

Ápolásszakmai alapismeretek:

Az egészséges emberi test működése

Jegyzet



Készítette: Wirthné Gyergyák Kinga, doktorjelölt

Pécs, 2021.

1. előadás

Folyadékterek, és azok meghatározása. A víz élettani jelentősége, homeosztázis. A sejtmembrán funkciói. Az intracelluláris és membránfehérjék felépítése és működése. Transzportfolyamatok. Membránpotenciál. Akciós potenciál.

I. Folyadékterek:

Az emberi szervezet testtömegének körülbelül 60%-a víz, ez az érték újszülöttek esetében 80%, míg időskorra a szervezet víztartalma majdnem a felére csökken. Ez a folyadék határfelületekkel elválasztott terekben van jelen az emberi testben. A szervezetünk teljes víztartalmának nagyobbik hányada (60%) az **intracelluláris térben** található. Az **extracelluláris folyadéktér** (20%) felosztható további kompartmentekre: intravazális és extravazális, azaz érpályán belüli és érpályán kívüli térre. Az extravazális tér részét képezi az **intersticiális tér** (14-15%), valamint a fibrózus kötőszövet és a csontállomány sejtközi folyadéktere. Speciális folyadéktér a **transzcelluláris tér** (1%), amely egyrészt el van választva szorosan illeszkedő sejtekkel az extracelluláris tér többi részétől, másrészt az ebben a térben található folyadék összetétel is eltérő az extracelluláris tér többi részében található folyadék összetételétől. Az extracelluláris folyadéktér intravazálisan megtalálható része a **plazmavíz** (5%).

A belső környezet állandóságát a folyadékterek állandósága (izovolémia), az ionösszetétel állandósága (izotónia), a pH állandósága (izohidria) és az ozmózis nyomás állandósága (izoosmosis) biztosítja.

II. A víz élettani jelentősége:

- **Oldószer:** különböző szerves és szervetlen anyagok oldószere
- **Hőszabályozás:** a víz elnyeli a szervezetben termelődött hőt, s így szerepet játszik a magtemperatúra egyenletes kialakításában, emellett a hőleadás fontos eszköze.
- **Anyagszállítás:** vízben oldva egyszerre többféle és nagy mennyiségű anyag szállítható a szervezetben.
- **Anyagcsere:** a szervezetben lezajló biokémiai folyamatok vizes közegben mennek végbe és a biológiai oxidáció során víz is termelődik.

A sejtmembrán: körülhatárolja a sejtet, vékony, elasztikus szerkezet (7.5-10 nm vastag), foszfolipid kettős réteg, melyben fehérjék beágyazottan helyezkednek el. A **hidrofil fej**

(poláros) – a membránt körülvevő oldat és citoplazma felé néz (extracelluláris tér felé, intracelluláris tér felé), míg a **hidrofób rész (víztaszító, apoláros)** – a membrán belsejével áll kapcsolatban. Szemipermeábilis tulajdonságú, azaz a zsíroldékony anyagok számára átjárható (pl. oxigén, alkohol, szén-dioxid), kis méretű poláros anyagok számára is átjárható (pl. glicerol, víz), de nem átjárható a vízben oldékony anyagoknak (pl. ionok, fehérjék, glükóz).

III. Transzportfolyamatok:

Egyszerű diffúzió: az anyag a nagyobb koncentrációjú oldalról a kisebb koncentrációjú oldalra áramlik, mindaddig, amíg a koncentrációkülönbség ki nem egyenlítődik olyan molekulák számára, amelyek számára a sejthártya átjárható - pl. O₂, CO₂, CO, alkohol, víz.

Facilitált diffúzió (könnyített diffúzió): az adott anyag a számára specifikus átvivőhöz – karrier membránfehérjéhez - kötődik, amelynek a kötődés okozta konformáció-változása nyit utat az anyag számára, illetve nagyobb molekuláknak, amelyek számára a membrán nem átjárható – pl. glükóz

Ozmózis: a diffúzió speciális esete, amikor az oldott anyag koncentráció különbsége következtében a víz áramlik a hígabb oldatból a töményebb oldatba féligáteresztő hártán keresztül. A membránon át nem jutó oldott anyagok koncentráció különbsége ozmotikus nyomáskülönbséget okoz.

Primer aktív átvitel (transzport): az energia közvetlenül az ATP-ből származik - „pumpa”, vagy ATPáz mechanizmusnak is nevezzük aktív pumpafehérjék közreműködésével történik.

Szekunder aktív transzport: kettő vagy több molekula együttes transzportja. Az egyik molekula (általában Na⁺) elektrokémiai gradiense mentén (facilitált diffúzióval) jut át a membránon, mellyel együtt a másik molekula elektrokémiai gradiensével szemben (másodlagos aktív transzporttal) jut át a membránon. ATP-t nem használ közvetlenül egy másik (aktív transzportot végző) pumpa hozza létre azt az iongrádiens, ami az energiát biztosítja.

Endocytosis / endocitózis: sejtbe történő felvétel (nem specifikus pynocytosis: oldott anyag felvétele; specifikus pynocytosis: receptorhoz kötött endocytosis pl.: baktériumok bekebelezése – fagocytosis).

Exocytosis / exocitózis: sejtől történő leadás.

A kapcsolt transzport, vagy co-transzport olyan transzport, amelynek során egy hordozómolekula kétféle anyagot juttat át egy időben a sejtmembránon. Ekkor a karrierek két

kötőhelye van a különböző anyagok szállítására, tehát az anyagok áramlása csak akkor valósul meg, ha mindkét kötőhely foglalt. Ilyen például a Na^+ és a glükóz **szimportja**. Az **antiport** vagy ellenirányú transzport olyan kapcsolt transzport, amelynek során a szállítófehérje az egyik anyagot a sejt belsejébe, a másik anyagot a sejt külső felszínére juttatja. A transzport nem igényel energiát, mivel az egyik anyag passzív módon történő áramlása indítja meg a másik anyag mozgását. Ilyen például a Na^+ és a Ca^{2+} antiportja. **Uniport** során egyetlen molekula jut át karrier segítségével a sejtmembránon.

IV. Membránpotenciál – Akciós potenciál:

Az élő sejtekre jellemző, hogy a membránjuk belső és külső felszíne között elektromos potenciálkülönbség, azaz membránpotenciál áll fenn. Megegyezés szerint az intracelluláris tér potenciálját negatívnak tekintjük a külső térhez képest, a membránpotenciál értéke tehát negatív előjelet kap, de nem teszi a számot matematikai értelemben negatív értékűvé. A sejtek nyugalmi állapotában mérhető membránpotenciál a nyugalmi potenciál, ez a potenciál a környezetből származó inger hatására megváltozhat és kialakul az akciós potenciál. Az elektrotónusos potenciálváltozás amplitudója arányos a kiváltó inger intenzitásával. Amikor a sejt belsejébe pozitív töltéseket juttatunk, vagyis a potenciálkülönbség csökken, akkor depolarizációról beszélünk. Az akciós potenciál felszálló szárán a depolarizálódás teljes lesz (eléri a 0 értéket), majd a potencia előjele pozitív lesz és megtörténik a túllövés, azaz az overshoot. A maximális pozitív érték elérése után következik a repolarizáció folyamata, amelynek során a membránpotenciál visszatér a kiindulási értékhez. Ha a nyugalmi értéknél negatívabb potenciál alakul ki, akkor hiperpolarizációról beszélünk. Ez egy átmeneti állapot, hiperpolarizálódás után helyreáll a nyugalmi membránpotenciál. Azt a legkisebb depolarizálódást, amely kialakítja az akciós potenciált, ingerküszöbnek nevezzük. Ennek a küszöbértéknek az elérésekor az akciós potenciál már automatikusan bekövetkezik, tehát az akciós potenciál „minden vagy semmi” törvényű.

Mindent vagy semmit elv: ha az inger nagysága eléri az ingerküszöböt, mindig ugyanolyan nagyságú és irányú potenciálváltozás jön létre, ellenkező esetben nem alakul ki akciós potenciál. **Inger:** az a fizikai, kémiai hatás, amely megváltoztatja a membránpotenciált. **Küszöbinger:** a leggyengébb inger, amely megváltoztatja a membrán polaritását. **Küszöbalatti inger:** csak a membránpotenciál nagyságát változtatja meg. **Abszolút refrakter periódus:** sejtmembrán ingerelhetetlen. **Relatív refrakter periódus:** ingerelhető a sejt, de csak küszöbfeletti ingerrel.

Ingerelhető sejtek: idegsejtek. Ingerületátvitel a központi idegrendszerben. Neurotranszmitterek.

I. Az idegsejt:

Részei: idegsejt – neurocyta v. perikaryon (sejttesten elhelyezkedő axondomb), plazmanyúlvány – dendrit, tengelyfonal - axon – axon dombból indul, végfácska – telodendrion.

II. Szinapszisok:

1. **elektromos szinapszis** – az ingerület elektromosan jut át, pl. szívizom, simaizom
2. **kémiai szinapszis** – az ingerület kémiai neurotranszmitterek segítségével jut át, pl. idegrendszer

III. Neurotranszmitterek (NT):

A kémiai szinapszisokban az információ továbbítását végzik. A preszinaptikus sejt üríti a NT → a szinaptikus résbe diffundál → a posztzinaptikus membránon található specifikus receptorhoz kötődik. A neurotranszmitterek jellemzői: preszinaptikus neuron termeli, vezikulumokban tárolódik, fiziológiai körülmények között a preszinaptikus neuronból ürül, a szinaptikus résből gyorsan felszívódik vagy degradálódik, specifikus receptora van a posztzinaptikus membránon, a NT receptorhoz kötődése biológiai választ idéz elő.

Példa neurotranszmitterre: acetil-kolin, adrenalin, noradrenalin.

IV. Neuromuscularis junctio:

A vázizomsejteknek nincs spontán kialakuló elektromos aktivitásuk, tehát a bennük kialakuló ingerületi folyamat az a velük kapcsolatot, azaz szinapszist kialakító szomatikus motoros ideg aktivitásának köszönhető. Az ideg-izom ingerületáttevődés, azaz a neuromuszkuláris junctio a mozgatóidegsejtek axonjainak és az idegsejtek által beidegzett vázizomrostok véglemeze között kialakuló kapcsolat. A neuromuszkuláris junctióban részt vevő, specializálódott izommembrán (véglemez) az ingerületátvivő anyag kötésére képes ligand-vezérelt kation csatornákat tartalmaz, feszültségfüggő ioncsatornái nincsenek. A motoneuron axonján érkező akciós potenciál hatására nyílnak a neuron feszültségfüggő Ca^{2+} -csatornái és Ca^{2+} beáramlás jön létre. A megnövekedett Ca^{2+} -koncentráció miatt az addig kihorgonyozott vezikulumok, amelyek

a neurotranszmittert tartalmazzák, fuzionálnak a motoneuron membránjával. A preszinaptikus és a posztzinaptikus membrán közötti szinaptikus részbe ürül a neurotranszmitter, az acetilkolin, amely diffúzióval a motoros véglemez nikotinerg Ach-receptorához kötődik. A receptorhoz kötődés hatására kinyílnak a véglemez kationcsatornái, Na^+ és K^+ beáramlás történik, amely kialakítja a véglemezpotenciált, ami tovaterjed a harántcsíkolt izomra az akciós potenciál.

V. A vegetatív idegrendszer – szimpatikus, paraszimpatikus ág:

A vegetatív vagy autonóm idegrendszer felelős a szervezetünk belső szerveinek működéséért, szimpatikus és paraszimpatikus idegrendszerre osztható fel, de egyes szakirodalmak ide sorolják harmadik tagozatként az enterális idegrendszert is. A szimpatikus és paraszimpatikus idegrendszer normális körülmények között egymást kiegészítve működik, ellentétes hatásokat váltanak ki, fiziológiai szempontból antagonistának tekinthetők. Afferens és efferens rostokat is tartalmaznak, de elkülöníthetők egymástól anatómiai felépítésük, a neurotranszmittereik és a célszerven okozott hatásuk alapján. A szimpatikus sejtekben felszabaduló neurotranszmitter a leggyakrabban noradrenalin, ezeket adrenerg rostoknak hívjuk, de néhány végződésben (10%) acetilkolin szabadul fel, ezek a kolinerg rostok. A paraszimpatikus végződésekben acetilkolin elválasztás történik, ezért az összes paraszimpatikus posztganglionáris rost kolinerg. A szimpatikus izgalom a szervezetünket fokozott aktivitásra készíti, míg a paraszimpatikus hatás a nyugalmi fázisban érvényesül.

- 1. Szimpatikus idegrendszer: mobilizál, felkészíti a szervezetet a terhelésre, energetizál és a vészhelyzetre reagál.**
- 2. Paraszimpatikus idegrendszer: szervezet raktárainak feltöltése, energia újraképzése, nyugalmi állapot létrehozása.**

2. előadás

A vérplazma összetevői és azok normálértékei. A vér alakos elemei.

I. A vér funkciója:

Transzport funkciót tölt be (lélegzési gázok (O_2 és CO_2), hormonok, enzimek, szerves anionok, kationok, szerves monomerek, oligomerek, fehérjék, nukleobázis tartalmú vegyületek, zsírok, anyagcsere végtermékek); hőszabályozásban vesz részt; sejtes és molekuláris elemei révén a szervezet védekezési mechanizmusában (immunrendszer) és hemosztázis fenntartásában van szerepe.

II. A vér alkotórészei:

A zárt keringési rendszerben áramló speciális kötőszövet a vér. A többi szövethez hasonlóan sejtekből és sejtközi állományból épül fel. Azért tekintjük különleges kötőszövetnek, mert sejtközi állománya folyékony, ez a vérplazma. A plazma nagyjából 90%-át víz alkotja, amelyben fehérjék, szerves ionok, enzimek, hormonok, anyagcsere- és bomlástermékek, glükóz és egyéb szerves és szerves anyagok találhatók meg. A keringő vérben lévő sejtfeleségek közül nem mindegyik teljes értékű, ezért összefoglaló néven alakos elemeknek hívjuk őket, ezek az erythrocyták, a leukocyták és a thrombocyták. Egészséges felnőtt ember 1 mikroliternyi vérében kb. 4.5-5.0 millió vörösvértest, 7.000 fehérvérsejt és 150.000-300.000 vérlemezke van. Az alakos elemek a vér 44-46%-át adják, ezt az értéket frakcionálisan kifejezve hematokrit értéknek hívjuk és változhat az életkor, a nem, az egészségi állapot és egyéb fiziológiai hatásra is.

A haemoglobin. Erythropoesis. Csontvelői őssejtek differenciálódásának lépései. Vörösvértestek. A fehérvérsejtek tulajdonságai, számbeli eltéréseik különböző típusú fertőzések hatására. A vérlemezék tulajdonságai. A nyirok.

I. A haemoglobin:

Vörösvértestekben található, 64500 molekulatömegű kromoproteid, négy alegységből áll és egy molekula hemoglobin 4 atom vasat tartalmaz, emiatt 4 molekula oxigént képes megkötni.

A haemoglobin lebontása: A vérben 120 napig keringő vörösvértestek felszíni tulajdonságai megváltoznak, előregednek. Ezeket az alakokat nagyrészt a lép macrophagjai, de a máj Kupffer-sejtjei is fagocitálják. A vörösvértestek szétesése során a plazmából kiszabadul a

hemoglobin, amely egy négy alegységből álló, összetett fehérje. Egy alegységen belül találjuk a globin láncot és a hem részt. A lebontás során a hemoglobin alegység egy-egy globin és hem részre válik szét. A hem ezután szétesik ferro vasra (Fe^{2+}) és protoporfirinvázzra. A felszabaduló vasat a csontvelő macrophagjai felveszik és továbbadják az erythroblastoknak. A protoporfirinvázból zöld színű biliverdin keletkezik. A biliverdin bilirubinná alakul, amely a vérben albuminhoz kötődik és tovább szállítódik a májhoz, ahol glukoronsavval konjugálódik, így konjugált bilirubin, azaz direkt bilirubin lesz belőle. A direkt bilirubin vízoldékony, emiatt a vese ki tudja választani. A direkt bilirubin az epébe kerülhet, majd az epeutakon keresztül a vékonybélbe. A direkt bilirubin és származékai az epefestékek. A vékonybélben továbbalakul urobilinogén és szterkobilinogénné. Az urobilinogén egy része a bélből felszívódik, a keringésbe kerül, majd ennek révén a májba, ahol a hepatocytá sejtek bilirubinná alakítják, ami az epébe kerül. Ez az enterohepaticus recirculatio. Az urobilinogén másik része – a máj kikerülésével – a vesébe kerül, ahol kiválasztódik a vizeletbe, annak sárgás színét adva. A szterkobilinogén a bélben szterkobilinné alakul és a széklet barna színét adva kiürül.

