

A hormonális szabályozás

Dr. Forgó István

NYF-MMK

Agrártudományi Tanszék

A hormonális szabályozás

- Az endokrin szervek rendszere kémiai anyagokon, hormonokon keresztül fejt ki hatását (kémiai szabályozás).
- **Hormon: olyan hatóanyag, amely sejttanyagcsere terméke, mely a szöveti nedvkeringés vagy a vérkeringés útján eljut a célsejtekhez, ahol az enzimműködés megváltoztatása útján serkentő vagy gátló hatást okoz.**
- Hírvivő molekula, amely önmaga nem vesz részt az általa előidézett reakcióban, energiát nem szolgáltat, át nem alakul.

A hormonok osztályozása

- Termelődésük helye szerint:
 - Belső elválasztású mirigyekben termelődő
 - Szöveti hormonok.
- Kémiai felépítésük szerint:
 - Fehérjék, fehérje összetevők:
 - Aminosav származékok: adrenalin, tiroxin, hisztamin
 - Oligopeptidek: ADH
 - Polipeptidek: ACTH
 - Glikoproteinek: FSH

A hormonok osztályozása

- Kémiai felépítésük szerint:
 - Lipoidok:
 - Szteroidok: szintézisük kiindulási vegyülete a koleszterin. Pl. mellékvesekéreg és a nemi mirigyek hormonjai.
 - Ejkozánoidok

Az endokrin szervek és működésük

Hypothalamus és hipofízis

- A neuroendokrin szabályozás központi jelentőségű szerve. Az idegi hatásra kialakuló hormonális válaszadás lehetőségét teremti meg.
- Az agyfüggelék két különböző felépítésű és működésű részből áll. Hám eredetű az **adenohypophysis**, idegszöveti eredetű a **neurohypophysis**.
- A hypothalamusban olyan neurohormonok keletkeznek, melyek az adenohipofízisbe kerülve az ott folyó hormontermelés serkentik (**liberinek**) vagy gátolják (**sztatinek**). Elválasztásukat pl. a központi idegrendszerből jövő idegi hatások indítják meg.

Adenohypophysis hormonjai

- **Növekedési hormon (szomatotropin, STH)**
 - Felelős a genetikailag meghatározott testnagyság, arányos testalkat alakulásáért. Serkenti a csontok, a lágy részek (izom, kötőszövet, zsigerek) fejlődését.
 - A csont-, agancs-, porcfejlődésre gyakorolt hatása közvetett, **szomatomedinek** útján történik.
 - Az STH feltétele az egészséges növekedésnek. A fehérje anyagcserére építő hatású. Serkenti a fehérjeszintézist.
 - A szomatomedinek a májban is termelődő polipeptid szöveti hormonok. Legfontosabb inzulinszerű növekedési faktor (insulin-like growth factor, IGF). Serkenti a porc elcsontosodását, a csont hosszanti növekedését.

Adenohypophysis hormonjai

- Az STH túltermelődése gyermekkorban óriásnövéshez vezet, felnőtt korban a fül, orr, állkapocs túlnövekedés, acromegália áll elő.
- Hiányában gyermek korban törpenövés lesz.

Adenohypophysis hormonjai

- **Adrenokortikotrop hormon (kortikotropin, ACTH)**
 - Az ACTH a mellékvesekéreg állományára hatva a glükokortikoidok (kortizol, kortikoszteron) termelését serkenti. Az ACTH felszabadulás a szervezetet ért stresszhatásra fokozódik.
 - Az anyagcserében mozgósítja a zsírraktárakból a zsírsavakat, emeli a vércukorszintet.

Adenohypophysis hormonjai

- **Tireotrop hormon (tireotropin, TSH)**
 - A pajzsmirigy hormontermelését szabályzó hormon.
 - A TSH a tiroxin (T_4) és a jódtironin (T_3) hormonok termelődésének lépéseit szabályozza. Befolyásolja a kötőszöveti anyagcserét, elsősorban a szemgödörben. Ennek hatására túlzott termelődése szemkidülledést okoz.

