

Hormony

- hormonální regulace jsou charakteristické pro vyšší organismy - působení hormonů na cílové buňky je látkové
- v organismu tvořené regulátory biochemických pochodů, přenášené na místo svého působení tělními tekutinami, které ovlivňují děje pomalé až velmi pomalé
- jejich účinek zasahuje současně orgány (tkáně, buňky) na různých místech organismu

Hormony je možné klasifikovat podle původu, chemického složení či mechanismu, kterým vykonávají své účinky

Dle chemického složení:

- odvozené od aminokyselin (tyrosin, trijodtyronin,)
- peptidy a proteiny (insulin, glukagon, parathormon, prolaktin, somatotropin, ...)
- steroidní látky (steroidní hormony = hormony kůry nadledvin, pohlavní hormony, hormony skupiny vitamínu D)

Mechanismus účinku hormonů

- hormony působí receptorovým mechanismem (chemický signál nesený hormonem je v cílové buňce zachycen díky receptorům)
 - receptor je látka, která je schopna hormon rozpoznat a s ním specificky reagovat (jako receptory většinou slouží bílkoviny)
- a) receptory na povrchu buněk
- receptorové bílkoviny jsou součástí buněčné membrány
 - každá molekula receptoru obsahuje obvykle jedno vazebné místo pro hormon
 - v aktivním stavu jsou receptory funkčně i prostorově spojeny s katalytickými systémy na vnitřní straně membrány, enzymy na vnitřní straně membrány označujeme jako tzv. efektory
 - jsou 3 možné mechanismy přenosu signálu přes membránu:
 - a. k přenosu signálu receptory využívají tzv. G-proteinů → aktivují enzymy katalyzující vznik cyklických nukleosid-monofosfátů (druzí poslové: cAMP, cGMP)
 - b. k přenosu signálu receptory využívají tzv. G-proteinů → aktivují transportní děje na membránách, bez účasti cyklických nukleosid-monofosfátů jako druhých poslů
 - c. mechanismy nezávislé na G-proteinech - receptor sám je tvořen z více podjednotek, jež zasahují na vnitřní stranu membrány a vykazují katalytickou aktivitu, konkrétně schopnost přenosu fosfátu na řadu bílkovin, především enzymů (kinasová aktivita)
- b) intracelulární receptory
- hormony spolu s receptory účinkují uvnitř buňky jako regulátory genové exprese
 - ovlivňují tvorbu bílkovin (enzymů, strukturních proteinů ale i např. receptorů) od samého počátku, kterým je transkripce příslušných genů
 - odezva na hormonální signál je u tohoto typu regulace podstatně pomalejší - řádově jde o desítky minut ve srovnání s minutami až vteřinami u prvního typu

- tímto mechanismem působí všechny steroidní hormony včetně látek skupiny vitamínu D a thyroideální hormony

Dle svého původu:

A. produkované endokrinními žlázami

1. Hypofýza a hypothalamus
2. Epifýza
3. Štítná žláza
4. Příštítná tělíska
5. Pankreas
6. Nadledvinky
7. Gonády

B. produkované tkáněmi

1. GIT
2. Ledviny
3. Krev
4. Neurotransmitéry
5. Neuromodulátory
6. Histamin

Stanovení hormonů

1. Nepřímé metody stanovení hormonů

- Sledujeme metabolity, které vznikají působením daného hormonu.

Například: poměr Na^+/K^+ v moči vypovídá o množství aldosteronu (\downarrow poměr \uparrow aldosteronu); glykémie vypovídá o účinku insulinu;

2. Stanovení hormonů v moči

- analyzujeme metabolity sledovaných hormonů
- používá se 24 hodinový sběr moči
 - ✓ metabolity glukokortikoidů: 17-hydroxysteroidy
 - ✓ metabolity androgenů: 17-ketosteroidy
 - ✓ metabolit katecholaminů: kyselina vanilmandlová
- hormony bílkovinné a peptidové povahy se do moči nevylučují (s výjimkou choriového gonadotropinu – hCG)
- specifitější je stanovení v krvi

3. Stanovení hormonů v krvi

- Koncentrace hormonů v krvi se pohybuje v řádech piko – nano mol/l \Rightarrow nutno velmi citlivé metody
- Využívá se enzymová (EIA), radio- (RIA), fluoro- (FIA), či chemiluminiscenční (CLIA) imunoanalýza