II. Erythropoiesis:

A vérben található alakos elemek a vörös csontvelőben található haematopoeticus őssejtből (HSC) származnak. A HSC-k valamennyi sejtvonal kialakítására, így az erythroid fejlődési vonal kialakítására is képesek. Az erythroid fejlődési vonal egy specifikus citokint, eritropoetint igényel. A citokin a membránban jelen lévő citokinreceptorhoz kötődik és ez elindítja azokat a jelátviteli reakciókat, amelyek a sejtek differenciálódásához szükségesek. Az erythroid differenciálódás alatt változik a sejtmag nagysága és szerkezete, valamint a sejtplazma állapota is. Az első érési alak a proerythroblast (átmérője: 16-22 μm), amely érés alatt méretcsökkenést mutat és ezt követi a macroblast állapot, mindeközben pedig a plazmában megjelenik a hemoglobin. Az érett vörösvértesteknél csak egy kicsit nagyobb normoblast sejtek a továbbiakban megtapadnak egy csontvelői macrophag felületén, ezt követően a sejtmagjuk az egyik pólus felé húzódik egyéb sejtplazma alkotókkal együtt. A következő lépésben a sejt ezen része lefűződik és megmarad a sejtmag nélküli vörösvértest. A lefűződött, sejtmagot tartalmazó részt a macrophag fagocitálja. A reticulocytá állapotban a sejtek még tartalmaznak kisebb riboszómacsoportokat és a hemoglobintartalmuk sem érte el a végleges értéket. Az érett vörösvértestek 7-8 μm átmérőjű, intracelluláris organelum nélküli bikonkáv korongok, a keringésbe belépve élettartamuk 120 nap, hemoglobinszintézis bennük már nem folyik. Az összes vörösvértestszámnak az 1%-a cserélődik ki naponta, normál körülmények között

III. Csontvelői őssejtek differenciálódásának lépései.

A csontvelőben találhatók: vérsejtképző (haemopoetikus) sejtek, érésben lévő sejtek (legnagyobb mennyiségben), valamint érett vérsejtek és úgynevezett stroma sejtek (fibroblastok, macrophagejtek, endothelsejtek)

Az őssejt 4 lehetséges átalakulása: önreprodukciós ciklusba lép - további őssejteket képezhet; elköteleződés valamelyik fejlődési vonal (lymphoid vagy myeloerythroid) irányába és progenitorsejtet képez; programozott sejthalálnak (apoptózisnak) esik áldozatául vagy elhagyhatja addigi környezetét és belép a vérkeringésbe (őssejtmozgósítás- vagy mobilizálás). LT-őssejt („long-term”): Korlátlan ideig, az egyed egész életében, hosszú távon képes önmagát reprodukálni. ST-őssejt („short-term”): Az LT bizonyos idő elteltével átalakul olyan sejté, amely csak korlátozott ideig, legfeljebb 8 hétig őrzi mg önreprodukciós képességét. Mindkét őssejt multipotens, azaz minden vérsejtvonal keletkezhet belőle.

IV. Vörösvértestek:

A vörösvértestek legfontosabb tulajdonságai:

Vörösvértestszám: a teljes vér mintegy 44 %-át adják. Számuk felnőtt nőben: 4-5 millió/1 μ l; felnőtt férfiban: 4,5-5,5 millió/1 μ l. A vörösvértestszám csökkenés – anaemia, a vörösvértestszám növekedés – polycytaemia. Alak és nagyság: felülnézetben korong, keresztmetszetben bikonkáv, „piskóta” alakú. Vastagság a széli részekben: 2-2,8 μ m, vastagság közepén: 1-1,5 μ m. Átmérő: 7-8 μ m – normocytosis. Átlagosnál kisebb átmérő – mikrocytosis – vashiány miatt. Átlagosnál nagyobb átmérő – makrocytosis – folsav, B12-vitamin hiánya miatt. 3Ozmotikus rezisztencia: a vörösvértest azon képessége, hogy ellenáll a felvett víz feszítő hatásának és nem hemolizál egyre növekvő hypotonicus oldatban. Értéke: 0,44-0,3 % között van (legnagyobb sókoncentráció). Ha hyperozmotikus az oldat – zsugorodik a vörösvértest, ha hypozmotikus az oldat – megduzzad a vörösvértest. Hemoglobintartalom: felnőtt nőkben értéke: 120-160 g/l; felnőtt férfiakban értéke: 140-180 g/l. Vérsejtsüllyedés: a vörösvértestek fajsúlya nagyobb mint a vérplazmáé – alvadásban gátolt vérben a vörösvértestek a többi alakos elemmel együtt leülepednek. Értéke felnőtt nőkben: 8-10 mm/óra, felnőtt férfiakban: 3-6 mm/óra. Befolyásolja: vörösvértestek tulajdonságai, vérplazma összetétele – albumin-globulin arány 1,5-2 közötti, ha ez csökken, akkor nő a vörösvértest süllyedés sebessége – gyulladás, daganat okozhatja. Vörösvértest élettartama: átlagos élettartam: 120-130 nap. Vörösvértest energiatermelése: anaerob folyamat = glükózból glikolízissal termel ATP-t.

V. A fehérvérsejtek tulajdonságai, számbéli eltéréseik különböző típusú fertőzések hatására:

Fehérvérsejtszám: $4-9 \times 10^9/l = 4000-9000/\mu l$, a magasabb fehérvérsejtszám – leukocytosis, az alacsonyabb fehérvérsejtszám – leukopenia. A fehérvérsejtek előfordulhatnak a képződésük helyén és extravazálisan. A fehérvérsejt alakok a granulocyták, a monocyták és a lymphocyták.

A granulocyták a csontvelőben képződnek. Típusaik és feladataik: 1. Eosinophil granulocyták - antitesttel fedett paraziták elpusztítása, Allergiás reakció. 2. Basophil granulocyták - bőrbetegségek kialakulásában, kevésbé ismert. 3. Neutrophil granulocyták - phagocytosis és mikroorganizmusok elpusztítása.

A monocyták a csontvelőben termelődnek, 2-3 nap után elhagyják a csontvelőt és a szövetekben fejezik be érésüket, makrofággá alakulnak, ezáltal szerepet játszanak az idegen organizmusok elleni védekezésben és a T-sejtek aktiválásában, azaz az immunválasz megindításában.

Lymphocyták a nyirokszövetben fejlődnek ki, T és B sejteket, valamint természetes ölő (NK) sejteket ismerünk. A B-sejtek a humorális immunválaszban játszanak szerepet, míg a T-sejtek a celluláris immunválasz sejtjei. A NK sejteknek a cytotoxicitásban van feladatuk.

Bakteriális fertőzés esetén – neutrophil granulocyták száma nő. Vírus fertőzés esetén – lymphocyták, monocyták száma nő. Allergia esetén – eozinophil-, basophil granulocyták száma nő.

VI. A vérlemezkék (thrombocyták) tulajdonságai:

Felnőtt ember vérében $150-350 \times 10^9/l = 150000-350000/\mu l$ van. A csontvelő megakaryocytáiból képződnek. Átmérőjük 1-4 μm . Vastagságuk 0,5-0,75 μm . Sejtmagja nincs.

VII. A nyirok:

Minden szervben képződik, kivétel: agy, csontvelő, cornea, porc, tüdő alveolusai. Mennyisége: 2-4 l/nap. Vénás keringésbe a nyirokérrendszer vezeti vissza. Összetétele hasonló a vérplazmáéhoz. Szervenként eltérő az összetétele. Elektrolit-összetétele, glükóz koncentrációja hasonló a vérplazmáéhoz. Lipidtartalma – felszívódás mértékétől függően változhat. Nyirokcsomókat elhagyó nyirok – lymphocytákat tartalmaz.

A vér védelme. Vércsoportok.

I. Haemostasis, a vér védelme:

Az anyagszállítás állandó mennyiségű vér áramoltatásával elégíti ki a sejtek változó anyagcsereigényeit. Az érfal folytonosságának bármely okból történő megszakadása, sérülése vérveszteséget okoz. A vérveszteség megakadályozása – haemostasis. Három egymással szoros kölcsönhatásban álló mechanizmus: 1. sérült érfal reakciója, 2. érfalsérülést eltömeszelő vérlemezdugó, 3. fibrinháló képzése.

II. Thrombocytadugó kialakulása:

A szervezetünk érrendszerét érő sérülések esetén megindulnak a vérzéscsillapító mechanizmusok, azaz a haemostasis. Első lépésben helyi érszűkület alakul ki, majd második ütemben a vérlemezék kitapadása, aktiválódás és összezsapzódása jön létre (thrombocytadugó kialakítása). Ezzel a lépéssel párhuzamosan indul meg a koaguláció, azaz a véralvadás, amely a thrombocytadugó létrejötte után teljeseedik ki.

Tehát érfal sérüléskor szabadabbá válik az érendothelium alatti kötőszöveti rostrendszer. Ekkor az aktiválatlan thrombocyták felszíni glikoproteinjeikkel (GP) a subendothelium bizonyos fehérjeihez kötődnek. A primer adhéziót egy közvetlen és egy közvetett kölcsönhatás segíti. Közvetlen kölcsönhatásban a thrombocyta GP-jei (GP Ia-IIa, GP VI) közvetlenül csatlakoznak a kollagénrostokhoz, míg közvetlen kölcsönhatásban a szöveti von Willebrand-faktor (vWF) segíti a GP Ib-IX-V komplex és a kollagén kapcsolatát. A vérplazma natív vWF-a nem kötődik a keringésben lévő thrombocytákhoz, hanem sérülés esetén kijutva a subendotheliumba konformációváltozást szenved és így már részt vehet a thrombocyták aggregációjában, mindemellett a natív vWF a véralvadási VIII. faktor szállítófehérjéje. Az adhézió a thrombocyták aktiválását vonja maga után. A GP Ib-IX-V komplex kollagénkötése intracelluláris jelátvitelt indít meg, amely alakváltozást és szekréciót generál. Az alakváltozás miatt a GP IIa-IIIa komplex köti a fibrinogén α -alegységein lévő szekvenciákat, létrejön ezzel egy híd a fibrinogén és a thrombocyták között.

III. Thrombocyta aktiválás:

Az aktivált, kitapadt thrombocyták granulumaiból exocitózissal különböző mediátormolekulák szabadulnak fel, mint például adrenalin, szerotonin, ADP, tromboxán- A_2 . Ezek részt vesznek a környező, inaktív thrombocyták aktiválásában. Az aktiválási folyamatot segíti még a foszfolipáz A_2 (PLA $_2$) nevű enzim is. Ez az enzim a membránlipidekből arachidonsavat hasít

le, majd a ciklooxygenáz az arachidonsavat endoperoxidokká alakítja. Ilyen prosztanoid vegyület például a TXA_2 , azaz a tromboxán- A_2 , amely elhagyja a thrombocytát és a környező, inaktív thrombocyták felszínén lévő TXA_2 -receptorokhoz kötődve aktiválja őket. A többi felszabaduló mediátormolekula is a thrombocyta aktiválást segíti, de vannak nem thrombocyta eredetű anyagok, amelyek szerepelnek a folyamatban. Ilyen a trombin, amely a koaguláció megindulásakor helyben keletkezik és proteolitikus enzimfunkciót tölt be. Kötődik a thrombocyta felszínén lévő trombinkötő receptorhoz, lehasít egy peptidkötést és ez a változás megindítja a sejtben a jelátviteli folyamatokat. Ez utóbbi eredményeként megemelkedik a sejtben belüli Ca^{2+} -koncentráció, de a Ca^{2+} -ok a plazmamembrán Ca^{2+} -csatornáin keresztül is beáramolhatnak a thrombocytákba. Az intracelluláris Ca^{2+} -koncentráció emelkedése nélkülözhetetlen a mediátorok exocitózisához és a PLA_2 enzim aktiválásához, valamint a cytoskeletális átrendeződéshez.

IV. Véralvadás:

Az érfal sérülése esetén először vasoconstrictio alakul ki, majd a haemostasis következő lépéseként a vérlemezkék adhéziója, aktiválódása és aggregációja figyelhető meg és ezzel párhuzamosan indul meg a koaguláció, azaz a véralvadás folyamata, amelynek eredmények a sérülés helyén kialakuló koagulum vagy vörös trombus, a vérsejtek és a fibrinhálózat együttese. A véralvadást 12 faktor szabályozza, amelyek nagy része a májban termelődik és ott is bomlanak le. A véralvadási kaszkád két párhuzamos és egymást támogató úton, az intrinsic és az extrinsic úton indul el. Először az extrinsic, azaz külső indítású út indul meg, úgy, hogy a sérülés helyén az endothelsejtekből felszabadul egy membránfehérje, a szöveti faktor (III. faktor=TF). A TF komplexet képez a VII faktorrall, valamint hasítja a X-es faktort, így aktív Xa keletkezik. Az extrinsic út rövid idő után megáll, mivel a Xa aktiválja a szöveti faktor út inhibitor faktort, így csak rövid ideig tud extrinsic úton keletkezni Xa faktor, nagyjából az intrinsic út faktorainak segítségével jön létre a véralvadás további részében. Az intrinsic út elején a vérplazma XI. faktorának aktivációja történik meg az addig aktivált proteázok segítségével és a XIa proteáz indukálja a IX. faktor átalakulását aktív faktorrá. Aktív X-es faktort hoz létre a IXa is egy komplex segítségével, amit intrinsic tenase-nak hívnak. Ebben szerepel a X. faktor, mint szubsztrát és aktív enzimeként a IXa, így együtt Ca^{2+} jelenlétében membránlipidekhez (thrombocyták átalakult membránja) kötődnek, és a VIIIa biztosítja a megfelelő térbeli elhelyezkedést. A Xa faktornak lényeges szerep van még a protrombin (II. faktor) trombinná (IIa) alakításában, ehhez az átalakuláshoz szükséges egy komplex, amelyben

a Xa az aktiv enzim, a szubsztrát a II. faktor, a szabályozó fehérje pedig az Va. A teljes protrombináz komplex Ca^{2+} segítségével foszfolipid réteghez kötődve alakul ki. Az alvadási folyamatban képződött trombin a fibrinogénből (I. faktor) fibrinpeptideket hasít és az egyes fibrinmonomerek közötti kapcsolatot, így a keresztkötött fibrinpolimer kialakulását a transzglutamináz (XIIIa) segíti. A XIII. faktorból proteolízissel alakul ki az aktivált forma.

V. Fibrinolízis:

A véralvadást a sebgyógyulási fázis követi, így a sérülés helyén keletkezett vérrög lebontása is megindul. Első lépésben a fibrinolízis folyamat indul meg, amelyben aktív szerepe van a plazmin nevű enzimnek, amely a vérkeringésben egy inaktív előanyagként van jelen, ez a plazminogén. A plazminogén az úgynevezett lizinkötő régiójával tud kapcsolódni a fibrinszálak lizin oldalláncaihoz. A kapcsolódás miatt konformációváltozás történik a plazminogénen, hozzáférhetővé válik a plazminogén aktivátoroknak, amelyek aktív enzimet, plazmint hoznak létre belőle. A plazmin kialakításáért két különböző plazminogénaktivátor felel, a szöveti típusú és az urokináz típusú plazminogénaktivátor, amelyek az endothelsejtekből kerülnek a vérbe. A létrejövő plazmin a fibrin bontásáért felelős. Az egészséges szervezetben a véralvadási folyamat és a fibrinolízis között mindig egyensúly áll fenn, azonban amikor ez az egyensúly megbomlik, akkor spontán vérzés, vagy vérrögek képződés indul be.

VI. Vércsoportok:

Vércsoport	Agglutinogén / antigén	Agglutinin / antitest / ellenanyag
A	A	anti-B (β)
B	B	anti-A (α)
O	H	anti-A (α) és anti-B (β)
AB	A + B	-

Az **AB0 vércsoportrendszer** felfedezése Karl Landsteiner nevéhez fűződik, ezért hívják Landsteiner-vércsoportrendszernek is. A vörösvértestek glycocalyxán specifikus antigéneket találhatunk, amelyek az egész sejtnak antigén tulajdonságot kölcsönöznek. Ezeknek az antigéneknek a jelenléte vagy hiánya determinálja, hogy a vizsgált egyén A, B, 0 vagy AB vércsoportú lesz. Orvosi jelentősége abban mutatkozik meg, hogy a vérplazma tartalmaz ellenanyagokat, antitesteket is, amelyek képesek az antigénekkal reagálni. A

Landsteiner-szabály szerint az egyén vérsavója normális körülmények között nem tartalmazhatja a saját vörösvértestein megtalálható AB0 antigén elleni antitestet, de tartalmazza a hiányzó antigén elleni antitestet.

