slinné, potní žlázy)*
- 2. Endokrinní žlázy (s vnitřní sekrecí) – nemají vývody, vyměšují hormony přímo do krve (krevního oběhu), jejich působení je pomalejší, jsou prostoupeny sítí krevních a mízních vlásečnic*

Hormony

- označeny v roce 1906
- z řeckého hormao – stimulovat, vzrušovat
- tvořeny ve specializovaných buňkách
- působí v nepatrném množství (působí již ve velmi malé koncentraci)
- jsou dopravovány k cílovým buňkám, u nich se vážou na úzce specifické receptory, tj. specifické místo na plazmatické membráně cílové buňky, hormon do buňky proniká a ovlivňuje syntézu buněčných bílkovin, tj. hormon působí na buňky cílových orgánů přímo (např. stah hladké svaloviny), při nepřímém působení je receptor obsažen v cytoplazmatické biomembráně buňky => ovlivňuje propustnost biomembrány pro určité látky

- účinkují pomalu
- hladiny hormonů jsou v krvi velmi nízké
- po splnění úkolu jsou v játrech rozkládány a pak se vylučují nebo slouží na tvorbu nových molekul hormonu
- účinek hormonů se může s věkem měnit
- hormony mají vysokou specifičnost, tj. nenapodobitelnost jejich účinku jiným typem látky

Rozdělení hormonů podle místa vzniku

1. V endokrinních žlázách – nemají vývody
2. Tkáňové hormony – vylučovány z tkání (např. sekretin, tvoří se ve dvanáctníku, po přijetí potravy putuje do slinivky břišní a stimuluje uvolnění pankreatické šťávy)
3. Neurohormony – produkovány neurosekrečními buňkami (*neurokrinie* – schopnost nervových buněk tvořit hormony, např. hypothalamus, dřeň nadledvin – tvoří hormon adrenalin, noradrenalin)

Hormony podle složení

1. Hormony peptidické povahy (*inzulin, glukagon*)
2. Deriváty aminokyselin (látky odvozené od aminokyselin, např. *adrenalin, thyroxin*)
3. Hormony steroidní povahy (testosteron, estrogeny)

Hypofýza (podvěsek mozkový)

- řídicí endokrinní žláza (její hormony řídí činnost jiných žláz s vnitřní sekrecí)
- malá žláza (1 cm, jako třešeň)
- hmotnost 0,6 g
- spojená krátkou stopkou s hypotalamem v mezimozku
- leží v tureckém sedle klínové kosti
- má dva laloky – přední (*adenohypofýza*) a zadní (*neurohypofýza*)

Adenohypofýza

- přední lalok hypofýzy
- vylučuje šest základních hormonů
- řízena z hypotalamu látkově pomocí regulačních hormonů
- regulační hormony jsou tvořeny neurosekretorickými buňkami v hypotalamu
- každý ze šesti hormonů adenohypofýzy má jeden regulační hormon podporující tvorbu hormonu a jeho vylučování a druhý na snižování tvorby hormonu

Hormony vytvářené adenohypofýzou

1. Somatotropin (*somatotropní hormon – STH, růstový hormon*)

- působí hlavně na růstové chrupavky => růst kostí
- stimuluje růst kostí a svalů (u mladých lidí) tím, že aktivuje mitózu a vstup aminokyselin do buněk (tj. podporuje syntézu bílkovin a růst dlouhých kostí v epifýzách => růst kostí do délky) – je to ovlivněno somatomedinem (peptid), který jeho vlivem vzniká v játrech
- podporuje hojení poškozených tkání
- u dospělého, kde je již růst ukončen je jeho funkce omezena na ovlivnění látkové výměny bílkovin

- **hyperfunkce hormonu** v mládí – nadměrný vzrůst (*gigantismus*) – výšky i nad 190–240 cm u mužů, od 175 cm u žen. Např. jeden severoameričan: po narození váha 3,8 kg, první rok života 28 kg a výška 1,11 m, v devíti letech 1,85 m, smrt ve 29 letech – 217 kg a 2,7 m.
- **hypofunkce hormonu** – trpasličí vzrůst (*nanismus*) – *růstové chrupavky se předčasně uzavírají* (všechny proporce těla jsou menší, narušena inteligence, obličej má dlouho dětské rysy. Neléčený by byl v dospělosti 130–140 cm vysoký).
 - včasná diagnóza – hormonální léčba – nenastává porucha.
 - *akromegalie – nadprodukce růstového hormonu v dospělosti – nemůže být další vzrůst* – růstové chrupavky jsou již osifikovány, vysoké hladiny hormonu působí na růst koncových partií těla (zvětšuje se čelní kost, dolní čelist – zuby daleko od sebe, jazyk – breptání, brada, články prstů, nadočnicové oblouky, rty, uši), častější u žen, způsobeno nádorem adenohypofýzy, který vyrůstá z buněk, produkující somatotropin

