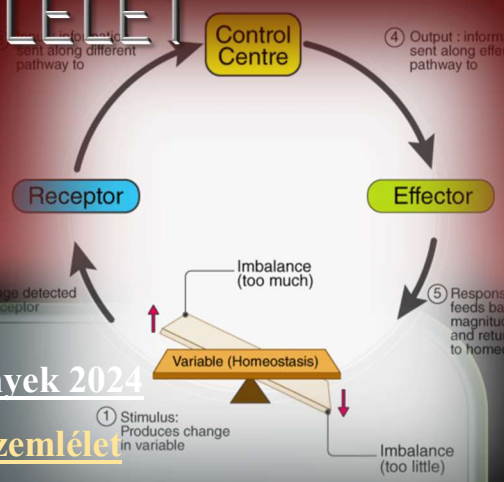
4.1. HOMEOSZTÁZIS RENDSZERSZEMLÉLET

Készítette Vizkievicz András



Emelt szintű vizsgakövetelmények 2024

4.1. Homeosztázis, rendszerszemlélet

Kulcsfogalmak

- homeosztázis, irányítás, szabályozás, vezérlés, „kell” érték, „van” érték, hibajel, visszacsatolás (negatív, pozitív), kiválasztás, elválasztás (külső, belső)
- rendszerszemlélet.

Gondolkodási művelet

- Hasonlítsa össze az irányítás két alapformáját, a szabályozást és a vezérlést. Értse a visszacsatolások szerepét a szabályozásban.
- Értelmezze a homeosztázis fogalmát, értse jelentőségét.
- Értelmezze a kiválasztás, valamint a külső és belső elválasztás fogalmait.
- Magyarázza a mikrobiom szerepét a szervezet homeosztázisának, integritásának a fenntartásában.
- Példákkal igazolja, hogy a homeosztázis-összetevők értékei élettani állapottól függően megváltozhatnak.
- Alkalmazza az emberi szervezet működésére a rendszerszemléletű megközelítést: szervezet, mint sejtrendszerek hierarchikus rendben beágyazott rendszere, anyagellátó és információs alrendszerek, bementi-, kimeneti- és elosztó egységek, kontrollmechanizmusok.
- Ismertessen példákat az emberi szervezet működésének rendszerszemléletű megközelítésére (pszichoneuro-immunológia, rendszerszemléletű orvoslás).
- *Magyarázza ábra, szöveges leírás, táblázatban vagy grafikonon megadott adatok alapján a pozitív és negatív visszacsatolás szerepét az élettani folyamatok során.*

4.1. Homeosztázis, rendszerszemlélet

Készítette: Vizkievicz András

A fejezet a követelményrendszer 4.1. pontja alapján készült.

Irányítás, vezérlés, szabályozás, homeosztázis lásd még 2.3. fejezet, 4.8.1.1. fejezet

Az **előrendszerekben végbemenő folyamatok** nem véletlenszerű irányban, sebességgel stb. mennek végbe, hanem **meghatározott irányítás alatt állnak**.

Az **irányítás** olyan **műveletsor**, amely egy **folyamatot elindít**, annak meghatározott **állapotát fenntartja** vagy megváltoztatja, ill. a **folyamatot leállítja**.

Az irányítás alapműveletei

- **Alapjelképzés**: valamilyen tényezőnek – pl. testhőmérséklet - tervezett értéket kell adni (**kell érték**).
- **Mérés**: ennek a jellemzőnek a tényleges értékét méri a rendszer (**van érték**).
- **Összehasonlítás**: a különbség meghatározása a kell és a van érték között (**hibajel**).
- **Döntés**: szükség esetén – hibajel - **beavatkozás** a rendszer működésébe (kompenzáció).

Irányítás módszerei a vezérlés és a szabályozás

Vezérlés során a **vezérlő az irányított rendszert egyirányúan működteti**, az irányított rendszer működése során nem hat a vezérlő központra (**egyirányú kapcsolat**). Erre példa lehet a szívizom összehúzódásainak irányítása szinuszcsomó által.