Adenohypophysis hormonjai

- **Gonadotrop hormonok.** Hatásukat az ivarmirigyekre fejtik ki. Ide tartozik a **follikulus stimuláló hormon, FSH** és a **luteinizáló hormon, LH**.
 - Az FSH nőivarú állatokban serkenti a petefészekben a tüszőérést, az ivarsejtek fejlődését, az LH-val együtt az ivari hormonok termelését.
 - Az LH a nőivarú állatokban szükséges a petefészek hormontermelésének (ösztrogén, progeszteron) beindításához. Ovuláció után hat a sárgatest kifejlődésére.

Adenohypophysis hormonjai

- FSH, LH
 - Az ivarérettség elérésével fokozódik, öregkorban csökken a termelődésük.
 - A hypothalamusban termelődő gonadoliberin (Gn-RH) mindkét hormon szekréciójára serkentőleg hat.

Adenohypophysis hormonjai

- **Prolaktin (PRL)**

- Mammotrop hormonnak is nevezik a tejmirigy fejlődésére gyakorolt hatása miatt.
- Más hormonokkal (ösztrogén, inzulin, tiroxin, STH) a tejmirigy kifejlődéséhez, a tejtermelés megindításához és fenntartásához szükséges.
- Csökkenti a petefészkek működését és hormontermelését.

Adenohypophysis hormonjai

- **Melanocita stimuláló hormon (MSH, intermedin)**
 - A hypofízisben termelődő fehérjehormon.
 - MSH hatására a bőrben a pigmentsejtek által termelt melaninszemcsék szétszóródnak a sejtben, így a bőr elsötétedik.
 - Segíti a magzati növekedés, fejlődés folyamatát.
 - Fokozza a faggyúmirigyek működését és a feromontermelést.

Adenohypophysis hormonjai

- **Lipotrop faktor (lipotropin, LPH)**
 - Emeli a vér zsírsavtartalmát, hatása alárendelt az ACTH, glukagon és az adrenalin zsíryananyagforgalomra kifejtett hatásának.

Neurohypophysis hormonjai

- A hipofízis hátsó lebenye hormont nem termel, csak tárolja azokat.
- **Antidiuretikus hormon (vazopresszin, ADH)**
 - A vizelet koncentráálásán keresztül hat a szervezet vízháztartásának fenntartására.
 - Hatását a vesenephron tubulusaira fejt ki, fokozza a víz visszaszívást.
 - Az agyban, mint neurotranszmitter, szerepet játszik a tanulás- emlékezés folyamatában.

Neurohypophysis hormonjai

- Az ADH szekréció csökkenése fokozott vizeletürítésben nyilvánul meg, melyet a szervezet fokozottabb vízivással igykszik kompenzálni.

Neurohypophysis hormonjai

- **Oxitocin**

- Fokozza a méh izomzatának összehúzódását az ivari ciklus tüsszőfázisában valamint az ellés kitolási szakaszában.
- A hormon felszabadulása idegi impulzus hatására történik meg. Természetes ingere a párzás és az ellés.
- Az oxitocin felhasználható gyógyászati célból, ellés során a gyenge méhkontrakciók erősítésére.

Neurohypophysis hormonjai

- Az oxitocin a tejmirigyre is hat.
- Fejés vagy szopás során a tőgy vagy csecsbimbó mechanoreceptorait érő inger kiváltja az oxitocin ürítését. A hormon a tejmirigy alveolusait körülvevő kosársejtekre hat, azok összehúzódnak, ezáltal a tejet az alveolusjáratokba ürítik.

Tobozmirigy

- A tobozmirigy (epifízis) hormonja a **melatonin**.
- A halak bőrében a pigmentsejtek összetömrődését okozza. Az MSH-val ellentétes hatású, mely magasabb rendű állatokban nem mutatható ki.
- A melatonin termelés a fotoperiódussal változik. Világosban csökkenő, sötétben növekvő hormonszint mérhető.
- Juhoknál hatására beindul az ivari ciklus, lovakban az emelkedő melatonin szint gátolja az ivarérést, az ivari működést. Juhokban, gímszarvasokban melatonin kezeléssel ivarzás váltható ki a szezonon kívüli időszakban is.