Az Rh-faktor számos antigénből áll össze, de legnagyobb jelentősége a D-antigénnek van. Az európai emberek 85%-a D-antigént hordoz, ők **Rh-pozitív** vércsoportúak, akiknek a vörösvértestjein nincs D-antigén, **Rh-negatív** vércsoportúak. Anti-D antitestek csak Rh-negatív szervezetben Rh-pozitív vörösvértestekkel történő immunizálás hatására alakulnak ki. Tehát az antitestképződés akkor érvényesül, ha az adott antigénnel nem rendelkező egyén vérébe az antigént hordozó vörösvértestek jutnak. Abban az esetben, ha Rh-negatív nő Rh-pozitív magzatot hord, megtörténhet az immunizálás a terhesség vagy a szülés alatt és ezzel megjelenik az Rh-negatív vércsoportú anya szervezetében az anti-D antitest. Ezek nagy része az immunglobulinok G-osztályába tartozó ellenanyag, amely a következő terhesség alkalmával képes átjutni a placentán és ezzel pedig bejut a magzatba és tönkreteszi annak vörösvértestjeit. A szülést követő 72 órában általánosan bevett gyakorlat, hogy az anya szervezetébe anti-D antitesteket juttatnak, emiatt az anya szervezetébe bekerült Rh-pozitív vörösvértestek nem váltják ki az anti-D antitestek termelését, ez az Rh-profilaxis.

3. előadás

A harántcsíkolt izom szerkezete. Izomműködés az emberi szervezetben. A simaizom felépítése, működése.

I. Harántcsíkolt izom:

Harántcsíkoltat jellemzi a fehérjék szabályos elrendeződése és azok eltérő fénytörése miatt. Felépítési egységei - többmagvú harántcsíkolt izomrostok. Átmérő - 10 és 100 μm . Hosszúság - néhány mm - több cm. Szomatikus beidegzés - nagyrésztben akaratlagos mozgások. Nagy erő kifejtés, gyors izomösszehúzódás, fáradékonyság. Anaerob és aerob anyagcsere-folyamatok. Fő fehérjéi: kontrakciós fehérjék (aktin, miozin) és regulátor fehérjék (tropomiozin, troponin-komplex). Az egyes fehérjék filamentumokba rendeződnek, a filamentumok pedig myofibrillumokat alkotnak. Az aktin, a tropomiozin és a troponin-komplex együttese alakítja ki az aktin filamentumot (vékony filamentum), míg a miozin alkotja a vastag filamentumot. A harántcsíkolt izom strukturális egysége a **sarcomer**, amely Z-lemeztől Z-lemezig tart és vastag, valamint vékony filamentumok építik fel.

Az izomtónus: vázizmok jellemző tulajdonsága. A nyugalmi állapotban is kimutatható minimális mértékű feszülés. Neurofiziológiai szempontból nem más, mint a vázizmokban nyugalomban elvezethető elektromos aktivitás. Passzív mozgítás esetén ellenállásként nyilvánul meg. Fiziológias mértékben a miotatikus reflex modulációjával alakul ki. Alapja – az izom a nyújtásra kontrakcióval válaszol. Receptora – az izomorsó. Az izomorsók orsó alakú képletek. Az izomrostok között, azokkal párhuzamosan helyezkednek el, kötőszövetes tokkal körülvett, 4-10 mm hosszúságú képletek és intrafuzális rostokból állnak. Az idegrendszert az izom két végpontjának egymástól való távolításáról tájékoztatják.

Reflexek: 1. Nyújtási (myotaticus reflex) – az izom összehúzódásához vezet, ugyanabból az izomból ered a reflexet kiváltó afferens. Pl.: patella-reflex, Achilles-reflex. 2. Exteroceptív reflex – nociceptív flexor reflex – a végtag bőrének ingerlése az ingerelt végtag ebehatástól való eltávolításához vezet. 3. Exteroceptív reflex – keresztezett extensor reflex – ha erős ingert alkalmazunk a végtagra, az az adott végtag hajlítását és emellett az ellenoldali végtag feszítését váltja ki.

II. Simaizom:

Egyetlen sejtmag, orsó alakú sejtek. Végrehajtó sejtek vegetatív működések - pl.: keringés, légzés, tápcsatorna és urogenitalis rendszer működése, bőr- valamint a szem működése kapcsán. Nem harántcsíkolt - fehérjék nem rendeződnek sarcomerekbe, nincs Z-lemezük, nincs troponin-komplex, harántcsíkolt izomsejtekhez képest nagyobb kontrakció.

Anatómiai elhelyezkedésük alapján: érrendszeri-, légúti-, húgyúti-, genitális-, gyomor-bél rendszeri és a szemben is található. Összehúzódnak szerint: 1. tónusos összehúzódnak – érrendszerben, tápcsatorna szakaszain. 2. fázisos összehúzódnak - húgyúti- és genitális rendszerben, tápcsatorna szakaszain (pl.: nyelőcső) is. Működés és felépítés alapján: 1. egységeseget vagy single-unit simaizom, 2. sokegységes vagy multi-unit simaizom.

III. Szívizom:

A szív falának középső rétegét (myocardium) építik fel. Harántcsíkolt izomsejtekhez hasonlóan: vékony- és vastag filamentumok, sarcomerek, harántcsíkoltat jellemzi. Egyetlen sejtmagja van a villa alakban elágazó sejteknek. Az elágazó szívizomsejtek között a kapcsolatot az intercalaris korongokban a gap junction-ök biztosítják -> elektromos synapsis-t biztosítanak -> a szívizomsejtek egy egységként tudnak működni, kontrakciójuk, relaxációjuk összehangolt -> = funkcionális szincícium.

Akaratunktól függetlenül működik. Gyors ingerületterjedés, gyors összehúzódnak, nagy erő kifejtés jellemzi, de nem fáradékony. Típusok: 1. munkaizomsejtek - pumpafunkció fenntartása - kamrai és pitvari myocytak. 2. ingerületképzésre és ingerületvezetésre specializálódott szívizomsejtek - nodalis szívizomsejtek.

4. előadás

A szív és jellemzőinek részletei. A szív ciklus. Szívhangok. A perctérfogat és annak meghatározása. EKG.

I. A szív működés jellemzői:

A szív egy pumpa, mely működésével keringésbe hozza a vért. A szív működés: systolek (=összehúzódnak) és diastolek (=elernyednek) sorozata. Jellemzői: automatizmus, ritmicitás, coronáriák, ingerképzés, ingerületvezetés, kontraktilitás, alkalmazkodóképesség.

II. A szív működésre jellemző vértérfogatok:

Végdiastolés térfogat (EDV): a kamrában a diastole végén lévő vér térfogata. Vég systolés térfogat (ESV): a kamrában a systole végén lévő vér térfogata (40-80 mL). A kettő különbsége a verőtérfogat/pulzustérfogat/stroke volume (SV). Egy systole alkalmával kilökött vér mennyisége a verőtérfogat (70-80 mL). Az ürített és a végdiastolés aránya az ejekciós frakció (EF). $EF = SV / EDV$, pl $80 / 150 = 0,53$.

III. Szívbillentyűk:

A pitvarok és kamrák között vitorlás (cuspidalis) billentyűk vannak (bal oldalon bicuspidalis, jobb oldalon tricuspidalis), a vitorlák csúcsa a kamrafalon található szembőlcsizmokhoz van „kihorgonyozva” -> fiziológiai körülmények között a vér csak a pitvarok felől áramolhat a kamrák irányába.

A kamrák és a nagy erek között félhold alakú (semilunaris) billentyűk találhatók -> zsebként zárják el a visszafolyás lehetőségét, tehát a billentyűk szelepként biztosítják a vér egyirányú áramlását -> regurgitatio (=visszafolyás) nincs. Nyitott / zárt helyzetük a két oldaluk felől rájuk nehezedő nyomás különbségétől függ.

IV. Szív ciklus:

Az egymást követő szív ciklusok alatt a két pitvar és a két kamra felváltva összehúzódnak, majd elernyed. Az összehúzódnak és az elernyedések során a jobb és a bal pitvar, valamint a jobb és a bal kamra is egy-egy egységként működik úgynevezett funkcionális szincíciumot alkotva. Az összehúzódnak szisztolénak, míg az elernyedést diasztolénak nevezzük. A szív ciklus első lépésében a szinuszcsomó ingerülete átvődik a pitvari myocytákra, emiatt a pitvarok összehúzódnak, vért továbbítanak a kamrákba, így a pitvarok térfogata csökken, a kamráké nő,

de a pitvari szisztolé a kamratelődés csak 20%-áért felelős fiatal felnőttben, idősebb korban ez az érték nő. A pitvari szisztolét a kamrák szisztoléja követi. A kamrai szisztolé kezdetén az emelkedő nyomás zárja az atrioventricularis billentyűket, amelyek zárt állapotban megakadályozzák, hogy a kamrai szisztolé alatt a vér visszaáramoljon a pitvarokba. A billentyűk záródását követően a kamrai nyomás hirtelen emelkedik, viszont ezt a nyomásértéket is meghaladja a kamrákból kilépő nagyerekben uralkodó nyomás, ezzel zárva tartva a semilunaris billentyűket. Ekkor a kamrákból egyetlen egy úton sem távozhatsz vér, tehát a térfogat nem változik, viszont az összehúzódás miatt a nyomás emelkedik. Ez az izovolumetriás kontrakció. Amikor a kamrákban lévő nyomás eléri a belőlük kilépő nagyerek diasztolés nyomását, nyílnak a semilunaris billentyűk és a kamrák közös ürteret alkotnak a belőlük kilépő erekkel. A nyomásgradiens miatt a vér a truncus pulmonalisba és az aortába jut. Kezdetben a kamrák összehúzódásának kezdetén a kamrákból gyorsan ürül a vér (maximális ejectio), majd az ürülés lelassul (csökkent ejectio). Az az összes vérmennyiség, amit a kamrák kipumpálnak ezalatt az idő alatt, a pulzustérfogat. A csökkent ejectio fázisában a kamrai nyomás és a kiáramlott vér mennyisége is csökken, de a kamrákból soha nem távozik az összes vér. A kamrák repolarizációjával megindul a kamrai diasztolé, emiatt csökken a kamrákban uralkodó nyomás és ez a csökkenés gyorsabb, mint a belőlük kilépő erekben uralkodó nyomás csökkenése, ez a jelenség pedig zárja a semilunaris billentyűket. A billentyűk záródásával a szív kamráinak kimeneti és befolyási egységei zártak lesznek, ekkor a kamrák térfogata nem változik, de az ellazulás miatt a nyomás tovább csökken, ez az izovolumetriás relaxáció vagy diasztolé. A kamrai nyomás egészen addig csökken, hogy alacsonyabb lesz a pitvari nyomásnál, ekkor nyílni fognak az atrioventricularis billentyűk és elkezdődik az izotóniás diasztolé, a pitvarok és a kamrák egy üreget képeznek. A korábban, az izovolumetriás szisztolé kezdetén a szívcsúcs felé elmozdult, billentyűket rögzítő annulus fibrosus most a bázis irányába mozdul el és a gyűrű felfelé történő elmozdulása a pitvarokban nyomásemelkedést vált ki, ami segíti a vér áramlását a pitvarokból a kamrákba. A pitvarok és a kamrák diasztoléjában, azaz a kettős diasztolé periódusában a pitvarokba belépő erekben lévő nyomás meghaladja a pitvarok nyomását, de a pitvari nyomás is egy kicsivel nagyobb, mint a kamrákban uralkodó nyomás. A nyomáskülönbségeknek köszönhetően nyitva vannak az atrioventricularis billentyűk és a vér az erekből a pitvarokba, majd akadálytalanul a kamrákba jut. A gyors diasztolés telődés idején a vér beáramlása gyorsabb, majd lelassul (csökkent diasztolés telődés).

V. Elektrokardiográfia - EKG

Non-invazív diagnosztikai eljárás, mely a szív elektromos jelenségeit vizsgálja a szívizom összehúzódásakor keletkező elektromos feszültség regisztrálásával. Az egyes hullámok a szív ciklus adott szakaszait jelölik:

1. **P-hullám:** pitvar-systole, pitvari depolarizáció
2. **PQ-szakasz:** pitvar-kamrai átvezetés ideje - legfontosabb összetevője az AV-átvezetési idő
3. **QRS-komplexum:** kamra-systole, kamraizomzat depolarizációja (szív ciklus szakaszok: izovolumetriás kontrakció és maximális és csökkent ejectio)
4. **ST-szakasz:** időben a kamrai akciós potenciál plató szakaszával esik egybe, feszültségkülönbség nem regisztrálható, így az ST-szakasz izoelektromos
5. **T-hullám:** kamra-diastole, a kamrai repolarizáció (a T-hullám pozitív, mert a repolarizáció terjedésének iránya a depolarizáció terjedésének irányával ellentétes)

5. előadás

A vér áramlása az erekben. A vérnyomás. A pulzus. A keringés szabályozása.

I. Magas és alacsony nyomású rendszer:

A szervezetünk értípusai közül az artériák összkeresztmetszete a legkisebb, míg a kapillárisok területén a legnagyobb. A kapillárisokból összeszedődő venulák, majd vénák összkeresztmetszete fokozatosan csökken, de még a legnagyobb vénák esetében is nagyobb, mint az artériáké. Az erekben áramló vér sebessége pedig fordítottan arányos az erek összkeresztmetszetével. A vérkeringési rendszer magas és alacsony nyomású rendszerre osztható. A magas nyomású rendszer az aortától az arterioláig tart, míg az alacsony nyomású rendszer a kapillárisokból, a vénás rendszerből, a szív jobb feléből, a tüdőkeringésből és a bal pitvarból tevődik össze. A szív bal kamráját, tekintettel arra, hogy benne a nyomás 8 és 120 Hgmm között változik, nem illeszthetjük be sem az egyik, sem a másik rendszerbe.

II. Vérkörök:

W. Harvey (1628): bebizonyította, hogy a szív pumpálja a vért a keringésben és leírta, hogy keringésünk egy zárt rendszer, valamint a kis- és nagyvérkört és azok szakaszait is ismertette. Kisvérkör feladata: a tüdőbe szállítja a vért, és ott megtörténik a gázcsere, azaz az oxigén felvétele és a szén-dioxid leadása. Nagyvérkör (szisztémás keringés) feladata: biztosítja, hogy a sejtek az életfolyamataik fenntartásához oxigént, tápanyagokat és szabályozó anyagokat (pl.: hormonokat) kapjanak, és azoktól elszállítja a szén-dioxidot és a különböző anyagcseretermékeket (a veséhez).

III. Véráramlás formái:

Lamináris: gyorsabb tengelyáramlás, lassúbb széli áramlás (a súrlódás miatt), az erek nagy részében ez a fiziológiás. **Turbulens:** a vér részecskéi különböző irányokban mozdulnak el, tehát nem képeznek előrefelé haladó rétegeket. Káros, mert nagyobb munkát ró a szívre és csökkenti az örvény mögötti terület vérellátását. A szívben és a legnagyobb artériákban (pl.: aorta) jellemző (és artériaszűkület esetén)

Vérnyomásmérés esetén az elszorított artériában a lamináris áramlás turbulenssé válik, mely rezgésbe hozza az adott érszakasz falát, ez pedig hangjelenséget kelt, amit hallgatózva detektálhatunk.

IV. Vérnyomás:

European Society of Hypertension és European Society of Cardiology felosztása			
	Systoles vérnyomás (Hgmm)		Diastoles vérnyomás (Hgmm)
Optimális vérnyomás	<120	és	<80
Normális vérnyomás	120–129	és	80–84

A keringő vér által az erek rugalmas falára kifejtett nyomás (RR). Az artériás szakaszon a vérnyomás szabályszerűen ingadozik, és eltérő értéket mutat az érrendszer különböző szakaszain.

V. Pulzus:

Az artériák adott pontján fellépő nyomás- és térfogatváltozások révén jön létre.

Pulzusszám normálértékei	
kor	pulzusszám/perc
újszülött	120-160
1-12 hónap	80-140
1-2 év	80-130
3-6 év	75-120
7-12 év	75-110
13 év-felnőtt	60-100

VI. Kisvérköri keringés és szervkeringés

A kisvérköri keringés funkciói: gázcsere biztosítása, vérraktár, szűrő funkció.