IRMA: somatotropin

RIA: aldosteron, insulin (i CLIA)

CLIA: testosteron, progesteron, estradiol, Tyroxin, trijothyronin, prolaktin; parathormon

- Mezi rutinní biochemická vyšetření patří stanovení sérových hladin těhotenského hormonu (choriogonadotropin - hCG) a dvou hormonů spojených s funkcí štítné žlázy a to thyreotropinu a volného tyroxinu.
- V rámci speciálních vyšetření se stanovují hladiny hormonů štítné žlázy, kůry nadledvin, adenohipofýzy, příštítných tělísek či pohlavních gonád. Dále je možné stanovovat hladiny insulinu.

4. Funkční testy v endokrinologii

Cíle:

- odhalit počáteční subklinické stádium insuficience endokrinní žlázy (např.: oGTT)

- odhalit etáž osy hypothalamus-hypofýza-periferní žláza
- zjistit, zda se jedná o autoimunitní poruchu

Stanovení hormonů štítné žlázy

- stanovení TSH – zásadní význam v diagnostice tyreopatií (při normální koncentraci lze vyloučit poruchu funkce štítné žlázy)
u hypertyreózy je TSH < 0,1 mU/l
u hypotyreózy je TSH > 20 mU/l
- stanovení celkového T4 a T3 – lze použít pouze tehdy, nedochází-li ke změnám koncentrace vazebné bílkoviny (TBG)
- stanovení volného T3 a volného T4 – stanovuje se tedy jen účinná frakce hormonů – proto se toto vyšetření upřednostňuje

Hormony hypothalamu

- podle toho, zda stimulují nebo inhibují tvorbu a výdej adenohipofyzárních hormonů rozlišujeme **liberiny a statiny**
- jsou to oligopeptidy tvořené v nervových buňkách
- tvorba a výdej regulován podněty z vyšších („nadřazených“) mozkových center, prostřednictvím neurotransmiterů
- tvorba i výdej závisí na dodávce energie i na koncentraci jednotlivých aminokyselin, jako stavebních kamenů těchto oligopeptidů

Hormony hypofýzy

a. hormony adenohipofýzy

- ovlivňují činnost endokrinních žláz na nižší etáži - konkrétně štítné žlázy, kůry nadledvin a gonád (TSH, ACTH, LH a FSH)
- působí přímo na „neendokrinní“ tkáň (STH, prolaktin (PRL) a α -MSH)

Růstový hormon (STH, somatotropin)

- hlavním účinkem je růst - podporuje růst prakticky všech buněk a tkání - nejdůležitější je jeho účinek na kost a na svalovou tkáň
- dalším důležitým účinkem je vychytávání glukosy buňkami, na něž působí - obecně podporuje anabolické děje
- pro růstový hormon je charakteristické, že vyvolá zmnožení peptidů, zvaných růstové faktory (dříve označované jako somatomediny) – ty se uplatňují na různých místech při regulaci genové exprese a proteosyntézy
- nejznámějším růstovým faktorem je „insulinu podobný růstový faktor I = insulin like growth factor I“, IGF-I, velikostí a aminokyselinovým složením skutečně podobný insulinu
- sekrece a i biosyntéza STH je regulována pozitivně somatoliberinem (GHRH = growth hormone releasing hormone) a negativně somatostatinem

hyperfunkce: v dětství dochází k nadměrnému vzrůstu (gigantismus); v dospělosti ke vzniku akromegálií

hypofunkce: v dětství vzniká trpaslictví (nanismus)

Prolaktin (LTH)

- u žen má význam jako hormon, ovlivňující růst a funkci mléčné žlázy – jeho koncentrace roste po porodu, zvýšen při kojení
- tvoří se však i mužů, kde stimuluje růst prostaty
- výdej prolaktinu je řízen „statinem“, tzv. „prolactin inhibiting factorem, PIF“, což je vlastně dopamin
- nadbytek prolaktinu je jedním z ukazatelů možného maligního procesu; patří mezi tumorové markery (hypofyzární adenomy a mikroadenomy (prolaktinomy))

hyperfunkce: ztráta sexuálního apetitu, neočekávaná laktace, vynechávání menstruace a neplodnost u žen a dysfunkce pohlavních žláz, zmenšení varlat, zvětšení prsů u mužů

hypofunkce: dysfunkce vaječníků u žen, erektilní dysfunkce, hypofunkce semenných váčků a hypoandrogenismus u mužů

