

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:

- | | |
|--|---|
| <p>A. produkované endokrinními žlázami</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hypofýza a hypothalamus 2. Epifýza 3. Štítná žláza 4. Příštítná tělíska 5. Pankreas 6. Nadledvinky 7. Gonády | <p>B. produkované tkáněmi</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 (↓ poměr ↑ 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 ⇒ 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

- a. 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
- b. stanovení celkového T4 a T3 – lze použít pouze tehdy, nedochází-li ke změnám koncentrace vazebné bílkoviny (TBG)
- c. 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 vaječnicků 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, ledvinové 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 ovarií

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 glukogenese 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 (parasymptická 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