Redisztribúció (perctérfogat újraelosztása): a nagyvérköri keringő vérmennyiség újraelosztása, hogy egyes szervek/szervrendszerek jelentősen megnövekvő vérigénye biztosítva legyen (ugyanis az O₂- és tápanyag-, így a vérigény jelentősen változik attól függően, hogy aktív vagy nyugalmi állapotában van-e az adott szerv/szervrendszer). Részt vesz a redisztribúcióban: splanchnikus terület, bőr, harántcsíkt izom. Nem vesz részt a redisztribúcióban: szív – coronariák, agy!!!

VII. A keringés szabályozása:

Helyi szabályozásban vasodilatátor (pl. nitrogén-monoxid, hisztamin) és vasocinstrictor (pl. endothelin, thromboxán A₂) anyagok vesznek részt.

Az idegi szabályozást a vegetatív idegrendszer szimpatikus és paraszimpatikus tagozata végzi. A humorális szabályozás: A renin-angiotenzin-aldoszteron rendszer a cardiovascularis rendszer egyik legfontosabb szabályozó rendszere. A renin a vese juxtaglomeruláris sejtjeiben keletkező fehérjebontó enzim. Feladata, hogy a máj által termelt plazmafehérjét, az angiotenzinogént átalakítsa angiotenzin I inaktív enzimmé. Az angiotenzin I inaktív enzimet az

angiotenzinkonvertáló enzim, azaz ACE alakítja aktív enzimmé, angiotenzin II-vé (Ang II). Az ACE legnagyobb mennyiségben tüdő endothelsejtjeiben termelődik.

Az Ang II az érfal simaizomsejtjeinek felszínén lévő angiotensin-1 receptorhoz (AT1) kötődik, amely az ún. G-protein rendszeren keresztül növeli az intracelluláris kalciumion koncentrációt és ezáltal vasoconstriktiót okoz, amelynek révén nő a teljes perifériás ellenállás és emelkedik a vérnyomás.

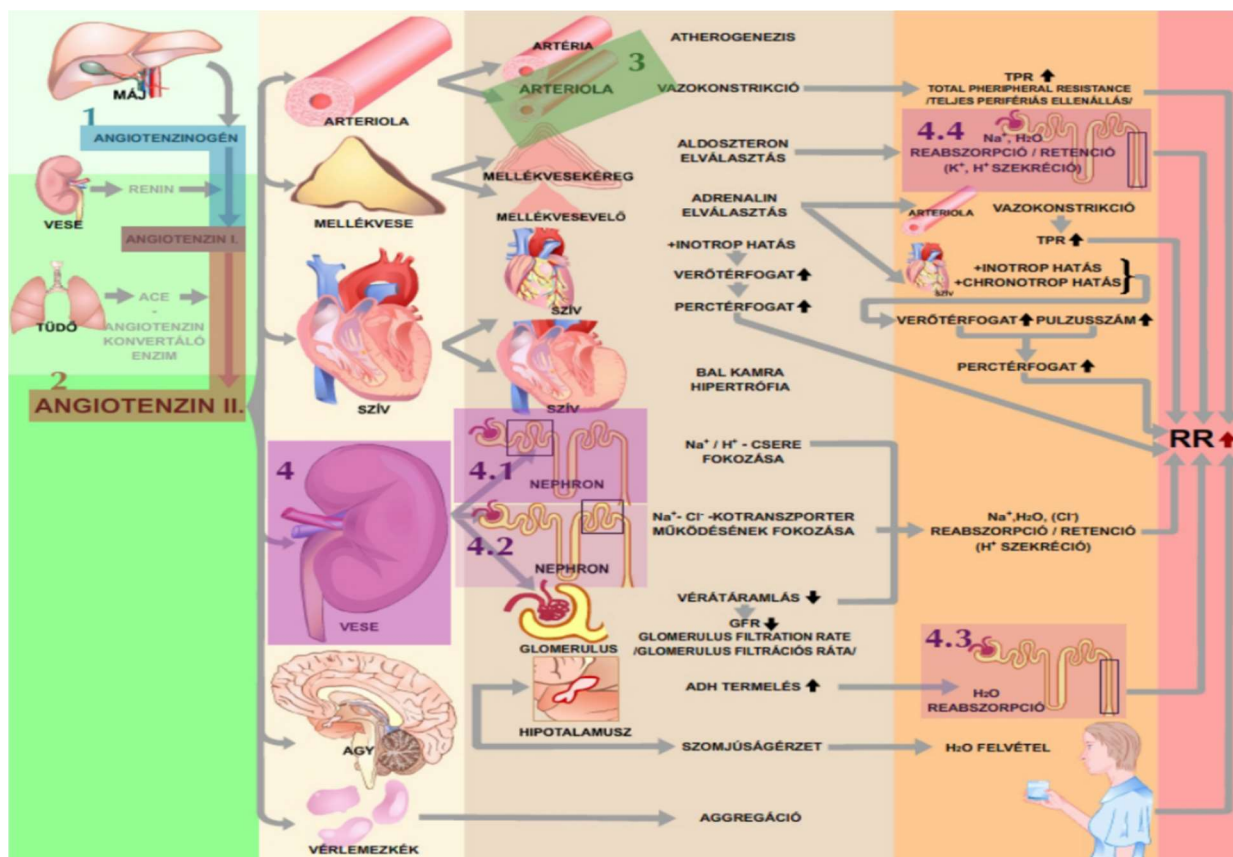
Az Ang II fokozza a vese zona glomerulosa sejtjeinek aldoszteron elválasztását. Ez a mineralokortikoid fokozza a vese gyűjtőcsatornáinak Na^+ -visszaszívását. Ezen kívül fokozza a K^+ -szekréciót és növeli a gyűjtőcsatornák köztes sejtjeinek H^+ -pumpa aktivitását és ezzel a H^+ -szekréciót.

Ang II hatására a mellékvesevelőből adrenalin szabadul fel. Az adrenalin érszűkítő hatást fejt ki és így a perifériás érellenállást növeli. A szíven az adrenalin a β_1 -receptorokon kifejtett erősebb hatása révén pozitív chrono- és inotrop hatású. Amennyiben a szív bal kamrájának tartósabb ideig nagyobb ellenállással kell fenntartania a normál perctérfogatot, akkor a kamra izomzata megvastagszik (új szívizomsejtek nem jelennek meg, hanem több szarkomer alakul ki), kialakul a bal kamra hipertrófia.

Az Ang II a vese glomerulusaiban a vas afferens szűkítésével csökkenti a Na^+ -filtrációt. A proximális tubulusban fokozza a Na^+/H^+ -cserét, így csökken a distális tubulus Na^+ -terhelése. Az Ang II ezen kívül azt is jelzi a szervezetünknek, ha kevés a Na^+ , mivel ekkor fokozza az aldoszteronszintézis és –szekréciót a mellékvesekéreg zona glomerulosa sejtjeiben. Amikor csökken a szervezet NaCl -bevitel, akkor az Ang II fokozza a Na^+/Cl^- -kotranszporter működését.

Az ADH az agy nucleus supraopticus elnevezésű idegsejtcsoportjaiban termelődik és a neurohypophysisben tárolódik, majd szükség esetén innen szabadul fel és bekerül a véráramba. ADH hatására a víz visszaszívódik a vese gyűjtőcsatornából és a distális tubulusokból. Az Ang II a hypothalamusban ingerli a szomjúságérzet kialakításában szerepet játszó neuronokat, amely miatt vizet veszünk fel.

A véráramba bekerülő Ang II mindezek mellett a vérlemezék aggregációját is elősegíti, ezzel pedig hatással van a koagulációra.

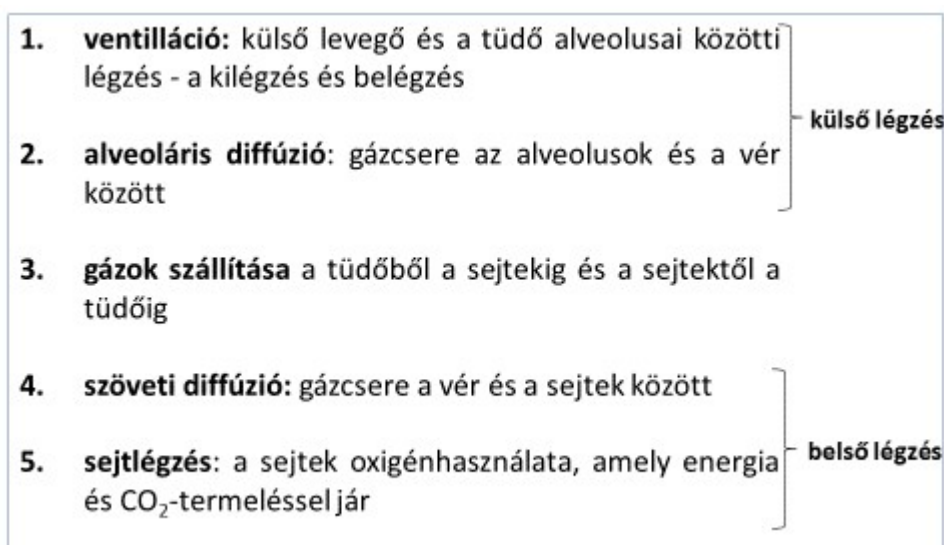


6. előadás

Légzőrendszer működése. A tüdő és a mellkas mechanikája. A légzési gázok szállítása. A ventiláció és a gázcseré. A légzés szabályozása. Sav-bázis egyensúly.

I. A légzés:

Az oxigén felvételének és a szén-dioxid leadásának helye a tüdő. Az oxigénfelvételhez és szén-dioxid-leadáshoz szükséges ventilációt a légzőszervrendszerünk biztosítja, amely anatómiai értelemben a felső légutakból, a tüdőből és a kis vérkörből áll, élettani értelemben pedig ezekhez csatlakozik még a mellkas a légzőmozgásokat biztosító izmokkal. A tüdőn belül az alveoláris diffúzió révén valósul meg az alveoláris tér és a vér között a külső gázcseré. A belső gázcseré a kapillárisok vére és a sejtek közötti kicserélődés során valósul meg. A gázcseré során a sejtekig eljutott oxigént a sejtek a sejtlégzés (biológiai oxidáció) során felhasználják, miközben szén-dioxid és energia (ATP) képződik.

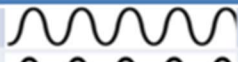











II. Légzési térfogatok:

Az ember nyugalmi körülmények között egy légvétellel 500 mL levegőt lélegzik be és kb. ugyanennyit lélegzik ki. A belégzéskor felvett levegő és a kilégzéskor kilélegzett levegő térfogata a respirációs térfogat (TV). A nyugodt belégzés után mély belégzéssel további levegő vehető fel, ezt nevezzük inspirációs (belégzési) rezervtérfogatnak (IRV), amely 2000-2500 mL levegőt jelent. A respirációs térfogat és a belégzési rezervtérfogat összege 3000 mL, amit inspirációs kapacitásnak nevezünk. A nyugalmi kilégzés utáni erőltetett kilégzéssel kipréselhető levegő mennyisége 1000-1500 mL, ezt nevezzük expirációs (kilégzési) rezervtérfogatnak (ERV). A nyugodt kilégzés során kilélegzett levegő mennyisége és a

kilégzési rezervtérfogat összege az expirációs kapacitás, ami 1500 mL levegőmennyiséget jelent. A maximális kilégzés után a tüdőben maradó levegő mennyisége 1000 mL, ez a reziduális térfogat (RV), a nyugodt kilégzés után a tüdőben maradt levegő mennyisége pedig a funkcionális reziduális kapacitás (FRC), amely 2500 mL térfogatot jelent. A respirációs térfogat, a belégzési rezerv és a kilégzési rezerv együttesen adják a vitálkapacitást (VC), átlagos értéke nőkben 3200 mL, míg férfiakban 4800 mL. A teljes tüdőkapacitás (TLC) értékét (5500 mL) a respirációs térfogat, a belégzési rezerv, a kilégzési rezerv és a reziduális térfogat összege adja meg.

III. Légzéstípusok:

LÉGZÉSTÍPUSOK		
normális légzés	eupnoe	
légvételek mélysége ↑	hyperpnoe	
légvételek mélysége ↓	hypopnoe	
légvételek száma ↑	polypnoe / tachypnoe	
légvételek száma ↓	bradypnoe	
légzési perctérfogat ↑	hyperventilatio	
légzési perctérfogat ↓	hypoventilatio	
légvételek megszűnése	apnoe	
nehézlégzés – kilégzési nehezítettség	expirációs dyspnoe	
nehézlégzés – belégzési nehezítettség	inspirációs dyspnoe	

IV. Gázcsere, a vér szerepe a gázcserében, a parciális nyomás:

A gázcsere diffúzióval végbemenő folyamat mind az alveolusok és a vér, mind a vér és a sejtek között. Gázdiffúzió: a gázok részecskéi hőmozgásuk révén elkeverednek egymással és kitöltik a rendelkezésre álló teret. Parciális nyomás – gázkeverékben az egyes gázok nyomása a vérgázok szállítása oldott állapotban vagy kémiai kötött formában (hemoglobinhoz kötve):

1. hemoglobinhoz kötve: oxigén 98-99%-a – oxihemoglobin, szén-dioxid 5-10%-a – carbamino-hemoglobin.
2. oldott formában: O_2 – 1-2% fizikailag oldva, CO_2 – 5% fizikailag oldva 1 ml vérben, 85-90% - kémiai oldva – HCO_3^- —ként. A gáz oldódása az egyensúly beálltaig történik – a folyadéktérben lévő gáz parciális nyomása = a gáztérben lévő ugyanazon gáz parciális nyomásával.

A parciális nyomás az a nyomásérték, amit az adott gáz akkor fejtene ki, ha a rendelkezésre álló teret egyedül töltene ki; a gázkeverékből az adott gázra eső nyomásérték. Az alveoláris gáztér összetétele a parciális nyomás viszonylatában eltér a levegő összetételétől. Az alveolusokat kapilláris hálózat veszi körül, amibe a jobb kamra felől vénás vér érkezik, ahol a pO_2 40 Hgmm, a pCO_2 46 Hgmm. A parciális nyomáskülönbség hatására a vér szén-dioxidot ad le és oxigént vesz fel.

Gáz	Alveoláris levegő	Artériás vér	Vénás vér
PO_2	100 Hgmm	95 Hgmm	40 Hgmm
PCO_2	40 Hgmm	40 Hgmm	46 Hgmm
PN_2	573 Hgmm	573 Hgmm	573 Hgmm

V. Az oxigén és a szén-dioxid szállítása:

A felnőtt emberben keringő vér percenként kb. 250 mL oxigént szállít a tüdőből a szövetek irányába. A vérbe került oxigén 2%-a a vérplazmában fizikailag oldva, 98%-a pedig a vörösvértestekben található hemoglobinhoz kötődve szállítódik. A hemoglobin két vegyértékű vasatomja reverzibilisen köti az oxigént, az oxigént megkötött hemoglobint oxihemoglobinnak, azt a hemoglobint, ami nem köt oxigént dezoxihemoglobinnak nevezzük.

A vérben a szén-dioxid 5%-a fizikailag oldott állapotban, 90%-a bikarbonácion formájában kötötten és a maradék 5%-a karbaminovegyületek formájában van jelen. Vizes közegben a CO_2 szénsavvá (H_2CO_3) alakul. Ez az átalakulás a vörösvértestekben az ott lévő szénsavanhidráz enzim miatt gyorsan megy végbe és a szénsav H^+ -ra és bikarbonácionra disszociál. A H^+ -okat a hemoglobin megkötí, emiatt folyamatosan képződhetnek újabb H^+ -ok. A vörösvértestekben lévő bikarbonácionokat a plazmamembrán anionkicserélő transzportere kicseréli a vérplazma kloridionjaira. A tüdőkapillárisokban a redukált hemoglobin oxigenálódik és róla H^+ -ok disszociálnak. Ezek a H^+ -ok a vörösvértestekben található bikarbonácionból szénsavat képeznek és a szénsav szén-dioxiddá és vízzé bomlik. A keletkezett CO_2 diffúzióval átkerül a vörösvértest membránon és a kapillárisfalon keresztül az alveoláris térbe. Ha a vörösvértestekben a bikarbonácion koncentrációja csökken, akkor a vörösvértestek anionkicserélő transzportere a plazma bikarbonácionjait kicseréli a vörösvértestek kloridionjaival és ezzel biztosítja, hogy a

plazmában szállított bikarbonácion a vörösvértesteken belül folyamatosan CO_2 -dá alakuljon, ami aztán bekerülhet az alveoláris térbe, majd kilélegezhetjük.