2. Prolaktin (PRL, luteomamotropní hormon, LTH)

- *mamma* – latinsky prs, také se mu říká laktační hormon
- řídí rozvoj mléčných žláz (navozuje zvýšené dělení buněk mléčné žlázy)
- po porodu zahajuje produkci mateřského mléka (*laktaci*) a udržuje jeho tvorbu
- kojení samo stimuluje hypofýzu k tvorbě většího množství prolaktinu
- omezuje produkci ženských pohlavních hormonů – tlumí ovulaci a menstruační cyklus (omezuje schopnost oplodnění kojící ženy)
- zajišťuje rozvoj žlutého tělíska
- ovlivňuje rodičovské chování
- u mužů málo prolaktinu ovlivňuje růst předstojné žlázy a semenných váčků

• **hyperfunkce prolaktinu** (při poruše hypofýzy např. nádorem)

- neplodnost žen (žena má nepravidelnou nebo žádnou menstruaci, fyziologicky je to v době kojení => ochrana kojící matky před novým početím)
- produkce mateřského mléka v době nepotřebné ke kojení
- vede ke ztrátě sexuálního pudu
- vede k mužské impotenci

3. Hormony řídící činnost jiných endokrinních žláz

- stimulují jiné endokrinní žlázy, zakončení v názvu tropin, tzn. ovlivnění jiných endokrinních žláz – *tropos* (řecky směr), první část v názvu označuje místo působení hormonu, druhá část v názvu znamená směřování => ústřední postavení hypofýzy

a. Kortikotropin (adrenokortikotropní hormon, ACTH)

- řídí činnost kůry nadledvin

b. Thyrotropin (thyreotropní hormon, TTH)

- ovlivňuje činnost štítné žlázy
- vyvolává zvýšený růst buněk štítné žlázy
- zvyšuje produkci a uvolňování thyroxinu
- stimuluje vychytávání jodu štítnou žlázou

c. Gonadotropní hormony

- ovlivňují činnost pohlavních žláz (gonád – vaječníky, varlata)
- u rostoucího organismu zajišťují správný vývoj pohlavních orgánů a pohlavní dospívání

• *Folitropin (folikulostimulující hormon, FSH)*

- podporuje tvorbu pohlavních buněk
- tvořen u mužů i žen
- u žen – podporuje zrání Graafova folikulu, ovulaci vaječnicků a tvorbu hormonu estrogeneru v Graafově folikulu
- u mužů podporuje tvorbu spermií ve varlatech (růst semenotvorných kanálků ve varleti – umožňuje spermatogenezi)

- ***Lutropin (luteinizační hormon, LH, ICSH)***

- podporuje tvorbu pohlavních hormonů

- u žen podporuje růst folikulů, vyvolává prasknutí Graafova folikolu a uvolnění vajíčka (*ovulace*), *podporuje tvorbu žlutého tělíska (vytvoří se na místě prasklého Graafova folikulu)* a tvoří hormon progesteron (vylučovaný žlutým tělískem), vytváří podmínky pro uhnízdění vajíčka v děloze

- u mužů působí lutropin na buňky varlete, které tvoří mužský pohlavní hormon testosteron

Neurohypofýza

- zadní lalok hypofýzy
- nepravá endokrinní žláza (hormony netvoří, pouze je uskladňuje a vydává do krve)
- v zárodečném vývoji vzniká jako vychlípenina spodiny třetí mozkové komory
- hormony se tvoří v neurosekretorických buňkách hypotalamu, odtud se dostávají do neurohypofýzy cytoplazmou nervových vláken
- produkuje dva hormony

Hormony neurohypofýzy

1. *Antidiuretický hormon (ADH, vazopresin)*

- podnětem pro zvýšení vyměšování ADH jsou změny osmotického tlaku krve, která protéká hypotalamem
- zvyšuje propustnost stěn sběracích kanálků v ledvinách pro vodu
- při nedostatku vody v organismu => vylučuje se více ADH => sníží se vylučování vody močí => tvoří se koncentrovaná moč
- hormon působí proti vylučování vody močí (anti = proti, diuréza = vylučování moči)
- hypofunkce – (nemoc úplavice močová = „žíznivka“ = diabetes insipidus). Onemocnění se projevuje vylučováním nadměrného množství málo koncentrované moči a nezišitelnou žízní. Léčí se úspěšně podáváním derivátu chybějícího hormonu.