Pajzsmirigy

- A gégehez közel, a légcső 2. és 3. porcos gyűrűjén foglal helyet.
- Hormonjai a **tetrajód-tironin (tiroxin, T₄)** és a **trijódtironin, T₃**, valamint a **kalcitonin**.

Pajzsmirigy

- T_3 , T_4 , hormonok:
 - A pajzsmirigy 90%-ban inaktív T_4 hormont választ ki, amely a T_3 prohormonja.
 - A T_3 serkenti a DNS transzkripciót, az mRNS szintézist.
 - A szervezet csaknem minden szövetére hatnak.
 - Szintézise szükséges a genetikailag meghatározott testnagyság eléréséhez. Hat a csontfejlődésre, az idegrendszer fejlődésére, az idegrostok myelin hüvelyének kialakulására.

Pajzsmirigy

- A T3 és a T4 fokozza a szív- és vázizomban, a májban, a vesében és a bőrben a sejtek oxigénfogyasztását és alapanyagcseréjét. Fokozzák a szénhidrátok lebontását, emelik a vércukorszintet.
- Az oxidatív anyagcsere fokozásával megteremtik a hideghez való alkalmazkodás feltételeit.
- Hatással vannak a vékonybél felszívóképeségére, a hasnyálmirigy enzimtermelésére, a tejelválasztásra.

Pajzsmirigy

- Madarakban a pajzsmirigy hormonok befolyásolják a szaporodási folyamatok szezonálisát. A tiroxin bef. a vedlési folyamatot.
- A pajzsmirigy működésének csökkenése két okból történhet meg:
 - Jódhiány miatt: a csökkent T3 és T4 szint fokozott TSH termelést indukál, melynek eredménye a strúma.
 - Golyvakeltő anyagok miatt:
 - A hormonhatásban hiánytünetek jelentkeznek (golyva, kreténizmus, szőrképzési zavarok)

Pajzsmirigy

- A pajzsmirigy túlműködésének eredménye:
 - Túlfokozott anyagcsere miatt lesoványodás.
 - Fokozott ingerlékenység.
 - Szapora szívműködés.
 - Emberben, kutyában szemkidülledés.

Pajzsmirigy

- **Kalcitonin**

- Csökkenti a vér Ca szintjét, fokozza a vesében a Ca és foszfátürítést.
- A parathormonnal, mint antagonistá hormonnal képes a vér Ca-szintjét az élettani határokon belül tartani.

Mellékpajzsmirigy

- A pajzsmirigy állományába beágyazva található borsó vagy lencse nagyságú mirigyek.
- Hormonja a **parathormon (PTH)**.
 - A PTH a vér Ca-szintjének csökkenése esetén fokozza a csontokból történő Ca-mobilizálást.
 - Fokozott hormonszekréció a csontszövet felritkulásához, szilárdságának csökkenéséhez vezet. Hiányában a vér Ca-szintjének csökkenése miatt tetániás görcsök lépnek fel.

Mellékvese

- A vesék elülső végén elhelyezkedő szerv, melyet a vese zsírtokja fűz össze a vesékkal.
- A mellékvese állománya **kéregállományból és velőállományból** áll.

Mellékvesekéreg

- Három szöveti rétege van, melyekben eltérő hatású hormonok termelődnek.
- Hormonjai a **glükokortikoidok**, **mineralokortikoidok** és a **szexuálszteroidok**, melyek szteránvázas hormonok, szintézisük koleszterinből indul ki.

Mellékvesekéreg

- Glükokortikoidok
- Emberben, sertésben és kutyában a **kortizol**, patkányban a **kortikoszteron**, kérődzőkben közel egyforma aktivitásban mindkét hormon megtalálható.
 - Fő hatásukat a szénhidrát-anyagcserére fejtik ki. Segíti az aminosavak, a tejsav, glicerin glükózzá vagy glikogénné való átalakulását.
 - A kortizol segíti a zsírmobilizációt. Ez a hatás elősegíti, hogy éhezéskor vagy stresszállapotban a sejtek energiaszükségletüket zsírsavakból, nem pedig glükózból fedezzék.