VI. A légzés szabályozása:

A be- és kilégzési folyamat, valamint a légzőizmok működése idegi szabályozás alatt áll. A légzőközpontok az agytörzsben helyezkednek el és az akaratunktól független légzést irányításában vesznek részt. Az ingerület a központokból a motoneuronokra jut, majd az onnan kiinduló idegeken keresztül jut a légzőizmokhoz. Az agykéreg az akaratlagos szabályozásért felel, azonban a belőle kiinduló pályák nem jutnak el a nyúltvelőben található légzőközpontokhoz, hanem közvetlenül idegzik be a gerincvelői motoneuronokat.

A légzés kémiai szabályozásában centrális és perifériás receptoroknak van szerepe. A centrális kemoreceptorok az agytörzsben foglalnak helyet és a CSF (cerebrospinalis folyadék) H^+ -koncentrációjának változását közvetítik. A H^+ -ok ugyan nem tudnak átjutni a vér-agy gáton, de a CO_2 diffúzióval igen. A CO_2 vízzel reagál, szénsav keletkezik a reakció eredményeként, amely HCO_3^- -ra és H^+ -ra disszociál. Az így keletkezett H^+ -okat érzékelik a centrális kemoreceptorok. A glomus aorticumban és a glomus caroticumban elhelyezkedő perifériás kemoreceptorok a vér pH változását, valamint az O_2 tenzióját érzékelik. A vér H^+ -ion és K^+ -ion koncentrációjának emelkedését és a vér O_2 tenziójának csökkenését érzékelik.

A feszülési receptorok a tüdő légtartalmát a tüdő feszülésén keresztül érzékelik és az ingerületük a nervus vaguson át éri el a pontobulbaris respiratio neuronokat. Működésük eredményeként reflexesen megtörténik a belégzés gátlása és a passzív kilégzés megindulása.

VII. Sav-bázis egyensúly:

A vér átlagos pH-értéke 7.40, fiziológias tartománya 7.35-7.45 között változhat. A pH, azaz pondus hydrogenii egy olyan kémiai mennyiség, amely egy adott oldat kémhatását adja meg. Az anyagcsere folyamatok során állandó jelleggel keletkeznek savak és bázisok. Savak azok az anyagok, amelyek hidrogénionokat disszociálnak. Bázisoknak nevezzük azokat az anyagokat, amelyek hidrogénionokat kötnek meg. A metabolizmus során nagyrészt savak alakulnak ki. A pH állandó értéken tartásához nélkülözhetetlen, hogy a keletkezett H^+ -ok mennyisége azonos legyen az eltávolított H^+ -ok mennyiségével, amennyiben ez nem valósul meg, a pH érték annyira eltolódhat, amilyen értéken az életfolyamatok már nem tarthatók fenn, azaz ha a pH 7.00 alatt, vagy 7.80 fölött van.

A respiratios acidosis a sav-bázis egyensúly zavara, amelynek során a szén-dioxid parciális nyomása emelkedik, miközben a pH csökken. Ez a zavar alakul ki például a tüdő megbetegedései esetén, valamint idegrendszeri megbetegedésekhez, illetve gyógyszeres kezeléshez kapcsolódó légzési elégtelenség esetében is. Mivel a respiratios acidosis során ventilációval a beteg nem tudja megfelelő mennyiségben eltávolítani a szén-dioxidot, így gépi lélegeztetés szükséges, amely a szén-dioxid parciális nyomásának csökkentésével javíthatja az egyensúlyzavart.

Amennyiben az alveolaris ventiláció nagyobb mértékű, mint a szervezet szén-dioxid termelése, respirációs alkalosis alakul ki. A folyamat kompenzációjának érdekében az albuminhoz kötődő hidrogén-ionok disszociálnak, ezzel javul az albumin Ca^{2+} -kötő képessége, azaz csökken a plazma kalciumtartalma, amely tünetképző. Emellett respiratios alkalosis alakulhat kis idegrendszeri eredetű hyperventilatio, gyógyszerek túladagolása okozta hyperventilatio esetén is. Mivel az albumin Ca^{2+} megkötéssel csökkenti a plazma Ca^{2+} koncentrációját, az idegek ingerlékenysége fokozódik és görcsös állapot alakulhat ki.

7. előadás

Só és vízfelvétel. A vese juxtaglomerularis apparátusa, sejtek jellemzése. Só és vízeloszlás, az azt befolyásoló tényezők, Só és vízleadás. A vizelet termelése, A nephron részeinek részletes jellemzése, Szűrletkészítés, Szűrőfelszín. Hormonális hatások. A vizelet tárolása. A vizelet ürítése.

I. Vízforgalom:

Napi vízfelvétel: ivás, táplálékfogyasztás (összesen 2100 mL), szénhidrátok oxidációja során keletkező oxidációs víz (200 mL).

Napi vízvesztesség: Bőrön és tüdőn keresztül (nem érzékeljük) ~ 700 ml, Izzadás ~ 100 ml, Széklet ~ 100 ml, Vizelet – min. 500 ml vizeletet kell termelni, hogy a nitrogén metabolizmus végtermékei eltávozhassanak - ~ 1400 ml

II. Nephron:

A vese szerkezeti és működési alapegysége. Részei: 1. Malpighi-test, ami a glomerulusból és a Bowman-tokból áll. 2. Tubulus rendszer, részei: proximális kanyarulat csatorna, Henle-kacs leszálló ága, Henle-kacs, Henle-kacs felszálló szegmentuma (TAL, distális kanyarulat csatorna, összekötő szegmentum. A nephronok a gyűjtőcsatornában végződnek.

III. A juxtaglomeruláris apparátus:

A juxtaglomeruláris apparátusnak két fő feladata van: renintermelés és a tubuloglomeruláris feedback mechanizmus biztosítása.

Magát az apparátust macula densa sejtek, juxtaglomeruláris sejtek és extraglomeruláris sejtek alkotják. A macula densa sejteket a distalis csatorna kezdeti szakaszán található magas epithelsejtek adják ott, ahol a tubulus visszakanyarodik ahhoz a glomerulushoz, amelyből a proximális tubulus eredt. A juxtaglomeruláris sejtek az afferens arteriola módosult izomsejtjei, amelyeknek kontraktilis és szekréciós funkciója is van. Az extraglomeruláris mesangium sejtek a macula densa sejtek közelében helyezkednek el és jeltovábbító funkciójuk van a macula densa sejtek felől a renint termelő juxtaglomeruláris sejtek felé.

IV. A vese funkciói:

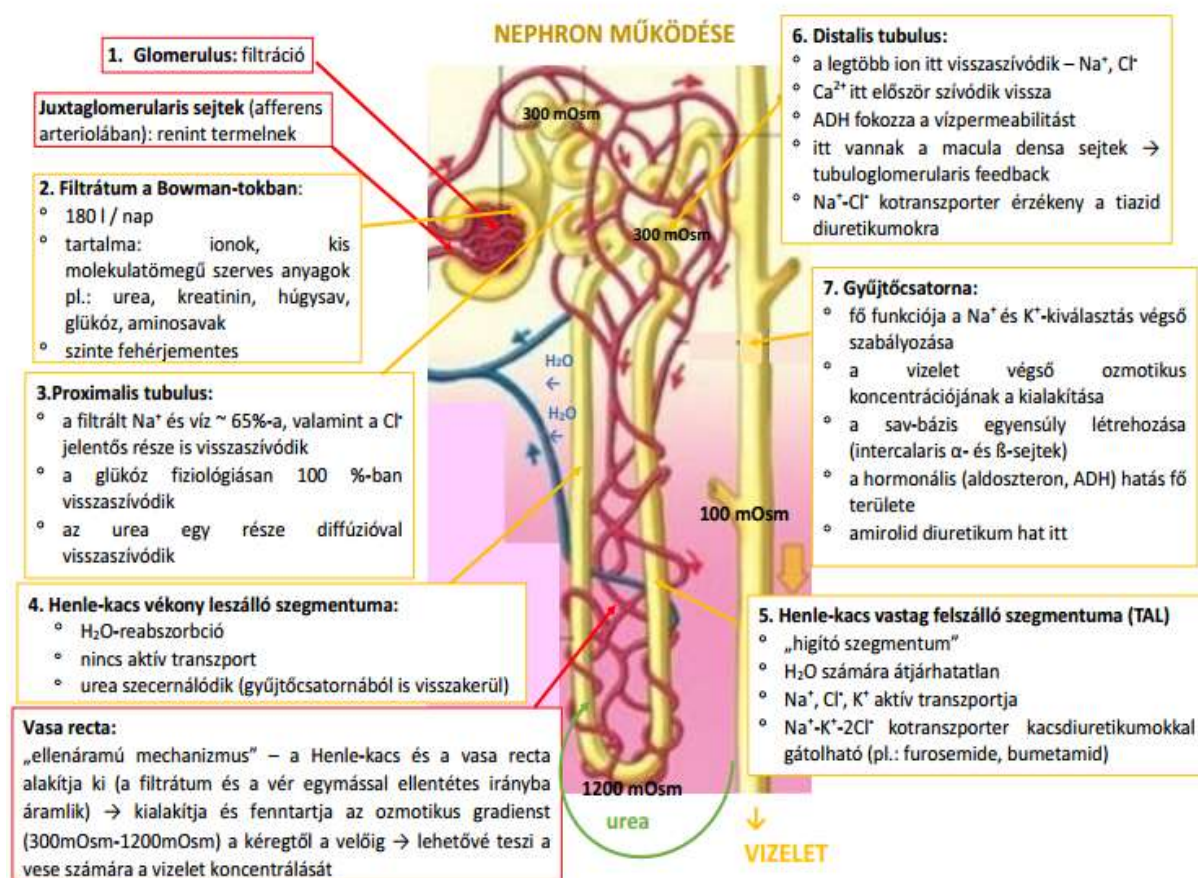
A VESE FUNKCIÓI
1. Plazma filtrálása
2. Só- és vízháztartás szabályozása
3. Folyadékterek ozmolaritásának és elektrolit-koncentrációjának szabályozása
4. Melléktermékek kiválasztása - anyagcsere végtermékek, inaktivált hormonok, gyógyszerek
5. Vérnyomás szabályozása – renin
6. Sav-bázis egyensúly szabályozása (pH)
7. Erythropoiesis szabályozása – erythropoetin (EPO) <- hypoxia
8. Hormonok szekréciója, metabolizmusa és kiválasztása

V. Glomerulus ultrafiltráció:

A glomeruluskapillárisokban uralkodó hidrosztatikai nyomás folyadékot szűr ki a Bowman-tok terébe (filtrációs folyamat). A fehérjék számára nem átjárható => ultrafiltráció, ultrafiltrátum a glomeruluskapillárisok fala 3 rétegű: belső: „fenesztrált” ún. átlýuggatott endotelsejtek alkotják; középső: kollagénból, glikoproteinekből és proteoglikánokból felépülő bazális membrán; külső: a Bowman-tokot bélelő epithelsejtek - podocyták, melyeknek nyúlványai fedik a kapillárisokat.

A Bowman-tokba kerülő filtrátum szinte fehérjementes, napi mennyisége 180 liter/nap. Az ultrafiltrátum tartalma: ionok, kis molekulatömegű szerves anyagok pl.: urea, kreatinin, húgysav, glükóz, aminosavak. A bazális membrán nagy negatív töltéssűrűséggel rendelkezik, átengedi a nagy átmérőjű semleges és kationos molekulákat. Az ultrafilter átengedi a 65000 Daltonnál kisebb tömegű fehérjemolekulákat (hCG). A kis molekulatömegű vagy hidrofób molekulák fehérjékhez kötöttek, így nem filtrálódnak szabadon (kalcium, A,- D-, E-, K-vitamin, néhány hormon).

VI. A nephron működése:



VII. Transzport a proximális tubulusból:

TRANSZPORT	A	mód, jellemző
PROXIMÁLIS		
TUBULUSBÓL		
1.	H_2O	ozmózással (passzív transzport) ($\sim 65\%$ -a)
2.	Na^+	<ul style="list-style-type: none"> Na^+ kerül be a tubulussejtbe és H^+ kerül ki a sejtből (antiporter – másodlagos aktív transzport) különböző kotranszporterekkel jut vissza a tubulussejtekbe pl.: $\text{Na}^+/\text{glükóz}$; $\text{Na}^+/\text{HCO}_3^-$ (másodlagos aktív transzport)
3.	HCO_3^-	Na^+ kotranszporterrel jut az interstitiumba (másodlagos aktív transzport)
	Cl^-	<ul style="list-style-type: none"> passzív paracellularis úton reabszorbeálódik Cl^-/anion (hangyasav) kicserélő transzport (antiporter – másodlagos aktív transzport)
4.	glükóz	$\text{Na}^+/\text{glükóz}$ kotranszport (SGLT1, SGLT2)
5.	aminosav	$\text{Na}^+/\text{aminosav}$ kotranszport

6.	foszfát	Na ⁺ /foszfát kotranszport
7.	urea	diffúzió (passzív transzport)
8.	albumin	endocytosis

VIII. Henle-kacs:

A vékony leszálló szegmentum lapos, permeabilis sejtek bélelik a sejteknek nincs aktív transzportáló képessége, itt H₂O-visszaszívás történik. A vékony felszálló szegmentum – víz számára átjárhatatlan, a vastag felszálló szegmentum (TAL) - víz számára átjárhatatlan, de a Na⁺, Cl⁻, K⁺ aktív transzportja (az intersticium felé) itt történik.

IX. Distalis kanyarulat csatorna:

A legtöbb ion itt visszaszívódik: Na⁺, Ca²⁺ Cl⁻.

X. Gyűjtőcsatorna:

Fő funkciója a Na⁺ és K⁺ kiválasztás végső szabályozása. A vizelet végső ozmotikus koncentrációjának a kialakítása, a sav-bázis egyensúly létrehozása, a hormonális hatás fő területe.

XI. A vesében érvényesülő hormonális hatások:

Hormon	A hatás összefoglalása	A hatás(ok) kiváltásának tényezői
Atriopeptin - ANP	Na ⁺ és vízürítést fokozza	glomerulusfiltrátum képződését fokozza a proximális nephronban a Na ⁺ és vízreabszorpció másodlagosan csökken a gyűjtőcsatornában - csökkenti a mineralokortikoid hatását - csökkenti a vazopresszin hatását - közvetlenül csökkenti a Na ⁺ reabszorpciót

Aldoszteron	Na ⁺ ürítést csökkenti K ⁺ ürítést fokozza	- gyűjtőcsatornasejtekben a Na ⁺ - csatornák száma nő - Na ⁺ -pumpa mennyisége nő
Arginin- vazopresszin - AVP, ADH	hyperosmoticus vizelet képződés	- gyűjtőcsatornák vízpermeabilitását fokozza - belső velő gyűjtőcsatornáinak ureapermeabilitását fokozza
Angiotenzin II.	Na ⁺ -reabszorpciót fokozza (koncentrációfüggő)	- proximális kanyarulat csatornában fokozódik a Na ⁺ /H ⁺ kicserélő működése
Parathormon - PTH	foszfátürítést fokozza Ca ²⁺ reabszorpciót fokozza	- proximális kanyarulat csatornában a Na ⁺ /foszfát kotranszporter aktiválódik - distalis kanyarulat csatorna sejtjei hyperpolarizálódnak

XII. A vizeletürítés szabályozása:

A vizeletürítés normál működéséhez ép vegetatív és szomatikus idegrendszeri működés szükséges. A hólyag ürítésének mechanizmusa több szinten is károsodhat, mivel a detrusorizmok és sphincterfunkciókat szabályozó pályák a frontális lebenytől a gerincvelő sacrális szegmentumáig húzódnak.

A húgyhólyag 300-400 mL vizelet összegyűjtése után ürül, ez az ürítési folyamat egy adott életkorig automatikus majd akaratlagosan irányítható. A hólyag falának feszülését a hólyagfal mechanoreceptorai érzékelik és ezeknek a receptoroknak a működése elengedhetetlen a vizeletürítés megindításához. A hólyagfeszülés ingereit a thoracolumbális szimpatikus, a sacrális paraszimpatikus és szomatikus afferens rostok közvetítik. A hólyag detrusorizomzatának összehúzódása paraszimpatikus aktivitás eredménye, amellyel egyidőben gátlódnak az urethra külső sphincterét beidegző szomatomotor neuronok, ami miatt a külső sphincter megnyílik. A hólyag összehúzódása, a belső valamint a külső sphincter nyílása mellett a gátizom is ellazul, a hasizom összehúzódik és a kilégzőizmok is aktiválódnak.

A mechanoreceptor afferensek aktiválják a kontinencia és a mictio központi irányításában részt vevő, a gerincvelőben és a hídban elhelyezkedő neuroncsoportokat. A híd feladata, hogy a mechanoreceptor-afferentáció, valamint a felsőbb szintekből származó jelzések alapján eldöntse, hogy megindítja-e a vizeletürítést, vagy elnyomja a vizeletürítési reflexet. A külső urethrasphincter ellazítása a hídbeli vezérléstől függ.