A **szabályozás** alatt az **irányított rendszer folyamatosan visszajelez a központnak, befolyásolva annak működését** (**kétirányú kapcsolat**).

A **biológiai szabályozás alapja** a **negatív visszacsatolás**. A negatív visszacsatolás az a folyamat, amikor a **szabályozórendszer a hibajellel ellentétes előjelű hatással** módosítja a rendszer működését, azaz a rendszerből kilépő hatások gyengítik a belépő hatásokat (**csökkenésre növelés, növekedésre csökkentés**). Pl.:

- Alacsony környezeti hőmérséklet esetén a **testhőmérséklet csökken** (36 °C, van érték),
- a központ összehasonlítja a kell (37 °C) és a van értéket, létrejön a hibajel,
- a **fűtőközpont aktivitása fokozódik**, a **testhőmérséklet emelkedik**, ami csökkenti a fűtőközpont aktivitását.

A hibajel megfelelő érzékelő általi "észlelése" váltja ki a kompenzációs mechanizmust.

További példák (**csökkenésre növelés, növekedésre csökkentés**) a teljesség igénye nélkül.

- **Vízhiány** esetén fokozódik a vazopresszin (ADH) elválasztása, nő a vesében a víz visszaszívása.
- **Nátriumhiány** esetében fokozódik a mellékvesében az aldoszteron elválasztása, ami fokozza a vesében a nátriumion visszaszívását.
- A **vérnyomás emelkedését** a szívfrekvencia csökkenése és a vérerek tágulása követi, aminek eredményeképpen helyreáll a kiindulási alacsonyabb vérnyomásérték.

A negatív visszacsatolás a rendszert stabilizálja. **Önszabályozás** jön létre, a rendszer egy **dinamikus egyensúlyi állapotban** tartja fenn önmagát. Az **önszabályozó folyamatok az élő szervezetek sokféle jellemzőjét -** kémhatás, ionkoncentráció, térfogat stb. - **tartják állandó értéken**, de legalábbis egy meghatározott tartományon belül. Az önszabályozásnak

köszönhetően az **élőlények belső stabilitásuk megtartása mellett, működésük rugalmas megváltoztatásával alkalmazkodni tudnak a folytonosan változó külső körülményekhez.**

A többsejtű állatokban a **sejtek többsége már nem érintkezik a külvilággal, számukra a környezetet a testfolyadékok jelentik** (a **szövet közti folyadék és a vér**). Ezek a **folyadékterek belső környezetet** teremtenek a sejtek számára. A belső környezet legfontosabb feladata, hogy biztosítsa a sejtek működéséhez a megfelelő feltételeket az anyagcsere folyamatokhoz szükséges anyagok odaszállításával, ill. a bomlástermékek eltávolításával. A sejtek, élő szervezetek optimális működésének előfeltétele egyfajta **belső stabilitás**.

A belső környezet fontos tulajdonsága összetételének viszonylagos állandósága, ami igen bonyolult szabályozás révén valósul meg. **A belső környezet szabályozott dinamikus állandóságát homeosztázisnak nevezzük**. A homeosztázisnak köszönhetően **a sejtek** számukra **optimális környezetben működhetnek**. A belső környezet legfontosabb szabályozott paraméterei a következők:

- **ozmotikus koncentráció,**
- **ionösszetétel,**
- **testfolyadékok kémhatása,**
- **testfolyadékok térfogata.**

E paraméterek viszonylagos állandósága a vese működésével biztosíthatók. Az egyes paraméterek értékei fajonként eltérőek lehetnek. **Fejlettebb élőlényeknél a testfolyadékok tápanyag koncentrációja és a testhőmérséklet is a szabályozott tényezők közé tartoznak**.