2. *Oxytocin*

- působí na hladké svalstvo dělohy
 - vyvolává stahy dělohy při porodu (děložní kontrakce), ke konci těhotenství jej lze použít k vyvolání porodu
 - vypuzuje placentu po porodu z dělohy
 - při laktaci (v době kojení) vyvolává stahy hladké svaloviny kolem mlékovodů v mléčné žláze => rytmické kontrakce vypuzují mléko při kojení

Štítná žláza (glandula thyreoidea)

- párová žláza, oba její laloky leží po stranách chrupavky štítné hrtanu (uprostřed jsou laloky spojeny a tvoří písmeno H)
- největší endokrinní žláza člověka
- u dospělého váží 15-20 g (při patologickém zvětšení až kilogramy)
- nezvětšená není na krku hmatatelná
- silně prokrvena (za minutu jí protéká až půl litru krve)
- funkci projevuje už u plodu
- tvoří tři hormony (thyroxin, trijodthyronin (obsahují jód) a kalcitonin = thyreokalcitonin)
- pro funkci štítné žlázy je třeba jód, proto štítná žláza vycytává všechny jód přijatý potravou do těla z krve; poruchy štítné žlázy se mohou mimo jiné projevovat vznikem *strumy (vole)*. Struma tlačí na jícn a dýchací cesty a zapříčiňuje tak polykací a dýchací obtíže. Strumygeny = látky tlumící sekreci hormonů štítné žlázy (způsobují vznik strumy).

Hormony štítné žlázy

1. *Kalcitonin*

- snižuje hladinu vápenatých (Ca^{2+}) a fosforečnanových iontů (PO_4^{3-}) v krvi
- je antagonistou parathormonu – tlumí uvolňování vápníku z kostí a tím snižuje jeho množství v plazmě
- když stoupne hladina kalcia v krvi příliš, hypotalamus a hypofýza přimějí štítnou žlázu k produkci kalcitoninu, který vede k omezení až zástavě sekrece parathormonu (tvořen příštítnými tělísky) => vzestup ukládání vápníku v kostech

2. *Thyroxin*

- řídí oxidační procesy v buňkách, produkci energie, ATP a tepla = normální průběh okysličování živin
- nadměrná produkce thyroxinu (*hypertyreóza*, **Basedowova (Gravesova) choroba**)
 - zvýšená látková přeměna, hubnutí, zvýšená chuť k jídlu (pocit hladu)
 - nadměrné pocení, zrychlení srdečního tepu, neklid, úzkost, emocionální vzrušivost
 - nesnášenlivost tepla, jemný třes rukou, vlhká kůže, průjmy, vystouplé oči z důlků (exoftalmus)
 - může selhat krevní oběh
 - léčba – odstranění části nebo celé žlázy, nutno potom hormon dodávat

- ***hypotyreóza***

- útlum biologických oxidací => snížení a zpomalení řady funkcí

- **u dítěte**

- vyvine se debilita až kretenismus (vyskytoval se v horských údolích, kde bylo málo jódu), porucha duševních funkcí, omezení růstu těla – fyzická retardace

- předcházení vzniku choroby – u dítěte 4. – 5. den života se odebírá krev z patičky – vyšetření hladiny thyroxinu, případně se zahájí léčba thyroxinem a umožní se normální vývoj

- **u dospělých (= myxedém)**

- častější u žen

- skleslost, únava, malátnost, hrubší hlas, nesnášenlivost chladu (zimomřivost)

- suchá kůže, ztráta vlasů, deprese, bolesti hlavy, kloubů

- vytvoření rosolovitých otoků v podkožním vazivu obličeje a končetin

- menstruační nepravidelnosti, neplodnost, pokles sexuální touhy,

Příštítná tělíska (*glandulae parathyreoideae*)

- jsou čtyři drobná tělíska velikosti hrášku
- uložení na zadní straně obou laloků štítné žlázy (někdy jsou do ní přímo zanořena)
- produkují hormon *parathormon (PTH)*
 - udržuje stálou hladinu vápenatých a fosforečnanových iontů v krvi
 - v případě potřeby podněcuje uvolňování vápníku z kostí
 - antagonistka kalcitoninu
 - je-li v krvi nedostatek vápníku, zvýší se vylučování parathormonu. Ten uvolní vápník z kostí tkáně => kostní hmota je rozrušována a obnoví se normální hladina vápníku v krvi. Při nadbytku vápníku v krvi se sekrece parathormonu tlumí.