8. előadás

Gasztrointestinalis rendszer élettana

I. A tápcsatorna:

Az ember tápcsatornájának primer feladata a felvett táplálék előkészítése felszívásra, mechanikai őrlés és kémiai lebontás során, majd az így felszívásra alkalmassá vált anyagok, valamint a víz és a szervesen összetevők felszívása. A rendszer fontos eleme a motoros működés, azaz a motilitás, amelybe beletartozik a továbbítás, a továbbítás késleltetése, az egyenirányítás (aborális irányú továbbítás), a tárolás, a keverés és az őrlés. Normál körülmények között a motilitást lebontó és felszívó folyamatok szabályozzák.

A tápcsatorna felső szakaszához tartozik a szájüreg, a garat és a nyelőcső, amelyek a gyors továbbítást szolgálják. A középső szakasz a gyomor és a vékonybél. A gyomorban a tárolási funkció mellett megjelenik a késleltetési, valamint az őrlő funkció, a továbbítás pedig szakaszosan és szabályozott formában történik. A duodenum, a jejunum és az ileum működése egyaránt szolgálja a továbbítást, a késleltetést és a keverést. Az alsó szakasz a vastag- és a végbél. A vastagbélben a nagyon lassú továbbítás mellett a késleltetés dominál. A colon kezdeti szakaszán megfigyelhető antiperisztaltika fiziológias jelenség, viszont a colontartalom visszajutását a vékonybélbe az ileocaecalis sphincter és billentyű megakadályozza.

II. A tápcsatorna izomzata:

Kétféle izomtípus vesz részt a tápcsatorna falának felépítésében. A tápcsatorna kezdetén, tehát a szájüregben, a garatban és a nyelőcső kezdeti szakaszán és a tápcsatorna legvégén (végbél külső záróizomzat) harántcsíkolt izmokat találunk. Itt az izmokat a központi idegrendszer idegzi be és működteti. A kezdeti és végső szakasz között található szervek izomzata simaizmokból áll. A simaizom működéséért három rendszer felel: 1. a Cajal-féle interstitialis sejtek, amelyek együtt fejlődnek a simaizomsejtekkel, de alig tartalmaznak kontraktilis elemeket, viszont képesek a membránpotenciáljukat ritmikusan változtatni, azaz a tápcsatorna ritmusgeneráló sejtjei; 2. a helyi idegrendszer (enteralis idegrendszer) reflexei, amelyek a simaizmokat aktiválják vagy gátolják, 3. a paraszimpatikus és szimpatikus idegrendszer neuronjai, amelyek a központi idegrendszerből jövő utasításokat részben az enteralis idegrendszerhez, részben közvetlenül egyes záróizmokhoz közvetítik.

III. Az enterális idegrendszer:

A tápcsatorna saját idegrendszere, a tápcsatorna falában található 100 millió neuron (annyi, mint a gerincvelőben) alkotja. A tápcsatorna motilitását és szekrécióját szabályozza, két plexus alkotja: 1. plexus myentericus (külső plexus): a hosszanti és körkörös izomzat között van, a tápcsatorna motilitását szabályozza. 2. plexus submucosus (belső plexus): a submucosa-ban van, a tápcsatorna szekréciós működését és a helyi véráramlást szabályozza.

IV. A szájüreg:

Nyelv: nyelés, beszéd, ízlelés. Fogak: a táplálék (5-15ml) megrágása (masticatio) és a nyállal történő keveredése után a nyelv lenyelhető falatot (bolus) képez → nagy felszínt biztosít az emésztőenzimeknek, harapóerő – fogfelszínek nagyságától függ, rágás – ritmusos folyamat (akaratlagos ill. reflexes szabályozás)

Nyál: naponta 0,5-1,5 l nyál képződik az acinusban. A nyálat három pár nagy nyálmirigy és szájüregben található kis nyálmirigyek termelik. Hipozmotikus folyadék, a szájüreget tartja nedvesen. A nyálban lévő lizozimnek és az IgA-nak antibakteriális hatásuk van. A nyálban lévő kalciumot kötő fehérjék védő bevonatot képeznek a fogakon. A nyál egy nagy molekulájú anyagot is tartalmaz, ez a mucin. Ez a glikozilált protein teszi csúszóssá a falatot, ezzel megkönnyítve a nyelés folyamatát. A nyál α -amilázt tartalmaz, amelynek feladata keményítő bontása. A nyelv kis nyálmirigyei kevés lipázt is elválasztanak, az enzim a zsírbontásért felelős. A nyálmirigyek acinusaiban két, morfológiailag és funkciójában különböző sejttípus van. A **serosus sejtek** nagy mennyiségű izozmotikus elektrolitoldatot választanak el, és szekréciójuk különböző fehérjéket tartalmaz. A **mucinosus sejtek** kisebb térfogatú folyadékban választanak ki mucint.

V. Garat és nyelőcső:

A falat útja: szájüreg → garat → nyelőcső → gyomor. Az izom-összehúzódások nyomáshullámokat generálnak és megtörténik a nyállal kevert falat/korty továbbítása. Akaratlagosan indított, de az indítást követően akarattól független, reflexes folyamat - ha a reflexor megindul, nem állítható meg. Az egész nyelőcsőben a falat 10 s alatt jut a gyomorba.

VI. Gyomor:

A gyomormotorika hármas funkciója: relaxáció, őrlés, továbbítás. A gyomor ürülése kb. 3 órát vesz igénybe és késleltetése a duodenumba jutott tápanyag összetételétől függ.

A hányás (vomitus, emesis, expulzió) védekezési folyamat, reflexválasz, amely során a gyomor-bél tartalom távozik a szájon keresztül a tápcsatorna alábbi szakaszaiból: gyomor, duodenum, jejunum. A hányás megelőzi, hogy az ártalmas gyomor-bél tartalom végigjusson az emésztőcsatornán. Autonóm idegrendszeri tünetek előzik meg: szabálytalan vagy szapora szív működés, sápadtság, verejtékezés, fokozott nyálszekréció, tág pupilla, émelygés.

VII. Vékonybél:

A vékonybél funkciói: táplálék továbbítása, bélnedv termelése, szénhidrátok, fehérjék, zsírok emésztésének befejezése, tápanyagok felszívása, mikrobák elleni védelem, hormontermelés.

Három típusú izomkontrakció: 1. Perisztaltika – a chymus továbbítása az anus felé. 2. Szegmentáló mozgás – keverő mozgás, hozzáférhetővé teszi a chymust a hasnyálmirigy enzimeinek és az intestinalis szekréció számára. 3. Tónusos összehúzódások – megnövekedett idejű összehúzódások, lassítják a chymus továbbítását – növelik a chymus és az enterocyták közötti kapcsolat idejét → hatékonyabb felszívás.

A vékonybélben áthaladó chymus összekeveredik a bélnedvvel, hasnyállal és epével, így az emésztés teljessé válik. A szénhidrátok monoszacharidokká, a fehérjék aminosavakra, a zsírok zsírsavakra és glicerinné bomlanak.

A bélnedv enyhén lúgos, izotóniás oldat. napi mennyisége 1-1,5 L, legfőbb funkciója a chymus hígítása, termelésének fő stimulusa a chymus jelenléte.

VIII. A hasnyálmirigy és a máj:

A hasnyálat az exokrin hasnyálmirigy termeli: az acinussejtek a proenzimeket termelik, a mirigy kivezetőcsövecskéinek hámséjtjei HCO_3^- -t termelnek, a primer szekréció hígítják, Na^+ és K^+ koncentrációja megegyezik a plazmáéval, mennyisége 200-700 ml / nap, a pH 8 – magas HCO_3^- tartalom – neutralizálja a savas pH-t a gyomorból → ideális az amiláz és lipáz számára. A hasnyál emésztja a fehérjéket, szénhidrátokat és zsírokat is.

A máj termeli az epét, amelynek pH-ja 8, mennyisége 5-600 mL/nap, szekréciójában a hepatocyták és a cholangiocyták vesznek részt. Az epe az epehólyagban tárolódik és az

epeürülés megindítója a zsírtartalmú táplálék fogyasztása. Az ürülés az ingert követő 1-2 perc alatt megkezdődik és a tárolt epe térfogatának fele 10-20 perc alatt elhagyja az epehólyagot.

IX. Vastagbelek:

1,5 m hosszú, nincsenek villusok, víz és elektrolitok felszívása: 1l/nap, jellemző a nyirokszövet (GALT: emésztőrendszer immunrendszere), valamint a baktérium kolonizáció – K vitamin- és folsavszintézis. A meg nem emésztett vagy fel nem szívódott béltartalom (széklet / faeces) rendezett, alkalomszerű kiürítése a külvilágba. Az ileocecalis sphincter – megakadályozza a colon felől a vékonybél felé a visszaáramlást.

X. Emésztés és felszívódás a tápcsatornában:

Az emésztés a tápanyagok felszívódásra történő előkészítése, a felszívódás a kis molekulák átjutása a bélhámsejtek nyálkahártyáján.

A felszívódás helye: 1. száj - víz, glükóz, alkohol, egyes mérgek, egyes gyógyszerek, a szájból felszívódó anyagcseretermékek nem közvetlenül a májba kerülnek. 2. gyomor - ugyanazok, mint a szájból, egyes gyógyszerek és az alkohol felszívódása számottevő lehet, Cu, Mo, I, F. 3. vékonybél - a felszívódás döntő hányada itt történik. 4. vastagbél - ásványi anyagok (K^+ , Na^+), vitaminok (K, B12, riboflavin, tiamin).

XI. Energia:

A heterotróf élőlények (ember) az autotróf élőlények által szintetizált szerves vegyületek lebontásakor felszabaduló energiát használják fel. Mértékegysége J (joule) vagy kJ illetve MJ (munka). A kalória (cal), kcal (103 cal) – az a mennyiségű energia, amely 1 liter víz 1 oC-kal történő emeléséhez szükséges. Az energiaszükséglet függ: az egyén alap-energiaforgalma (BMR), életkortól, izomaktivitástól, testhőmérséklettől, növekedés sebességétől, egészségi állapottól, fiziológiai állapottól, mikro- és makroklímától.

Metabolizmus = anyagcsere – az élő szervezetben lejátszódó anyag- és energiaforgalom.

Katabolizmus – lebontó folyamatok - oxidatív folyamatok, amelyek során nagy molekulákból kisebb molekulák képződnek, miközben kémiai energia termelődik, amely nagyenergiájú foszfát kötésekben raktározódik, illetve hő formájában jelenik meg.

Anabolizmus – felépítő folyamatok, nagy molekulák felépítése kisebb molekulákból, melyhez energia – általában ATP – szükséges.

Body Mass Index (Testtömegindex)

BMI= testtömeg [kg] / testmagasság [m²]

Értékelése felnőttek esetében:

<18,5	sovány
18,5 - 24,9	normál
25 – 29,9	túlsúlyos
≥ 30	elhízott

Energiát adó tápanyagok: fehérjék, zsírok, szénhidrátok és alkohol. Az emésztés és felszívódás után a metabolikus üzemanyagok a központi anyagcsere utakon keresztül kémiaiilag lebomlanak → köztes anyagcsere termékek keletkeznek és energia termelődik. A folyamat végtermékei: energia – ATP formájában raktározódik, CO₂ – tüdőn keresztül távozik a szervezetből, víz – vizelet formájában távozik.

A szénhidrátigény egyénfüggő, de az erythrocyták és a neuronok csak glükózt használnak a sejtfunkcióik biztosításához. Átlagos táplálkozás esetén a szénhidrát szint napi 200-300 gramm.

A szénhidrátok felhasználása:

- **glikolízis / glycolysis** – a glükóz molekula lebontása, melynek során energia szabadul fel
- **glikogenolízis** – a tárolt glikogén lebontása
- **glikogenezis** – glikogén szintézise
- **glükoneogenezis** – új glükóz szintézise aminosavakból, glicerolból (nem szénhidrátból)

Energiát nem adó tápanyagok az ásványi anyagok és a vitaminok.

Az ásványi anyagok a testsúly 4%-át adják. A makroelemekből a napi beviteli szükséglet több, mint 100 mg, pl. calcium, foszfor, nátrium. A mikroelemekből a napi beviteli szükséglet kevesebb, mint 100 mg, pl. vas, réz, jód.

A vitaminok a szervezet fiziológias működéséhez nélkülözhetetlen szerves vegyületek, amelyeket a szervezet nem tud előállítani, ezért táplálékkal kell bevinni őket. Zsírban oldódó vitaminok: D, E, K, A. Vízben oldódó vitaminok pl. C, B1, B12, folsav.

XII. A táplálékfelvétel szabályozása:

A szabályozás központja a hypothalamusban található. 1. rövidtávú szabályozás: gyomor telődése – mechanoreceptorok, hormonok: CCK – gátolja a további táplálékfelvételt, Peptid YY – vékonybélben termelődik, csökkenti az étvágyat, Ghrelin – gyomor termeli, a táplálkozás megindításáért felel, Inszulin – csökkenti az étvágyat. 2. hosszútávú szabályozás: vércukorszint – glükoreceptorok – glükózszenzitív neuronok, hőmérséklet – táplálékfelvétel nő, leptin – zsírszövetben termelődik, jelzi az energia zsírszövetben történt tárolását – gátolja a táplálékfelvételt.

9. előadás

Kémiai szabályozás.

I. A hormonrendszer:

Feladata a szervezet homeosztázisának fenntartása, amelyet az idegrendszerrel szoros együttműködésben végez. A homeosztázis fenntartására a szervezet az alábbi kémiai jelátvivőket termeli: neurotranszmitterek, endokrin hormonok, neuroendokrin hormonok, parakrin jelátvivők, autokrin jelátvivők.

A endokrin mirigyek olyan kivezetőcső nélküli belső elválasztású mirigyek, amelyek az általuk termelt hormonokat a véráramba ürítik. A hormonok a vérárammal a célszervekhez, szövetekhez szállítódnak, ahol kifejtik hatásukat.

A hypothalamus és hypophysis együttesen befolyásolja a legtöbb belső elválasztású mirigy hormontermelését.

A hypophysis két fő része van: 1. elülső lebeny – adenohypophysis és a 2. hátsó lebeny – neurohypophysis. A két lebenyt az infundibulum kapcsolja össze a hypothalamusszal.

A hypothalamus hormonális és idegi úton szabályozza a hypophysis működését. A hypothalamus hypophyseotrop neuronjai az agyalapi mirigy elülső lebenyére ható hormonokat termelik → axonjaikban transzportálva az eminentia medianába ürítik → véráramba jutnak → az elülső lebenybe transzportálódnak a portális hypophysisvenákon keresztül. A hypophyseotrop neuronok által termelt hormonok: 1. az adenohypophysis hormonjainak felszabadulását serkentő releasing hormonok és 2. az adenohypophysis hormonjainak felszabadulását gátló inhibiting hormonok.

II. A releasing és inhibiting hormonok:

Az adenohypophysis hormonok felszabadulását stimuláló hormonok a releasing hormonok (RH), ezek a prolaktin releasing hormon (PRH), a kortikotropin releasing hormon (CRH), a tireotropin releasing hormon (TRH), a növekedési hormon releasing hormon (GHRH) és a gonadotropin releasing hormon (GnRH). A neurohormonok másik csoportja az adenohypophysis-hormonok felszabadulását gátolja, ezek a szomatosztatin (GHIH) és a dopamin (PIH).

III. Hypophysis hormonok:

Az elülső lebeny többek között négy serkentő hormon termelését végzi: a pajzsmirigy-serkentő hormon (TSH), a sárgatest-serkentő hormon (luteinizáló hormon, LH), a mellékvese-kéreg serkentő hormon (adrenokortikotróp hormon, ACTH), és a tüszőserkentő hormon (folliculus-stimuláló hormon, FSH), valamint az elülső lebeny további hormonok termeléséért is felelős,

úgy mint a prolaktin (laktotróp hormon, LTH), a növekedési hormon (szomatotróp hormon, STH, vagy GH), a melanocita-stimuláló hormon (MSH).

A növekedési hormon (GH) több különböző szövetre is hatást gyakorol. A prolaktin a nőkben az emlők fejlődéséért, de fontos szerepe van a férfiakban a herék endokrin működésének szabályozásában. A TSH a T_4 és a T_3 elválasztását stimulálja a pajzsmirigyben. Az ACTH feladata a mellékvesekéreg hormonok elválasztásának szabályozása. Az LH a tesztoszteron szintézist irányítja a herékben és a progeszteron elválasztást a petefészekben, míg az FSH a herékben a spermiumok érését befolyásolja, a petefészekben pedig a tüszőérést és az androgén-ösztrogén átalakulást serkenti.