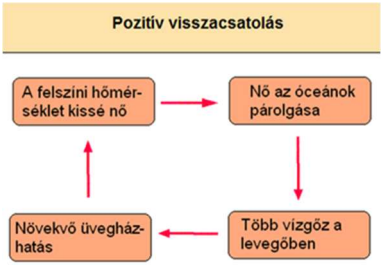
Ugyanakkor homeosztázis-összetevők értékei egyes élettani állapottól függően megváltozhatnak. A fokozott fizikai aktivitás, stressz, éhezés, hőmérsékletváltozás várandóság stb. miatt, az említett homeosztázis-összetevők, mint például hormonok, ionok, glükóz vagy vérnyomás, változhatnak. Erre azért van szükség mert a homeosztázis fenntartása bizonyos esetekben hátrányos lenne, ebben az esetben kikapcsolódnak a negatív visszacsatolású kompenzációs reakciók. Így pl. stressz esetén a vér glukózszintje emelkedik, aminek a helyreállítása csökkentené a szervezet védekezési hatékonyságát. Ehhez teljesen hasonlóan kapcsolódnak ki stresszállapotban a vérnyomást szabályozó reflexek, fenyegető környezetben a hipotalamusz "felülírja" a vérnyomás agytörzsi szabályozási mechanizmusát és a nyomás magasabb szinten stabilizálódik.

Ha a külső környezet részéről a szervezetre nehezedő terhelés túlságosan nagy (pl. vízhiány a sivatagban, fizikai munkavégzés forró környezetben stb.), a szabályozó mechanizmusok nem képesek teljesen kompenzálni a változásokat, a szabályozott paraméterek kívül esnek a normáltartományon és kóros tünetek léphetnek fel.

Pozitív visszacsatolásról akkor beszélünk, ha a **rendszerből kilépő hatások tovább erősítik a folyamatok mértékét, (növekedésre növelés, csökkenésre csökkentés)**.

Például

- a légkör felmelegedése fokozza a párolgást, ami növeli a légkör páratartalmát.
- Mivel a vízgőz üvegházhatású, ezért a megnövekedett páratartalom tovább növeli az üvegházhatást, azaz a légkör felmelegedését.



Az állandóan változó külső környezetben az állati **szervezet homeosztázisát a biológiai szabályozás teszi lehetővé**.

Az egyeden belüli szabályozás szintjei:

A) Sejtszintű:

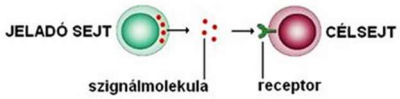
- **genetikai szabályozás**, lényegében a **génműködések**, a **génátírás szabályozása**, melyet az operon modell szemléltet (lásd 6.1. Molekuláris genetika fejezet).
- **epigenetikai szabályozó mechanizmusok**, melyek a DNS nukleotid-sorrendjét nem változtatják meg, viszont módosítják a gének működését. A szabályozás hátterében vagy a DNS, vagy a DNS-hez kapcsolódó szerkezeti fehérjék (hisztonok) kémiai módosítása áll, pl. a nukleotidokhoz kapcsolódó metilcsoport gátolja, míg a fehérjékhez kötődő acetilcsoport megindíthatja a gének átírását (lásd 6.1. fejezet).
- **Fehérjeszintézis szabályozása mikro-RNS-ek révén valósul meg**, ezek olyan RNS molekulák, amelyek fehérjét nem kódolnak, viszont befolyásolják más mRNS-ek transzlációját azáltal, hogy az mRNS molekula végéhez kötődve többnyire **gátolják a fehérjeszintézist.**
- **enzimműködések** – anyagcsere – **szabályozása** (lásd 1.2. fejezet)**.**

B) Szervezetszintű:

- **endokrin, parakrin, szabályozás** (lásd még 2.3. Sejtalkotók jegyzet),
- **idegi szabályozás.** (lásd még 4.8.1. fejezet)