- hyperfunkce parathormonu – dochází k odvápnění kostí (*osteoporóza*) – z kostí se uvolňuje vápník a fosfáty => kosti se snadno lámou a vápník je vylučován močí
- hypofunkce parathormonu – snižuje se obsah vápníku v krvi => zvyšuje se nervosvalová dráždivost => vznik křečí (= onemocnění tetanie) – nebezpečné sou křeče hrtanových a dýchacích svalů – zadušení

Poznámka: V těle je 1 kg vápníku (99 % v kostech, 0,9 % v ostatních tkáních a 0,1 % v mimobuněčné tekutině). Vápník pro tvorbu zubů, kostí, pro funkci mozku, nervů, svalu – pro normální nervosvalovou dráždivost, pro srážení krve. Aby organismus mohl vápník ze stravy využít, musí mít dostatek vitamínu D.

Slinivka břišní (pankreas)

- hormonální funkci mají jen 2 % jejího objemu = Langerhansovy ostrůvky (1 – 2 miliony), jsou velké 0,5 mm
- jedná se o shluk buněk
- produkuje hormon inzulín

Hormony slinivky břišní

1. Inzulín

- reguluje hladinu glukózy v krvi (*glykémie*), *hladina krevního cukru je 4,5 – 6,5 mmol/l krve*
- stimuluje vstup glukózy do buněk
- podporuje tvorbu bílkovin
- zasahuje do metabolismu tuků

- **hypofunkce** – vznik *cukrovky (diabetes mellitus, hyperglykémie)*

- cukr je vylučován močí, na vyloučení potřebuje vodu => zvýšené močení => žízeň

- komplikace diabetu

- zvýšená hladina glukózy v krvi způsobuje glykosylaci tělních bílkovin (vazba glukózy na bílkovinné molekuly) => porucha cév, sítnice oka, ledvin, nekrózy (odumření) tkání (=> případná amputace končetin)

- zvýšená hladina cholesterolu (je narušen metabolismus tuků)

- zvýšení krevního tlaku

- častá hnisavá onemocnění

- kožní infekce, plísně

- velmi obtížné hojení ran

- vyměšování inzulínu je řízeno množstvím glukózy v krvi přímo úměrně.

- ***hypoglykémie*** (méně než 3,1 mmol/l krve) – slabost, třes, neklid, zmatené chování až bezvědomí. Protože mozek nemá dostatečný přísun glukózy => nutno podat kostku cukru a příznaky zmizí.

2. Glukagon

- hormon produkován druhým typem buněk
- antagonist inzulínu (podílí se na zvyšování hladiny glukózy v krvi)
- způsobuje štěpení glykogenu na glukózu v játrech, ne ze svalů
- zvýší-li se hladina glukózy v krvi, snižuje se vylučování glukagonu

Nadledviny (glandulae suprarenales)

- párové endokrinní žlázy
- sedí jako čepičky na vrcholu ledvin
- složeny ze dvou vývojově odlišných částí (nejsou jednotnou žlázou)
- kůra – vnější z mezodermu, stejná tkáň jako ledviny
- dřeň – vnitřní z ektodermu, přeměněná nervová tkáň – odpovídá jí mikroskopickou stavbou i činností
- obě části vylučují odlišné hormony, z nichž každý má samostatnou funkci

Hormony nadledvin

Kůra nadledvin *cortex*

- její hormony jsou steroidní
- řízena kortikotropinem z hypofýzy
- vylučuje dva druhy hormonů – glukokortikoidy a mineralokortikoidy (kortikoidy proto, že jsou vytvářeny kůrou – kortexem)