Az agyalapi mirigy neurohypophysis kettő hormon felszabadításáért felel: az anti-diuretikus hormon (ADH), illetve az oxitocin. Mindkét hormon az őket termelő neuronok axonjain jut le a hipofízis hátsó lebenyébe, ahol tárolódnak. Az ADH a szervezet vízháztartására fejt ki hatását. Az oxitocin a méh izomzat összehúzódását serkenti a szülés során és elősegíti a tejmirigyek ürítését.

IV. A tobozmirigy:

A tobozmirigy a köztiagy-középagy határon található fenyőtobozhoz hasonló, néhány milliméter széles, vörösesbarna mirigy. A tobozmirigy a retinán keresztül kapja az információt a fényviszonyokról - komplex feedback mechanizmuson keresztül. Melatonint termel, amelyre jellemző: cirkadián szabályozás alatt áll, szintje az éjszakai órákban a legmagasabb, míg a nap közepén a legalacsonyabb, termelődését a megvilágított órák száma is befolyásolja, ezért szezonális változások is jellemzőek termelődésére, szabályozza az alvás-ébrenlét ciklust, javítja a cardiovascularis rendszer működését, pozitív hatása van az immunrendszer működésére gátolja az ivarszervek kifejlődését a pubertás előtt.

V. A pajzsmirigy:

A pajzsmirigy hormonok (T_3 és T_4) elengedhetetlenek a normális növekedés és fejlődés számára: csont- és idegrendszer fejlődéséhez, a legtöbb szervre hatással vannak, hiányukban a bazális metabolikus ráta 40-50%-kal a normális érték alá csökken, egyes extrém esetekben, túlzott termelődésük a bazális metabolikus rátát a normális 60-100%-ára emelheti.

Calcitonint a pajzsmirigy parafollicularis C sejtjei termelik és a calcium. valamint a foszfát metabolizmusban van szerepe. Csökkenti a vesetubulusokon a kalcium reabszorpcióját és növeli a csontok calcium felvételét. Hatása ellentétes a parathormonnal.

VI. Mellékvese:

A mellékvese kéreg hormonjai: 1. zona glomerulosa – aldoszteron, 2. zona fasciculata - glükokortikoidok, 3. zona reticularis – szexuáliszteroidok.

Minerálokortikoszteroidok / mineralocorticoidok (aldoszteron / aldosteron) - elsősorban a nátrium és kálium kiválasztásért felelnek. Glukokortikoidok / glükokortikoidok / glycocorticoidok (kortizol /cortisol és kortikoszteron /corticosteron) - elsősorban a glükóz- és fehérje-metabolizmus szabályozásáért felelősek. Szexuálszteroidok / sexualsteroidok (androgének, ösztrogének) a férfiak és nők androgénjei.

A mellékvesevelő szimpatikus idegrendszeri hatásra katekolaminokat választ el: dopamint, noradrenalin és adrenalin.

A stresszt, mint fogalmat Selye János vezette be a tudományba 1963-ban és a szervezet által megérzett olyan veszélyt (stresszor) jelenti, amely fenyegeti a homeosztázist. A stresszorokra adott reakciók akár néhány másodperctől néhány óráig terjedő időintervallumot ölelhetnek fel. Az első válasz a katecholaminok szekréciója és a szimpatikus idegrendszeri aktivitás. Ezt követi a hypothalamus CRH szekréciója, amit az ACTH elválasztás követ. (Ezen kívül a glukagon és a növekedési hormon elválasztása is fokozódik.) A katecholaminok (és a glukagon + növekedési hormon) célsejtjei azonnal reagálnak, megindul a tápanyagok mozgósítása, emelkedik a vércukorszint, csökken az étvágy, a táplálékfelvétel szünetel. A fokozott mineralokortikoid és glukokortikoid elválasztást követő válasz csak néhány óra elteltével valósul meg. A stresszes állapotban különböző anyagcsere-, valamint gyulladásos és immunválasz is kifejeződik hosszabb távon.

VII. Mellékpajzsmirigy:

A mellékpajzsmirigy fősejtjei a parathormont termelik, melynek fő hatása a calcium-ion szintjének emelése a vérben.

VIII. Az endokrin hasnyálmirigy:

Az endokrin hasnyálmirigy Langerhans szigeteinek endokrin sejtjei különböző hormonokat termelnek.

1. **α -sejtek (A) – glukagon** - Langerhans szigetek ~ 20%-át teszik ki, egyik legfontosabb hatása a vérplazma glükózsztintjének növelése és fő célszerve a máj.
2. **β -sejtek (B) – inzulin**, proinzulint, C-peptid, noradrenalin, szerotonin is - Langerhans szigetek ~ 60-75%-át teszik ki, legfontosabb hatása a vércukorszint csökkentése.
3. **δ -sejtek (D) - szomatostatin**, szerotonint - Langerhans szigetek ~ 5-10%-át teszik ki, csökkenti az emésztőrendszer motilitását és a felszívást, valamint gátolja a glukagon és az inzulin termelődését.
4. **F-sejtek (PP) - pancreas polipeptid (PP)**, csökkenti az exokrin működést emésztés és táplálékfelvétel során.

10. előadás

Férfi és női nemi működések

I. Hypothalamus-hypophysis-gonád tengely:

Hypothalamus: gonadotrop-releasing hormon (GnRH) → Hypophysis: LH, FSH → Gonadok (here, petefészek): szexuálhormonok.

A gonadok kettős funkciót látnak el: 1. Szexuálszteroidokat szintetizálnak és szecernálnak és 2. Ivarsejteket képeznek. Női szexuálhormonok: ösztadiol, ösztrol, progeszteron. Férfi nemi hormonok: tesztoszteron, androsztenedion.

II. Androgénhormonok:

Az androgénhormonok C19-szteroidok, koleszterinből keletkeznek. A Leydig-sejt saját maga szintetizál és raktároz koleszterint, illetve receptoraik segítségével (LDL, HDL) a vérből képes felvenni lipoproteineket. A here Leydig sejtjeiben enzimatikus lépések során tesztoszteron keletkezik. A Leydig-sejtből kijutó tesztoszteron a herén belül a spermatogenezishez szükséges, míg ha kijut az interstitiumba, további sejtekhez tud eljutni és androgén, valamint anabolikus hatást fejt ki. Androgén hatás: pubertáskori fejlődésben meghatározó jelentősége van: a tesztoszteron és az 5α -dihidrotesztoszteron irányítja a férfi nemi szervek és a másodlagos nemi jelleg fejlődését. A nemi érést követően pedig fenntartják a spermatogenezist, a nemi mirigyek állapotát (prosztata, ondóhólyag) és a már kialakult nemi jelleget. Anabolikus hatás: a hosszúnövekedés a pubertás idején ~8 cm, melyben szerepet játszik a tesztoszteron GH-szekréciónak fokozó hatása, normális csontsűrűség alakul ki, megnövekedik a gége, megvastagszanak a hangszalagok ezáltal a hang mélyül.

III. A tesztoszteron hatásai:

Feladatai: másodlagos nemi jelleg kialakulása, spermatogenezis megindítása és fenntartása, fehérjeszintézis, izomzat növekedése, csontnövekedés, külső férfi jelleg kialakulása, az alapanyagcsere növelése, nemi vágy kialakítása. Mennyisége: 4-9 mg/nap.

IV. Pubertás:

Fiúk esetében 11-13 éves korban kezdődik. FSH szint magas – spermatogenezis, LH - herék hormontermelése. Fejlődnek a nemi szervek: kialakul a prosztata, a mellékhere és az ondóhólyag végleges állománya, a nyugvó hám szecernáló hámmá alakul. Kialakulnak a másodlagos nemi jellegek: hónalj és szeméremszőrzet alakul ki, megjelenik a bajusz és a szakáll. Első éjszakai magömlés.

Lányoknál 9-11 éves korban kezdődik. FSH szint magas → tüszőérés. Petefészek hormontermelése megindul, megjelenik az első vérzés. Felgyorsul a növekedés. Kialakul a menstruációs és ovarialis ciklus. A belső és a külső nemi szervek, emlő kifejlődése. Hüvely nyálkahártyája megváltozik: benne tejsavképző baktériumok telepednek meg (savanyú vegyhatás). Másodlagos nemi jelleg kialakulása: clitoris megnagyobbodik, a kis- és nagy szeméremajakak megnövekszenek, a szeméremdomb területén zsírszövet jelenik meg, nőre jellemző zsírpárnák kialakulása, a csípő szélesedik.

V. A petefészek tüszőinek kialakulása:

Idő	Petefészek
terhesség 8. hete	600 000 éretlen praemeioticus csírasejt (oogonium)
terhesség 20. hete	az oogoniumok és a belőlük képződő primer oocyták száma eléri a 6-7 milliót
terhesség 20. hete után	a csírasejtek száma csökken kb. 400 000
pubertás kezdete	ez a szám 200 000

Tüszőnek (folliculus) nevezzük az endokrin sejtek halmazával és bazális membránnal körülvett csírasejtet.

VI. Hypothalamus-hypophysis-petefészek tengely:

A hypothalamus GnRH elválasztás (epizódikus, 60-100 percenként) → adenohypophysis gonadotropin sejtjei - FSH, LH közvetlenül hatnak a petefészek működésére, a tüszők kiválasztására, a tüszőérésre és a hormonok elválasztására → petefészek hormontermelése.

VII. Petefészekhormonok:

Ösztrogén: Az FSH stimulálja az androgének átalakulását ösztrogénekké.

Ösztrogén reproduktív hatásai: másodlagos nemi jelleg kialakulása, petesejtek érési folyamatának biztosítása, nemi szervek fejlődésének serkentése, a külső és belső nemi szervek méretének növelése, endometrium mirigyek fejlődésének kialakítása, méhizomzat ingerlékenységének fokozása, emlők növekedésének megindítása, méhnyak híg szekrétumának termelése, hüvelyi savi vegyhatás kialakítása, nemi vágy (libido) fokozása.

Ösztrogén hatása terhességben: méhizomzat ingerlékenységének fokozása, az emlők növekedése és a tejtermelő mirigyek növelése, tejszekréció gátlása, prosztaglandinok termelésének fokozása a terhesség végén.

Ösztrogén nem reprodukív hatásai: csontképződés fokozása, fehérjeállomány serkentése, anyagcsere növelése, a bőr alatti szövetekben zsír lerakódásának növelése, koleszterin anyagcsere befolyásolása, zsírszövet mennyiségének csökkentése, bőr kollagén szintézisének fokozása.

Progeszteron: gesztagén hatású hormon, a petefészek sárgatestjében (időszakos endokrin szerv) termelődik.

Progeszteron reprodukív hatásai: méhnyálkahártya előkészítése a terhességre, méhnyálkahártya szekréciós fázisának beindítása.

Progeszteron hatása terhességben: endometrium fejlődésének fokozása az embrió táplálása céljából, méhizomzat ingerlékenységének csökkentése, a méhösszehúzóerő gyakoriságának csökkentése, emlők előkészítése a szoptatásra, alveoláris sejtek fejlődésének fokozása, emlő növekedése.

Progeszteron nem reprodukív hatásai: termogenetikus hatás.

VIII. Női havi ciklus:

Az ovarialis ciklus follikuláris, ovulációs és luteális fázisa.

A follicularis fázis átlagosan 14 napig tart. A ciklus kezdeti szakaszára a sárgatest visszafejlődött és a progeszteronelválasztás megszűnt, ezen kívül ezekben a napokban az ösztrogénhormon szintézis is alacsonyabb szintű.

A korai follicularis fázisban nő az ösztrodiol-elválasztás. Ebben az FSH még magas szintjének és az LH-nak van szerepe. Az FSH növeli a granulosa-sejtek számát, az LH pedig fokozza a theca-sejtek androgén-szekrécióját, amelyeket a granulosa-sejtek ösztrogénné alakítanak. A granulosa-sejtszám növekedés következtében az inhibin hormon szekréciója is fokozódik és ezek a tényezők együttesen hatnak vissza a hypothalamus-adenohypophysis tengelyre, így pedig az FSH-elválasztás csökken. A kezdetben magas FSH-szint előkészíti a következő ovarialis ciklusokat, ekkor kerül besorozásra kb. 15-20 folliculus.

A follicularis fázisban a csökkenő FSH-szint szelektálja azokat a tüszőket, amelyek FSH-érzékenysége alacsony és ezek apoptózissal elpusztulnak. Az a folliculus marad meg és válik domináns tüszővé, amelynek FSH-érzékenysége nagy, és még az ekkor alacsony FSH-szint mellett is életképes.

A késői follicularis fázisban a domináns tüsző, benne a petesejttel felkészül az ovulációra és az LH-hatás eredményeként nagy mértékben alakul ki progeszteron is.

A késői follicularis fázis végére esik a mindössze 1-2 napig tartó preovulációs periódus. Ekkor a Graaf-tüsző intenzív növekedésével párhuzamosan a domináns tüsző ösztrogén-szekréciója fokozódik. Ez a kb. 48 óráig fennálló nagyon magas ösztrogénkoncentráció intenzív LH-, és

FSH-szekréción eredményez. Az LH-csúcs az ovuláció előtt kb. 35 órával kezdődik, maximuma az ovuláció előtt kb. 24 órával van. Az LH-/FSH-csúcs alatt fejeződik be az első meiosis. Az LH-csúcsot követően az ösztrogénszintézis csökken, tehát a granulosa-sejtben alig van $C_{21} \rightarrow C_{19}$ átalakulás, a felszaporodó progeszteron és 17-OH-progeszteron szekréción kerül. Az emelkedő progeszteronszint növeli a reggel mérhető testhőmérsékletet, így ebben az időszakban nagyobb a fogamzás lehetősége.

Az ovuláció során az érett petesejt kiszabadul a Graaf-tüszőből. Progeszteron hatására megindul többféle termék - például a ciklooxygenáz-2 (COX-2) – szintézise. Ennek hatására fokozódik a prosztaglandin-szintézis. Ezen jelenségek együttesen a petesejt körüli struktúrák meggyengüléséhez, a petesejt kiszabadulásához vezet: a tüszőt borító sejtek egy helyen („stigma”) elődomborodnak, a tüsző az elődomborodás helyén megreped, majd a petesejt a hasüregbe, a méhkürt nyílásához kerül. A folyamat során a tüszőből kiszabadult petesejt ebben az állapotban már alkalmas a spermiummal való egyesülésre és ezzel az utód létrehozására.

A luteális fázis kb. 14 nap. A megrepedt tüsző helyén az erekből vérzés indul meg és létrejön a corpus haemorrhagicum. Sárgatest képződik, amelynek kialakulása LH-függő. Progeszteron, 17β -ösztradiol, inhibin A képződnek. Ha a petesejt nem termékenyül meg, akkor az ovulációt követő 9-11 nappal a hormonszekréción csökken, és a sárgatest elsorvad, kialakul a corpus albicans. A sárgatest időszakos endokrin szerv: jelentős mennyiségű progeszteront válasz el, mely előkészíti a méhnyálkahártyát a terhességre. Terhesség esetén kb. 6 hétig működik, corpus luteum gravidatis, majd ezt követően a placenta termeli a hormonokat.

Az endometriális ciklus regenerációs, proliferációs, szekréción és menstruációs fázisa.

A regenerációs fázis a ciklus 3-4. napja, a menstruációs fázist követi, ekkor a nyálkahártya funkcionális rétege már nagyrészt levált és vérzés kíséretében a hüvelyen keresztül távozott.

A proliferációs fázis kezdetén a myometriumot csak egy 0.5 mm vastagságú bazális réteg fedi, majd a sejtek gyors oszlását az ösztradiol indítja meg és a stroma-sejtek a hormon hatására növekedési faktorokat is elválasztanak. Az egyre vastagodó endometriumban tubularis mirigyek jelennek meg és a folyamatosan kialakuló spirális lefutású artériák egyre hosszabbakká válnak. Ez utóbbi lépés, azaz az érproliferáción szintén az ösztradiol hatására következik be. A ciklus 14. napjára az endometrium eléri az 5 mm-es vastagságot.