A **szervezetszintű szabályozás feltétele** az **egyes sejtek, szövetek, szervek működésének összehangolása.** A soksejtű szervezetben a homeosztázis érdekében a **sejtek között szoros együttműködés van.** Valamennyi sejtnek értesülnie kell a többi sejt állapotáról, valamint a saját működésének változásairól. Ez úgy valósul meg, hogy a soksejtűekben a **sejtek között** egy olyan **kommunikációs rendszer létezik**, ami a **sejtek működésének az összehangolását**, így az egész szervezet normális működését **szolgálja**. A sejtek közötti **kommunikáció, az egyes sejtek által kapott és adott jelek sorozata**, amely meghatározza a sejtek helyét és feladatát. Amennyiben egy **sejt valami folytán kiesik e kommunikációs rendszerből**, akkor **elpusztul**, vagy **kóros elváltozásokat hoz létre,** mint pl. a rákos daganatok sejtjei. A különféle feladatokat ellátó egységek összehangolását tehát a köztük működő kommunikáció teszi lehetővé, melynek során **egyes sejtek különféle jeleket - kémiai, elektromos - bocsátanak ki**, amelyeket más sejtek - a **célsejtek** - **felismernek**, aminek következtében **működésüket megváltoztatják**.

A jel megjelenése meghatározó jelentőségű, de a szabályozás szempontjából ugyanilyen jelentősége van a jel megszűnésének is. Ezért a **jelmolekulák élettartama meglehetősen rövid** (percek, másodpercek)**.**



A jelforgalmi hálózatok működhetnek

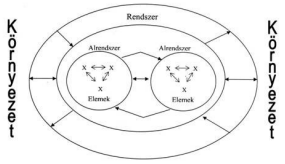
- a **sejtek között**, **sejten kívül**,
- de egyaránt lehetnek **sejten belül** is.

A sejtek közötti kommunikációban a **jelként** ható **vegyületek** lehetnek pl. **hormonok, szöveti hormonok, sejtfelszíni molekulák**.

A **jelfelfogó** sejt a **célsejt**, mely a jeleket specifikus **receptoraival köti meg**. A receptor jelenléte teszi szelektívvé a hatást a különféle sejtek között.

A rendszer fogalma, biológiai rendszerek, rendszerszemlélet lásd még 1.1. fejezet

A **rendszer egymással kölcsönhatásban álló elemek környezettől elhatárolt egysége**, amely - meghatározott feltételek esetén - **egységes egészként** létezik.



A rendszer egyes elemei külön rendszerként is felfoghatók, ezek **alrendszereket** alkotnak.

A rendszerben az **elemek** sokasága kapcsolódik össze, de **nem véletlenszerűen kapcsolódnak** egymáshoz, **meghatározott viszony** létezik közöttük. A **kölcsönhatások által a rendszer több, mint az elemek egyszerű összege**.

Emergencia (megjelenés): a magasabb szerveződési szintek működései magukba foglalják az alacsonyabb szintűekét, de csupán azokból nem vezethetők le. Azaz a magasabb szintű szervezettség az **alacsonyabb szintek kölcsönhatásainak** megnyilvánulásai. **A rendszer viselkedése vagy tulajdonságai rendszerint új jellegzetességekkel – emergens jelenségekkel - bírnak, amelyek a rendszer alapelemeinek tulajdonságain túlmutatnak, azok kölcsönhatásaiból vezethetők le. Az emergens tulajdonságokkal az alkotórészek külön-külön nem jellemezhetők. Az egész tehát több, mint a részek egyszerű összege.**

A rendszerek működésének egyik jellemzője a **hierarchikus szerveződés**, azaz a jól elhatárolható **szerveződési egységek egymásra épülése**. A biológiai rendszerek komplex rendszerek, bennük **hierarchikusan egymásra épülő** különböző, ún. **szerveződési szinteket** ismerünk. A magasabb szervezettségű, egyben bonyolultabb szintek mindig magukban foglalják az alacsonyabbakat, **kapcsolatuk kölcsönös**.

Az alacsonyabb szerveződési szintek elemeinek kölcsönhatásából a magasabb szinteken új tulajdonságok jelennek meg, melyek az elemekre önmagukban nem jellemzők. Az új tulajdonságok az elemek kölcsönhatásainak következményei.