Melanocyty stimulující hormon (MSH)

- působí na kožní buňky - melanocyty

Thyreotropní hormon (TSH)

- hlavní cílovou tkání pro TSH jsou tzv. folikulární buňky štítné žlázy, kde dochází pod vlivem TSH k akumulaci jodu a k uvolňování hormonů štítné žlázy
- výdej a tvorbu TSH řídí a stimuluje tripeptid tyreoliberin (TRH), sekreci TSH naopak brzdí somatostatin
- hormony štítné žlázy působí negativní zpětnou vazbou na úrovni hypotalamu i hypofýzy, tzn. inhibují výdej TRH i TSH

Adrenokortikotropní hormon (ACTH)

- působí v kůře nadledvin (především ve vnitřních zónách, kde se produkují glukokortikoidy), kde spouští mechanismy, vedoucí k tvorbě kortikosteroidů
- sekreci ACTH stimuluje hypotalamický kortikoliberin (CRH)
- kortikosteroidy, tvořené v nadledvinách zpětnovazebně brzdí výdej jak CRH tak ACTH

Gonadotropiny

- cílovými tkáněmi jsou mužské i ženské pohlavní žlázy, kde obecně ovlivňují tvorbu a sekreci sexuálních steroidních hormonů a další funkce potřebné k reprodukci – jejich účinky u mužů a žen jsou odlišné
- výdej jakož i syntéza je stimulována gonadoliberinem (GnRH, luterin)

○ **Folikuly stimulující hormon (FSH) – folitropin**

U mužů: ovlivňuje zrání spermií v semenotvorných kanálcích

U žen: stimuluje tvorbu sexuálních steroidů ve vaječnicích a podílí se na cyklických změnách funkce ženských reprodukčních orgánů, jejichž smyslem je připravit podmínky pro oplodnění a následný vývoj vajíčka

○ **Luteinisační hormon (LH) – lutropin**

U mužů: stimuluje tvorbu androgenů a glukokortikoidů

U žen: stimuluje tvorbu sexuálních steroidů ve vaječnicích a podílí se na cyklických změnách funkce ženských reprodukčních orgánů, jejichž smyslem je připravit podmínky pro oplodnění a následný vývoj vajíčka

b. Hormony neurohypofýzy

- tvoří se v nervových buňkách hypotalamu, odkud se dlouhými axony dostávají do neurohypofýzy, kde jsou uskladněny v sekrečních granulích
- uvolňovány jsou na základě nervových podnětů mechanismem exocytosis - z prostoru vně buněk se dostávají do krevního oběhu a odtud k cílovým buňkám
- nejdůležitějšími hormony z nejméně devíti hormonů neurohypofýzy jsou vasopresin (adiuretin) a oxytocin (ocytocin)
- uvolňování vasopresinu a oxytocinu je řízen nervovými podněty - signálem pro výdej vasopresinu jsou změny osmolality krve (\uparrow osmoticky aktivních látek \Rightarrow voda z těchto buněk uniká \Rightarrow podnět ke zvýšení sekrece a syntézy vasopresinu, ke snížení vylučování vody ledvinami) a krevního tlaku.

Vasopresin

- hlavním biologickým účinkem je resorpce (zachycení) vody ledvinami
- působí na stahy (konstrikci) hladkého svalstva
- působí přes receptory s G-proteiny - vazbou vasopresinu na receptor se v buňkách ledvinných tubulů aktivují děje, vedoucí ke změně cytoarchitektury mikrotubulů a mikrofilament, což vede ke změně propustnosti pro vodu a ionty, tedy sumárně ke změně ultrafiltrační schopnosti

hyperfunkce: syndrom neadekvátní sekrece ADH: způsobuje zadržování vody, hypoosmolalitu, hyponatrémii, svalovou slabost, poruchy vědomí

hypofunkce: nadměrné vylučování tekutin - Diabetes insipidus – žíznivka

Oxytocin

- vyvolává změny kontraktibility hladkého svalstva, což se uplatňuje zejména při porodu a během laktace
- na různých místech působí rovněž jako neurotransmitery i jako „modulátory“ nervového přenosu