1. *Glukokortikoidy*

- přispívají k udržování hladiny glukózy v krvi => název
- nejvýznamnější z těchto hormonů je kortisol
 - zvyšuje hladinu glukózy v krvi (podporuje štěpení glykogenu)
 - účastní se řízení metabolismu všech živin
 - uvolňuje tuky ze zásobních tkání jako mastné kyseliny
 - řídí tvorbu glukózy z aminokyselin
 - zvyšuje celkovou pohotovost organismu při zátěžových situacích (stres, infekční choroba, tělesná námaha)
 - působí protizánětlivě (např. při zánětu kloubů)
 - ve vyšších dávkách způsobí snížení imunobiologických reakcí (imunosupresivní účinek) – využití při transplantacích a alergiích
 - při nedostatku glukokortikoidů klesá odolnost vůči zátěžím (i lehká infekční onemocnění zhroutí vnitřní rovnováhu)

2. *Mineralokortikoidy*

- hlavní hormon je *aldosteron*
- řídí zpětné vstřebávání sodíku a současně vylučování draslíku v ledvinových kanálcích
- zpětným vstřebáváním iontů sodíku se zvyšuje i vstřebávání vody (každou molekulu soli v těle doprovází velké množství molekul vody => při velkých ztrátách soli ztrácí tělo i velké množství vody)
- nedostatek aldosteronu vede ke zhoustnutí krve
- sekreci aldosteronu řídí hormon *renin* (*je-li hladina aldosteronu nízká => ledviny produkují renin => hladina aldosteronu stoupá, buňky tvořící renin reagují na množství iontů sodíku v krvi v glomerulech*)

3. *Androgeny*

- mužské pohlavní hormony, hl. *testosteron*
- v nepatrném množství tvořen i u žen – způsobuje ochlupení v podbřišku a v podpaží
- estrogeny u mužů příčinou feminizačních znaků (u mužů, např. zženštělé chování)

Addisonova choroba

- bronzová kůže, únava, svalová slabost, hypoglykémie, hypotenze (nízký krevní tlak), hubnutí, chuť na slané, břišní bolesti
- způsobena špatnou činností kůry, dříve smrtelná, dnes hormonálně léčena
- nejčastější autoimunitní porucha, kdy organismus produkuje látky ničící kůru nadledvin => nedostatečná tvorba aldosteronu a kortizolu

Dřeň nadledvin

- obsahuje neurosekreční buňky (zmnožené a přeměněné buňky sympatiku) – sympatoadrenální soustava
- tvoří dva chemicky podobné hormony (adrenalin a noradrenalin)

1. *Adrenalin*

- vylučuje se při fyzické a psychické zátěži (odpověď na stresové situace)
- během několika sekund adrenalin způsobuje:
 - rozšíření očních zorniček (aby člověk lépe pozoroval okolí)
 - v podkoží se kapiláry stahují => člověk bledne => svalům zůstává více krve a snižuje se riziko ztráty krve při poranění
 - zvyšuje se srdeční a tepová frekvence (aby svaly a mozek dostaly více kyslíku a živin)
 - rozšiřují se průdušky (větší předávání kyslíku do krve)
 - zúžení cév ve střevech, rozšíření cév v kosterních svalech
 - svalová vlákna se kontrahují do pohotovostní akce
 - játra uvolňují do krve glukózu (štěpení glykogenu), zvyšuje se krevní tlak
 - štěpení tuků v tukové tkáni, štěpení glykogenu ve svalech

2. *Noradrenalin*

- podobné účinky jako adrenalin

Při dlouhodobém nadměrném stresovém dráždění – vysoký krevní tlak. Stres je fyzický, psychický, emociální. Adrenalinový sprej – u alergiků (rostlinný pyl, bodnutí hmyzem), kdy hrozí alergický šok.

Vylučování hormonů dřeně nadledvin je ovládáno nervovými vlákny sympatiku – nervovou soustavou. Hormony dřeně bývají označovány jako katecholaminy.

Šišinka (epifýza)

- umístěna na přední straně mozku těsně za čelní kostí (označována jako třetí oko)
- připojena ke stropu komory mezimozku, tvoří hormon *melatonin*

Hormony šišinky

1. Melatonin

- umožňuje pomalý nástup puberty
- brzdí pohlavní činnost
- vytváří se v noci
- kontroluje cyklus bdění a spánku
- s prodlužováním světelného dne jeho produkce klesá
- vylučuje se v noci do moči (indičtí joggíni pili ráno moč)
- má antioxidační účinky (vychytává volné radikály, které mohou napadat DNA a způsobovat rakovinu nebo srdeční nemoci)
- reguluje proces stárnutí
- syntetický melatonin pomáhá při úpravě biorytmů, při překonávání časových pásem a navození spánku
- u dětí velká tvorba, věkem se snižuje