- A különféle kémiai elemek atomjai – pl. elsődleges biogén elemek - molekulákká – pl. fehérjékké - kapcsolódnak össze, melyek tulajdonságai az őket felépítő atomokból önmagukban nem vezethetők le, új minőségük – pl. enzimek - az atomok összekapcsolódása és egymásra hatása révén keletkezik.
- A különféle makromolekulák sejtalkotókat hoznak létre, mint pl. a riboszómák rRNS-ekből és fehérjékből épülnek fel, a fehérjeszintézis lebonyolításában játszanak szerepet.
- A sejtalkotók, sejtszervecskék együttműködése biztosítja a sejtek életfolyamatait.
- A sejtek szövetekbe szerveződnek, a szövetek szerveket alkotnak, a szervek pedig szervrendszerekbe tömörülnek, melyek optimális együttműködése alakítja ki a szervezet működését. **A szervezet tehát a sejtrendszerek hierarchikus rendben beágyazott rendszere.**

Az **emberi szervezet működésének rendszerszemléletű megközelítésének** értelmében, a szervrendszerek lehetnek

- **anyagellátóalrendszerek** (táplálkozási és légzőrendszer),
- **információs** és **kontrollalrendszerek** (genetikai, idegi, hormonális és immunológiai szabályozás)
  illetve,
- **bemeneti** (táplálkozási és légzőrendszer),
- **kimeneti** (kiválasztórendszer),
- **elosztóegységek** (keringési rendszer).

Az **emberi szervezet működésének rendszerszemléletű megközelítésére** példa

- a pszichoneuro-immunológia, ill.
- rendszerszemléletű orvoslás.

A **pszichoneuroimmunológia** az a tudományterület, melynek feladata a viselkedési, agyi és immunfolyamatok (gyulladás) közötti kölcsönhatások kutatása, megismerése. Lényege, hogy az immunrendszer nem független, hanem a neuroendokrin rendszerrel együtt egységes, összetett hálózat részrendszere. Pszichoneuroimmunológia a magasabb ideg- és pszichés tevékenységek immunológiai mechanizmusokra gyakorolt szerepét vizsgáló tudományág. Az idegrendszer, a hormonrendszer és az immunrendszer elemei – pl. limfociták - kémiai jeleket bocsátanak ki, mely transzmitterek kölcsönösen befolyásolják e rendszerek működését. Ennek köszönhetően a különféle pszichés állapotok – pl. stressz - befolyásolják az immunrendszer működését, ugyanakkor az immunsejtek által termelt citokinek pedig hatással vannak idegi folyamatokra, viselkedésre.

A **rendszerszemléletű** orvoslás a szervezetet egy biokémiai és molekuláris reakciókat összefogó hálózatnak, egységes egésznek tekinti. A rendszerszemléletében az emberi test nem választható szét egymástól független komponensekre, hiszen a gének, fehérjék, sejtek és szervek komplex összeköttetésben állnak egymással és a környezettel. A rendszerszemléletű orvoslás célja ezen összeköttetések, interakciók feltárása. Specializáció helyett a rendszerszemléletű orvoslás holisztikus szemléletmódot alkalmaz.

A mirigyhám, kiválasztás elválasztás lásd még 4.7. fejezet

A mirigyhám különféle funkciójú és összetételű **váladék termelésére** specializálódott szövetféleség. A mirigyhámsejtek a váladék termeléséhez szükséges előanyagokat a vérből veszik fel egyszerű molekulák formájában, majd ebből szintetizálják a váladék anyagait.

A termelt **váladék** további **sorsa szerint** megkülönböztetünk:

- **kiválasztást, ahol a termelt anyag a szervezet számára szükségtelen,**
- **elválasztást, ahol a termelt anyagot a szervezet még felhasználja.**

A **kiválasztás** minden állati szervezet alapvető **önfenntartó** működései közé tartozik,

- elsősorban **ozmoreguláció, azaz a szervezet optimális ozmotikus koncentrációjának a fenntartása**,
- másodsorban **méregtelenítés**.