Hormony epifýzy

Melatonin

- podnětem k tvorbě je vyloučení noradrenalinu do pinealocytů jako reakce na tmu
- aktivuje se v noci - délka trvání denního světla (fotoperioda), určuje denní rytmus melatoninu
- kontroluje denní rytmus výdeje řady dalších hormonů (zejména gonadotropinů a sexuálních hormonů)
- jeho sekrece je podnětem k aktivaci gonád
- poruchy denního rytmu (např. při cestování letadlem přes více časových pásem) se odrazí v sekreci melatoninu

Hormony štítné žlázy

Thyroxin (T4) a trijodthyronin (T3)

- velice pestré biologické účinky
 - „působí na celkový metabolismus“ - regulace příjmu, výdeje a přeměny energie
 - působí na vývoj CNS – je-li nedostatek hormonů štítné žlázy v raných stádiích vývoje, vede ke kretenismu

- regulátory nervového přenosu
- cílové buňky pro hormony štítné žlázy najdeme prakticky ve všech tkáních a orgánech
- účinky na kardiovaskulární systém a na krvetvorbu
- úlohou štítné žlázy a jejích hormonů NENÍ hospodaření s jodem
- hormony tvořeny ve váčcích - folikulech, vnitřek folikulu je vyplněn koloidem, bohatým na typickou bílkovinu štítné žlázy - tyreoglobulin („Tg“)
- v krevním řečišti je téměř veškerý thyroxin a v menší míře i trijodthyronin vázán na plasmatické transportní bílkoviny - thyroxin vázající globulin (TBG, asi 75 % T4)
- afinita T3 vůči TBG a dalším plasmatickým bílkovinám je víc než řádově nižší než T4, takže koncentrace „volného T3“ převyšuje volný T4
- biologicky aktivním hormonem štítné žlázy v cílových buňkách je trijodthyronin
- biologický poločas T4 je 5-7 dní, zatímco T3 jen 1-2 dny, pomalejší vylučování T4 je způsobeno jeho vazbou na TBG
- při syntéze vedle trijodthyroninu vzniká i tzv. reversní trijodthyronin (3,3',5'-trijodthyronin, rT3), který je biologicky neaktivní, ale je významným klinicko-biochemickým ukazatelem

Hyperthyreóza: urychlení metabolismu, váhový úbytek, nespavost, zvýšené pocení, pocit horka, únava, bušení srdce, arytmie, tachykardie a v některých případech zvětšení štítné žlázy
Příčiny: autoimunitní onemocnění, karcinom štítné žlázy, nadprodukce TSH, Basedowova choroba

Hypothyreóza: hypothyreóza: únava, zimomřivost, poruchy paměti, pomalé psychomotorické tempo, dušnost po námaze, hrubý hlas, zácpa, suchá kůže, váhový přírůstek, anemie, zpomalení metabolismu a snížení bazálního metabolismu u těžkého stavu až bezvědomí, hypotermie, hypotenze s rozvojem šokového stavu tzv. myxedémového komatu

Příčiny: autoimunitní onemocnění, odebrání štítné žlázy, snížená sekrece TSH, těžký nedostatek jódu v potravě (v období vývoje mozku má za následek kretenismus)

Kalcitonin

- tvoří se v tzv. parafolikulárních („C“) buňkách štítné žlázy a dále i v jiných tkáních a orgánech (gastrointestinální trakt, plíce, játra, CNS a také v hypofýze) ve formě prekurzoru preprokalcitonin (136AMK) → prokalcitonin → kalcitonin (32AMK)
- je antagonistou parathormonu – tj. snižuje hladinu Ca^{2+} v krvi
- sekrece kalcitoninu je stimulována zvýšenými hladinami Ca^{2+} v krvi, a sníženou koncentrací fosfátu v krvi

Hormon příštítných tělísek

Parathormon

- tvoří se v tzv. hlavních buňkách příštítných tělísek ve formě prekurzoru preproparathormonu (115 AMK) → „proparathormon“ (90AMK) → parathormon (v Golgiho aparátu)
- vyvolává zvýšení hladiny Ca^{2+} v krvi:
 - odbouráváním (osteolýzou, „rozpouštěním“) kostní tkáně