Mellékvesekéreg

- **Glükokortikoidok**

- Hatásukra csökken a vérben a lymphocyták és az eozinofil granulociták száma, mely hosszabb távon a szervezet ellenállóképességének csökkenéséhez vezet.
- Fokozzák a veséken keresztül a vízkiválasztást.
- Az adrenalin érszűkítő hatása glükokortikoidok hiányában nem érvényesül kellően. A kortizol serkenti a mellékvesevelőben az adreanlin szintézisét.

Mellékvesekéreg

- **Glükokortikoidok**

- A sejtszaporodást gátló hatásuknál fogva felhasználhatók terápiás célokra is.
- Csökkentik a szervezet védekező jellegű gyulladásos reakcióit.
- Hatásos antiallergiás szer, megakadályozza a transzplantált szervek, szövetek kilökődését.
- A hisztamin felszabadulásának gátlásával fokozza az antiallergiás hatást.

Mellékvesekéreg

- **Mineralokortikoidok**
 - Só- és vízháztartást szabályzó hormonok az **aldoszteron** és a **dezoxikortikoszteron (DOC)**, de hatás szempontjából az aldoszteron a fontosabb.
 - Élettani hatása a szervezet Na-ion koncentrációjának megtartása, az extracelluláris tér ozmotikus koncentrációjának kívánt értéken tartása. Elsődlegesen a vesében érvényesül.

Mellékvesekéreg

- **Szexuálszteroidok**
 - **Androgének és ösztrogének** termelődnek, melyet az ACTH szabályoz.

Mellékvesevelő

- Hormonjai a katekolaminok, az **adrenalin** és a **noradrenalin**.
 - Szintézisük: tirozin – dioxifenilalanin – dopamin – noradrenalin – adrenalin.
 - Hatására nő a vérnyomás, fokozza a szívműködést, a szív-összehúzódások számát és erejét, a vázizmok ereiben tágulatot okoz.
 - A simaizmok összehúzódását gátolja, a lép izmainak összehúzódását fokozza, így elősegíti a nagyobb mennyiségű vörösvérsejt véráramba kerülését.

Mellékvesevelő

- A katekolamidok a légzőközpontra hatva fokozzák a légzés frekvenciáját és mélységét.
- Az adrenalin és noradrenalin a központi idegrendszerre gyakorolt hatása miatt fokozott ébrenléti és figyelő, védekező magatartás alakul ki.
- Bármilyen megterhelés éri a szervezetet, azonnal kiváltja a katekolamidok fokozott elválasztását, a válaszreakciók a szervezetet készenléti állapotba hozza.

Mellékvesevelő

- A magasabb rendű állatok a szervezetet érő káros ingerekkel szemben a *Cannon-féle válaszreakcióval* vagy az *általános adaptációs szindrómával (AAS)* igyekeznek a homeosztázis fenntartására.

Mellékvesevelő

- A Cannon-féle vészreakció a küzdési vagy menekülési reakció nevet kapta. A szimpatikus idegrendszer aktiválódása fokozza az adrenalin szekrécióját. Hatásaként lehetővé válik a szervezetet ért kellemetlen hatás elhárítása, a menekülés, energiatartalékok mozgósítása.
- Tartós ideig ható vagy ismétlődő stresszorokkal szemben a szervezet a Selye-féle általános adaptációs szindrómával reagál (AAS).

Hasnyálmirigy

- A hasnyálmirigy kötőszövetében vannak a belső elválasztású mirigyek (Langerhans-szigetek).
- A mirigy állományát alfa, béta, delta és F típusú sejtek építik fel.
- Az alfa sejtek termelik a **glukagont**, a béta sejtek az **inzulint**, a delta sejtek a **szomatostatint** az F sejtek pedig a **pancreaticus polipeptideket**.

Hasnyálmirigy

- **Az inzulin.**
 - Hiányában fellépő kórképet, a cukorbetegséget már az ókorban is ismerték.
 - Hatása a szervezet szinte minden szövetében jelentkezik.
 - Fokozza a sejtmembrán glükóz permeabilitását, főként az izomzatban és a zsírszövetben. Fokozza a glükóz felhasználással, csökkenti a glükóz termeléssel járó folyamatokat, így csökkenti a vércukorszintet.
 - A májban fokozza a glükózból (kérődzőkben ecetsavból) történő zsírsavszintézist.