A kiválasztó működés

- **a feleslegben felvett és a szervezet belső egyensúlyát veszélyeztető (víz, sók stb.),**
- **valamint az anyagcsere során feleslegessé vált (NH_3, karbamid, húgysav, tejsav, bilirubin** stb.), nagyobb mennyiségben mérgező anyagokat távolítja el a szervezetből.

Tágabb értelemben kiválasztó működést lát el

- a **tüdő**, mivel közreműködik az anyagcserében keletkezett **szén-dioxid** eltávolításában.
- A **máj** szintén kiválaszt, amikor a hemoglobin bomlásából származó **bilirubint az epével a bélcsatornába üríti.**
- A **bőr** verejtékmirigyeinek működése révén a **víz, konyhasó, illatanyagok és egyes gyógyszerek kiválasztását végzi.**
- A **tápcsatorna** – végbél – elsősorban a **sókiválasztásban** működhet közre.

Szűkebb értelemben azonban csak a kiválasztószervek, a **vesék végeznek kiválasztást**. A vesék **működésükkel biztosítják a szervezet belső egyensúlyát**, mivel **eltávolítják a felesleges vizet, ionokat, mérgező bomlástermékeket**, ezáltal kialakítják a belső környezet – a testfolyadékok – optimális összetételét.

Az **elválasztás** lehet:

- **belső**, ha a mirigyhámsejtek a termelt **váladékot** közvetlenül a **vérbe ürítik**. Ezeket a kivezetőcső nélküli mirigyeket **belső elválasztású mirigyeknek** - **endokrin mirigyeknek -**, hatóanyagaikat **hormonoknak** nevezzük.
- **külső**, ha a mirigyhámsejtek a váladékot a szervezet **külső vagy belső felszíneire** ürítik, pl. bőr felszínére, ill. a bélcső üregébe.

A mikrobiom szerepe a homeosztázis fenntartásában lásd még 4.8.5. fejezet

Az **emberi szervezetben élő, sajátos ökológiai rendszert alkotó mikrobák összességét, genetikai állományukat, kölcsönhatásaikat mikrobiomnak nevezzük**. Ide tartoznak a bélrendszerünkben és különféle testfelületeinken megtalálható szimbióta, kommenzalista, parazita **baktériumok**, **gombák**, **vírusok**, egyéb **mikroorganizmusok**, mint pl. egysejtűek. A **mikrobiom** optimális összetétele **nélkülözhetetlen az emberi szervezet egészséges működése szempontjából.**

A mikrobiom alkotói

- **segítenek az emésztésben**, az emészthetetlen növényi rostokat a **vastagbélben** erjedéssel bontják és rövid láncú zsírsavakat termelnek, amelyek segítik a bélhámsejtek egészségének fenntartását, csökkentik a vastagbélrák kialakulásának a kockázatát,
- **szintén a vastagbélben B- és K-vitaminokat termelnek,**
- antibiotikumok termelésével, tápanyagokért történő versengéssel, ill. helyfoglalással **távol tartják a káros mikroorganizmusokat,**
- **erősítik az immunrendszerünket**,
- befolyásolják az anyagcserét, részt vesznek a testtömeg-szabályozásban.
- A **bőr faggyúrétegében** szimbióta **baktériumok** tapadnak meg, **savas váladékot (pH 5.5) termelve védik a bőrt** a gombás fertőzésektől. Ebből is látszik, hogy sok esetben a fizika-kémiai védelem nem különíthető el élesen a biológiai védekezéstől.
- Jelentős szerepet játszanak az **idegrendszer működésében** is, **fontos szabályozóanyagokat termelnek** pl. szerotonint, melatonint, adrenalint.

A mikrobiom egyensúlyának megváltozása bizonyos betegségek kialakulását eredményezheti, mint pl. **bélproblémák**, elhízás, cukorbetegség, **bőrproblémák**, szorongás, **depresszió**. A Crohn-betegséget (gyulladásos bélbetegség), mely ma még ismeretlen eredetű autoimmun betegség, összefüggésbe hozzák a bélflóra összetételének kóros megváltozásával.

4.1.2. Általános egészségügyi vonatkozások lásd OH-BIO910E 11. oldal