- stimulací resorpce (zpětného vstřebávání) Ca^{2+} ledvinami (spolu s hořečnatými ionty), za současného poklesu resorpce fosfátu a bikarbonátu (HCO_3^-) a zvýšení jejich vylučování
- zvýšením resorpce Ca^{2+} v tenkém střevě
- především ve střevě stimuluje aktivitu klíčového enzymu pro tvorbu hormonálně aktivního derivátu vitamínu D, tzv. 1α -hydroxylasu 25-OH-D3
- sekrece PTH je stimulována sníženými hladinami Ca^{2+} v krvi, a zvýšenou koncentrací fosfátu v krvi

primární hyperparathyroidismus: autonomní, abnormální sekrece PTH – slabost, nevolnost, zvracení, nechutenství, bolest kostí a svalů, polyurie, polydipsie, ledvinné kameny, osteoporóza

sekundární hyperparathyroidismus: nadměrná produkce PTH jako odpověď na hypokalcémii
hypofunkce: snížené hladiny Ca^{2+} v krvi, zvýšené vylučování Ca^{2+} močí, svalové křeče a tenze, ledvinové kameny

Hormony pankreatu

- tvořeny endokrinní částí pankreatu, tzv. Langerhansovými ostrůvky – a to celkem 4 typy buněk, které se liší svoji hormonální produkcí:
 - α -buňky: soustředěny na vnějším okraji ostrůvků, zaujímají asi 15 % z více než 2 miliónů buněk - tvoří se zde **glukagon**
 - β buňky: tvoří asi 60 % z celkového počtu buněk, vyplňují přibližně vnitřek ostrůvků, tvoří se zde **insulin**
 - δ buňky: roztroušeny také převážně na okrajích ostrůvků a zaujímají asi 20 % tkáně , vzniká zde **somatostatin** (tvoří se také v některých částech mozku a v GIT)
 - F buňky: je jich nejméně - tvorba **pankreatického polypeptidu**, který řadíme mezi tzv. **tkáňové hormony**

Insulin

- produktem β -buněk je prohormon preproinsulin – proinsulin – insulin + C-peptid
- stanovení C-peptidu v krvi lépe odráží sekreční aktivitu β -buněk než sám insulin, jenž tím, že je vychytáván cílovými buňkami, mizí mnohem rychleji z krevního oběhu
- insulin působí prostřednictvím receptorů na membránách buněk

Funkce:

- snižuje koncentraci glukosy v krevním oběhu
 - ve svalu podporuje transport glukosy do buněk
 - v játrech je hlavní úlohou insulinu stimulace tvorby glykogenu při současné inhibici opačného pochodu
 - v tukové tkáni podporuje především transport glukosy do buněk a na druhém místě teprve syntézu glykogenu

hyperfunkce: hypoglykémie, příčinou bývá nádor β -buněk pankreatu (insulinoma)

hypofunkce: hyperglykémie, glykosurie, příčinou bývá Diabetes mellitus, metabolický syndrom, polycystický syndrom ovárií

Glukagon

- produktem α -buněk pankreatu je preproglukagon → proglukagon (69AMK) → glukagon

- v cirkulaci jsou vedle glukagonu přítomny i jeho prekurzory a fragmenty těchto prekurzorů, což ztěžuje jeho imunochemické stanovení
- sekrece glukagonu je poměrně konstantní, glukagon však reaguje na fyziologické podněty; hlavními jsou akutní hypoglykemie, příjem bílkovinné potravy a namáhavá svalová práce
- hlavním účinkem je zvýšení hladiny glukosy v oběhu - děje se tak především stimulací glykogenolýzy a glukogeneze v játrech, v menší míře pak inhibicí fosfofruktokinasy v ostatních tkáních

Hormony dřeně nadledvinek = „katecholaminy“

- mediátory nervového přenosu tj. neurotransmitery sympatických nervových vláken
- kromě nadledvin se tyto hormony tvoří i v nervových buňkách mozku (v mozkových neuronech) a v některých periferních neuronech
- tvorba je řízena vegetativní nervovou soustavou (parasympatická a sympatická nervová vlákna)
- stresové zátěžové hormony **adrenalin a noradrenalin**
- působí na srdeční sval – zvyšuje srdeční frekvenci, tep a krevní tlak, hemodynamické účinky na cévní stěny – působí vazokonstrikci cév vedoucích do GIT
- stimulují glykogenolýzu, glukoneogenezi
- ovlivňují sekreci dalších hormonů

Hormony kůry nadledvinek

a) Vnější zóna – tvorba mineralokortikoidů (aldosteron)