Hasnyálmirigy

- **Az inzulin.**
 - Hatására nő a sejtek aminosavfelvétele, serkenti a fehérjeszintézist, gátolja a fehérjebontást.
 - Fokozza a K-ion belépését a sejtbe, növeli a sejtek nyugalmi potenciálját.

Hasnyálmirigy

- **A glukagon.**
 - A májban az inzulin antagonistájaként hat.
 - Fő hatása a vércukorszint emelése. A zsírsavanyagcserében is mobilizáló hatású.
 - Serkenti az epeelválasztást, gátolja a gyomorban a gasztrin termelődét, csökkenti a Ca-szintet.

Hasnyálmirigy

- A szomatostatín.
 - A gyomor-bélcsatornában és általános gátló hormonként hat.
 - Gátolja a gasztrin, szekretin, hasnyál és a gyomornedv elválasztást. Késlelteti a tápanyagoknak a felszívódását, a vérbe jutásuk sebességét.

Hasnyálmirigy

- Az inzulin abszolút vagy relatív hiányának következménye a cukorbetegség. Súlyosabb esetben beállhat a diabéteszes kóma.
- A kialakult magas vércukorszint ellenére a sejtek inzulin hiányában nem tudnak glükózt felvenni, sejtszintű glükóz és energiahiány lép föl, melyet a szervezet zsírmobilizációval igyekszik kompenzálni.
- A glükóz megjelenik a vizeletben, ez fokozott vizeletürítést eredményez. Következése dehidratáció, elektrolit-vesztés.
- A húsevők különösen érzékenyek az inzulinhiányra, a kérődzők évekig zavartalanul átvészelik.

A csecsemőmirigy

- A magzatmirigy (thimus) az immunitás szolgálatában álló nyirokszerv. Fiatal állatokban fejlett, gátolja ez idő alatt a nemi működést.
- Hormonjai a **timozin, timostimulin, timopoietin, thymus humoralis faktor (THF), lymphocyta stimuláló hormon (LTH)**. Szerepük van a lymphocyták differenciálódásában, az immunválasz fokozásában.

Szöveti hormonok

Gyomor és bélcső hormonjai

- A gyomor és bélcső nyálkahártyájában endokrin funkciót végző sejtek csoportjai találhatóak.
- Hormonjaik:
 - Gasztrin (gyomornedv szekréció, gyomor- bélmotilitás),
 - Szekretin (gyomor HCl szekréció, gyomor- bélmotilitás),
 - Enteroglukagon (szekretinhez hasonló hatású),
 - Motilin (gyomor- bélmotilitás),
 - Szomasztosztatin (általános gátlás),
 - Kimodenin (bélben kimotripszin-tripszin szekréció).

Gyomor és bélcső hormonjai

- A hormontermelő sejtek idegrendszeri eredetűek, ezért az itt termelődő anyagok nagy részét, mint ingerületátvivő anyagot megtaláljuk a központi idegrendszerben is.

Ejkozánoidok

- Ide tartoznak a **prostaglandinok**.
- Szinte mindenütt hatnak a szervezetben. Serkentő és gátló hatásuk is van.
- A PGE csoport tagjai általában értágítóak, méh elernyedést, bél összehúzódást okoznak. Szerepük van a fájdalomérzet fokozásában. A méhben termelődő **PgF_{2α}** simaizom motilitást fokozó, a szintetikus prostaglandinoknak is van sárgatest oldó hatása, így felhasználható az ivarzás szinkronizálásban.

Opioid peptidek

- Az idegrendszerben a morfinhoz hasonló fájdalomcsillapító hatásúak.
- Ilyenek az enkefalinok és az endorfinok.

Szerotonin

- Szöveti hormon és neurotranszmitter. A bél nyálkahártyájában termelődik.
- Hatása sokrétű, erőszehűző, fokozza szívműködést, fokozza a bélperisztaltikát.
- Érfal sérülésekor helyi érszűkületet okoz.