Aldosteron

- podílí se na udržení rovnováhy v koncentraci elektrolytů - sodných a draselných iontů v buňkách a v extracelulárním prostoru
- cílovým orgánem pro aldosteron jsou ledviny (ledvinné pánvičky), kde dochází k resorpci Na^+
 - pokles koncentrace sodných iontů v krvi \Rightarrow aktivace tzv. stretch-receptorů v ledvinách \Rightarrow vylučování enzymu reninu
 - Angiotenzinogen (* v játrech) --(renin)-- \rightarrow angiotenzin I
 - Angiotenzin I (v plicích) --konvertující enzym \rightarrow angiotenzin II
 - Angiotenzin II vyvolá prostřednictvím svých receptorů na membráně nadledvinových buněk tvořících zónu glomerulosu tvorbu a následně sekreci aldosteronu
- ovlivňuje propustnost membrán i biochemické děje na membránách spojené se spotřebou energie

hyperfunkce: hypertenze a hypokalémie, svalová slabost, polyurie a bolesti hlavy

hypofunkce: hyponatrémie a hyperkalémie;

b) Vnitřní zóna – tvorba glukokortikoidů (kortisol, kortison, kortikosterol)

Glukokortikoidy

- syntéza vychází z cholesterolu, v cirkulaci se váží na plazmatický transportní protein transkortin
- kortikoidy jsou metabolizovány převážně v játrech, vylučovány jsou ve formě konjugátů s kyselinou glukuronovou
- biosyntéza glukokortikoidů je řízena ACTH

- účastní se regulace metabolismu sacharidů
- stimulují lipolýzu, glykogenolýzu a glukoneogenezi
- stimulují apoptózu
- výrazně ovlivňují děje, probíhající při zánětu, alergických reakcích a při imunitní odpovědi - protizánětlivé („antiinflammatory“), protialergické, imunosupresivní a antiproliferativní účinky

hyperfunkce: příčinou bývá tumor nadledvin, akutní infekce, těžké popáleniny, šok, či stres
hypofunkce: příčinou bývá autoimunitní onemocnění, nedostatečnost hypofýzy

Sexuální hormony

a) mužské sexuální hormony = androgeny

- hormony: **testosteron a dihydrotestosteron**
- tvoří se v tzv. Leydigových (vmezeřených, intersticiálních) buňkách varlat, tvořících asi 5 % objemu žlázy (semenotvorné kanálky s tzv. Sertoliho buňkami a uloženými mužskými zárodečnými buňkami)
- dále se tvoří ve vaječnicích a rovněž v kůře nadledvin
- biosyntéza vychází z cholesterolu
- v krevní plazmě jsou vázány na transportní protein sexuální hormony vázající globulin (SHBG)
- jsou odpovědné za vývoj a funkci mužského reprodukčního systému
- působí na tvorbu svalové hmoty (deriváty testosteronu jsou známé anabolické steroidy)
- zatímco dihydrotestosteron je odpovědný za vývoj druhotných pohlavních znaků

primární hypotestosteronismus: abnormálně snížená produkce testosteronu, dysfunkce varlat

sekundární hypotestosteronismus: hypotalamická dysfunkce

b) ženské sexuální hormony

- funkční jednotkou vaječníků je folikul, který je tvořen dvěma typy buněk - vnějšími (**thekálními**) a vnitřními (**granulosovými**), jež obklopují vajíčka, jejichž vývoj a výživu zajišťují
- v **thekální** vrstvě folikulů se tvoří **androgeny**, které se v granulosových buňkách aromatizují na **estrogeny**
- důležitým meziproduktem biosyntézy androgenů a následně estrogenů je **progesteron**
- v krevní plazmě jsou vázány na transportní protein sexuální hormony vázající globulin (SHBG)

Progesteron:

- navozuje sekreční fázi menstruačního cyklu
- podporuje růst děložní sliznice po ovulaci

hypofunkce: při poruchách menstruačního cyklu, u nedostatečně vyvinutých vaječníků

Estron, estradiol, estriol:

- ovlivňují vývoj sekundárních pohlavních znaků ženského těla
- ovlivňují periodický vývoj děložní sliznice
- zabraňují řídnutí kostí

hyperfunkce: pozastavení menstruačního cyklu, podpora růstu plodu u těhotných žen
zvětšená prostata a získání ženských pohlavních znaků u mužů