Az endometriális ciklus 3. fázisa a szekréción fázis, amikor csökken az ösztrogén szintje, a progeszteron-elválasztás fokozódik és megindul az endometrium mirigyeinek szekréciónja. A fázisban bekövetkező változások mind az esetleg bekövetkező terhességre készítik fel a szervezetet, de bekövetkeznek azok a változások is, amelyek hatására megindul a nyálkahártya

lelökődése. A menstruációs fázisban, azaz az endometriális ciklus 4. fázisában a megtermékenyülés elmaradásával a sárgatest elsorvad, progeszterinhiány alakul ki és gyulladásos mediátorok szabadulnak fel, valamint megindul a prosztaglandin felszabadulás is, ami miatt méhkontrakciók és a spirális artériák kontrakciója alakul ki. Ezen kívül proteolitikus folyamatok is aktiválódnak. A proteázok bontják az erekben található kollagént, így növelik az erek áteresztőképességét. Mindezek következmények az endometrium funkcionális rétegének a lelökődése és a havi vérzés. A menstruáció 4-6 napig tart és ezalatt 30-50 ml vér, szövettörmelék és 15 mg vas távozik a női szervezetből.

IX. A terhesség:

A coitus során kb. 200 millió bejutó spermiumnak a méhkürtöt kell elérnie a megtermékenyítési folyamathoz. A spermiumok haladását a flagelláris mozgásuk és a méh kontrakciói segítik. A spermiumok megtermékenyítő képessége 48 óráig, míg a petesejt megtermékenyíthető állapota 24 óráig tart. Az acrosoma reakció révén a hímivarsejt bejut a petesejtbe és megtörténik a petesejt második redukciós oszlása. A hímivarsejt és a petesejt membránja összeolvad, megindul a sejtosztódás és a megtermékenyített petében kifejlődik az embrioblast és a magzatburkot, valamint a táplálórészeket kialakító trophoblast sejtek. A csíra felszínén trophoblast réteg alakul ki, míg belsejében embrioblastok vannak jelen. A trophoblast sejtek többrétegűvé alakulnak át, felszínük megnő és bolyhosszá válnak és ezek a trophoblast bolyhok teremtik meg a kapcsolatot az anyai szervezettel. A trophoblastból alakul ki a külső magzatburok, megvastagodott részéből pedig a méhlepény. A terhesség első heteiben a placenta hCG-t termel és jelentős szerepe van abban, hogy a sárgatest fennmaradjon a korai fázisban. A progeszteron elválasztást a sárgatest végzi, amely feladatot a méhlepény a terhesség 8. hetében átveszi. A progeszteron előállításához szükséges lipoproteinek a méhlepény az anyai vérkeringésből veszi fel és a képződött progeszteron fenntartja a terhességet. A méhlepény ösztorgént is előállít.

11. előadás

Bevezetés az immunológiába. Az immunrendszer felépítése. Az immunvédekezésben résztvevő sejtek. Immunglobulinok. Láz.

I. Az immunrendszer feladata, az immunitás, immunhomeosztázis:

Az immunrendszer feladata a szervezet identitásának fenntartása, a saját védelme az idegennel szemben és az idegen anyag felismerése és ezzel egybekötve az immunválasz adása.

Szervezetünk immunrendszerének hatékony működése az immunhomeosztázis. Az immunhomeosztázis fenntartásáért a veleszületett és az adaptív immunitás elemeinek együttműködése és egymásra épülése felel. A természetes (veleszületett) és szerzett (adaptív) immunitásnak különböző működésbeli jellemzői vannak, de a közös cél a szervezetbe bejutó patogének és a szervezet saját, de megváltozott struktúráinak eliminálása. Az adaptív immunrendszer sejtjeit a T-, és B-limfociták képzik, míg a természetes immunitás sejtjei a monocyták/macrofág sejtek, a dendritikus sejtek, a hízósejtek, a granulocyták és az NK-sejtek. Az emberi szervezet első védelmi vonalát a natív immunitás adja: antigén jelenlétekor azonnal működésbe lép, de nem rendelkezik memóriával és nem vihető át másik egyedbe. Az adaptív immunitás antigénre nézve specifikus és a természetes immunitás azonnali reakciójához képest, csak napokkal később lép működésbe, valamint memóriával is rendelkezik, mivel a lejátszódó védekező mechanizmus alatt memóriasejtek is képződnek és ez az immunitás egy másik elő szervezetbe is átvihető.

II. A gazdaszervezet védekező mechanizmusa:

- **Védelem első vonala**– behatolási kapun való bejutás megakadályozása – nem specifikus
- **Védelem második vonala**– sejtek, folyadékok; gyulladás és fagocitózis – nem specifikus
- **Védelem harmadik vonala**– antitestek termelése és memória sejtek létrehozása – specifikus

A szervezet második és harmadik védelmi vonalát tanulmányozó tudományág az immunológia.

III. Antigén, patogén, immunogenitás, tolerogenitás:

Mindazokat a struktúrákat, amelyeket az immunrendszer felismer, antigénnek nevezünk. Az antigének egy része patogén, de nem minden antigén patogén.

Patogén - azok az organizmusok, amelyek a szervezetbe jutva betegségeket okozhatnak: baktériumok, vírusok, gombák, paraziták (protozoák, férgek).

Tolerancia - sajátként felismert struktúrákat az immunrendszer „megtűri”.

A nem-sajátként felismert struktúrák → immunválasz - antigén semlegesítése, fajlagos elpusztítása, szervezetből való eltávolítása.

Immunogenitás: immunválaszt kiváltó képesség → effektor sejtek, ellenanyagok képződése

Antigén=immunogén.

Tolerogenitás: immunológiai válaszképtelenséget kiváltó képesség.

Antigenitás: képesség, mely által fajlagos reakcióba tud lépni az ellenanyaggal, immunsejtekkel.

IV. Az immunrendszer felépítése:

Nyirokrendszer

- tokkal körülvevett szervek
- lymphoid szövet
- nyirokerek rendszere

I. Elsődleges nyirokszervek - immunsejtek kialakulása - lymphopoiesis

1. Vörös csontvelő – B-lymphocyták érése, szelekciója ⇒ naív B sejtek

2. Csecsemőmirigy (thymus) – T-lymphocyták érése, szelekciója

II. Másodlagos (perifériás) nyirokszervek – az elsődleges nyirokszövetben

termelődött lymphocyták a perifériás nyirokszövetekben találkoznak először az antigénnel - szerkezeti egysége a **nyiroktüsző** (follikulus).

1. csoportosulva

- mandula, Peyer-plakkok

2. kötőszövetes tokkal határolt szerveket alkotnak

- lép, nyirokcsomók

3. elszórva, szabadon

- bőrrel asszociált immunsejtek hálózata - **SALT**
- nyálkahártyával asszociált nyirokszövetek –**MALT**
- légzőrendszerrel kapcsolt lymphoid szövet - **BALT**
- bélrendszerrel asszociált nyirokszövet – **GALT**
- Urogenitális traktusban

V. Az immunrendszer sejtjei:

Az immunrendszer sejtjei a különböző fehérvérsejtek, úgymint granulocyták, monocyták, limfocyták, NK-sejtek, valamint a dendritikus sejtek és hízósejtek.

A neutrophil granulocyták a bakteriális eredetű fertőzések leküzdésében és az idegen, jelölt anyagok bekebelezésében (phagocytosis) vesznek részt. A paraziták elleni védekezésben és az allergiás reakciókban töltönek be nélkülözhetetlen szerepet az eozinophil granulocyták. A basophil granulocyták jelentősége abban van, hogy hisztamint és heparint termelnek, így az allergiás reakciók alapvető elemei lesznek.

A monocyták a csontvelőben alakulnak ki és a vérrel jutnak el a különböző szövetekig, ahol macrophaggá alakulnak és az elsődleges szerepük a phagocytosis lesz. Ebben segíti őket a membránjukon található receptorok, amelyek az idegen anyagok felszínén lévő elemek felismerését végzik. A phagocytosist követően az elbontott anyag antigén determináns részét saját membránjukra helyezik, és ezzel prezentálják az immunrendszer további sejtjeinek, ezért nevezik őket hivatásos antigénprezentáló sejtnek (APC).

A lymphocytáknak háromféle alakja ismert: T-, B-lymphocyta és NK-sejt. Mindhárom alak a csontvelőben keletkezik, de amíg a B- és az NK-sejtek a csontvelőben, addig a T-sejtek a thymuszban érnek kompetens sejté. A lymphocyták az immunválasz kialakításában vesznek részt, az NK-sejtek pedig tumorsejtek és vírussal fertőzött sejtek pusztítását végzik.

A dendritikus sejtek (DC-sejt) a szövetekben találhatóak meg. Éretlen formában antigént ismernek fel, a szövetekből a nyirokcsomóba vándorolnak és ezalatt hivatásos APC-vé érnek, így pedig már alkalmassá válnak lymphocyta aktiválásra is.

A csontvelőben keletkező hízósejteknek fontos szerepe van az allergiás reakciókban, valamint a natív és az adaptív immunitás működésében.

Fehérvérsejt-alak	Összes fvs. %-a	Funkció
Neutrophil granulocyta	45-65	<ul style="list-style-type: none"> • phagocytosis (mikrophag) • gyulladásos folyamatok
Eosinophil granulocyta	1-3	<ul style="list-style-type: none"> • allergiás reakciók • paraziták elleni védekezés
Basophil granulocyta	<1	<ul style="list-style-type: none"> • heparin- és hisztamintermelés • allergiás reakciók
Monocyta	5-10	<ul style="list-style-type: none"> • phagocytosis (makrophag) • „hivatásos” APC
Lymphocyta	25-40	<ul style="list-style-type: none"> • immunválasz
NK-sejt	10	<ul style="list-style-type: none"> • cytotoxikus hatás
Dendritikus sejt	1	<ul style="list-style-type: none"> • „hivatásos” APC • lymphocyta-aktiválás

VI. Adaptív immunrendszer:

Abban, hogy a szerzett, vagyis az adaptív immunválasz elinduljon, illetve, hogy celluláris vagy humorális folyamatoknak játszódjanak le a kórokozók elpusztításakor, elsődleges szerepe van a veleszületett immunitásnak. Az adaptív immunrendszer a szervezet harmadik védelmi vonala, amelyet a B- és T-sejtek összehangolt működése jellemez, az antigén felismerés után. A szerzett immunitás működése csak egy bizonyos látenciaidő után indul meg, amikor megfelelő számban vannak jelen a receptort hordozó limfociták, emellett fajlagosság is jellemzi az adaptív immunválaszt, mivel effektor funkció csak az azokat kiváltó antigének ellen lép fel. A szerzett immunitást memória is jellemzi, mivel ha a szervezetbe bekerül ugyanaz az antigén a kialakuló primer immunválasz gyorsabban és jobb eredménnyel indítja meg a szekunder immunválaszt.

Jellemzők	Veleszületett Immunitás	Szerzett Immunitás
specifitás	nincs vagy alacsony	specifikus
kialakulás időtartama	gyors válasz (órák)	lassú válasz (napok, hetek)
memória	nincs	van
sejtek	Phagocyták (macrophagok, neutrophil granulocyták), NK sejtek	T lymphocyták, B lymphocyták,
jellemző molekulák	komplement, akut-fázis fehérjék, citokinek	antitestek, citokinek

VII. Immunglobulinok:

Az ellenanyagok, antitestek vagy immunglobulinok négy polipeptidláncból felépülő molekulák. A nehézláncok alapján öt csoportba sorolhatjuk az immunglobulinokat. Az IgM, IgG, IgD, IgE és az IgA a szervezet humorális immunvédelméért lesznek felelősek. Egy felnőtt, egészséges ember naponta 3 gramm immunglobulint termel, de a termelés mértéke függ a szervezetet körülvevő mikrobiális környezettől.

ELLENANYAG	FONTOS JELLEMZŐ	FUNKCIÓ
IgM	<ul style="list-style-type: none"> a naív B-sejtek felszínén elsőként megjelenő molekula az első Ig újszülöttkorban primer humoralis immunválasz során is szintetizálódik vérben, a nyirokban és monomerként a B-sejtek felszínén található meg 	<ul style="list-style-type: none"> a komplement rendszer aktiválásában, valamint a mikrobák és agglutináló antitestek ellen van fontos szerepe
IgG	<ul style="list-style-type: none"> az ellenanyagok 75%-a a vérben, nyirokban és a bélrendszerben található meg monomerként átjut a placentán 	<ul style="list-style-type: none"> komplementrendszer aktiválása antibakteriális ellenanyagok, vírusellenes antitestek tartoznak az IgG-k közé idegen anyagok opszonizálásával elősegíti a phagocytosist, a toxinok, vírusok neutralizálását anyai ellenanyagokkal képes ellátni a magzatot, amellyel védelmet nyújt a magzatnak és az újszülöttnak
IgD	<ul style="list-style-type: none"> a B-lymphocyta felszínén van jelen, és kis mennyiségben megtalálható a vérben, a nyirokban, mucosában és a basophil granulocyta felszínén nagy mennyiségben a felső légutak mucosájában van jelen 	<ul style="list-style-type: none"> a basophil granulocyta-hoz kapcsolódva gyulladás-keltő, antimikrobiális mediátorok termelését segíti elő
IgE	<ul style="list-style-type: none"> monomerként találhatóak meg a vérben, illetve basophil és eosinophil granulocyta felszínén 	<ul style="list-style-type: none"> allergiás reakciók során játszanak döntő szerepet paraziták elleni védelemben, azok lysisében fontosak
IgA	<ul style="list-style-type: none"> a testváladékokban (könnny, nyál, bálnedv, kolosztrum-előtej) van 	<ul style="list-style-type: none"> a nyálkahártya helyi védelemben játszik fontos szerepet lactacio esetén az újszülött emésztőrendszerének immunitását biztosítja

VIII. Túlérzékenységi reakciók:

A szervezetünket károsító túlérzékenységi vagy hiperszenzitív reakció akkor jön létre, ha az immunrendszerünk nem a megfelelő módon reagál az antigénre. Ez a kóros folyamat gyulladásához, a szövetek pusztulásához vezet és akkor alakul ki, ha ugyanazzal az antigénnel másodszor vagy többször találkozik a szervezetünk. Négy típusa különíthető el a túlérzékenységi reakcióknak, amelyek gyakran egyidejűleg jelennek meg a szervezetben.

TÚLÉRZÉKENYSÉGI REAKCIÓ	PÉLDÁK	Ig	JELLEMZŐ
I. típusú / azonnali túlérzékenységi (allergiás) reakció	1. pollen- 2. poratka- 3. étel- 4. gyógyszer-allergia	hízósejtekhez és basophil gr-hoz kötött IgE	<ul style="list-style-type: none"> <i>azonnali reakció:</i> hisztamin (és egyéb mediátorok) felszabadulása -> izom, ideg és más sejtekhez kötődnek -> tünetek: könnyezés, tüsszögés, viszketés, bőr kivörösödése, duzzanat <i>késői fázisú reakciója – LPR:</i> 8 órával az azonnali reakció után, több napig is eltart a gyulladásos folyamat (aktivált hízósejtek, basophil gr. és eosinophil gr. szerepe)
II. típusú túlérzékenységi reakció: citotoxikus reakció	1. transzfúziós reakció 2. újszülöttek hemolitikus betegsége	IgG és IgM	1. intravaszkuláris hemolízis -> lázas állapot, hemoglobin jelenik meg a vizeletben 2. a magzat vörösvértestjei immunizálják az anyja szervezetét – leggyakrabban Rh(D)-antigének esetén
III. típusú túlérzékenységi reakció: immunkomplex-mediálta reakció / „szérumbetegség”	1. SLE 2. polyarthritis nodosa 3. reumatoid arthritis	antigén-antitest komplex	ellenanyag-képződés megindulásakor nagy mennyiségű antigén van a keringésben -> antigéntúlsúlyban oldódó immunkomplexek keletkeznek -> nem eliminálódnak -> lerakódnak a szervezet különböző pontjain -> komplementrendszer aktiválása -> gyulladás, szövetkárosodás
IV. típusú túlérzékenységi reakció: késői típusú hiperszenzitivitás	1. kontakt hiperszenzitivitás 2. tuberkulin típusú reakció 3. granulóma kialakulását kísérő reakció	-	nem ellenanyagok, hanem aktivált sejtek közvetítik: citokinek macrophagokat vonzzanak a helyszínre

IX. A láz:

A láz pyrogének hatására történő testhőmérséklet növekedés. Az exogén pyrogének különböző fertőző ágensek anyagai, pl. baktériumok fala, míg az endogén pyrogének a monocyták, neutrophilek és macrophágok által felszabadított anyagok. A láz gátolja a hőérzékeny mikrobák szaporodását, gátolja a baktériumok vas felvételét és növeli az anyagcserét, ezzel pedig serkenti az immunválaszt.

Maghőmérséklet (rectalis, esophagealis +0.5 °C)

Normális: 36.5–37.5 °C

Hypothermia <35.0 °C

Hőemelkedés >37.5–38.3 °C

Hyperthermia, Láz >38.4–39.9 °C

Hyperpyrexia >40.0–41.5 °C

A hőmérséklet függ a mérés módjától, helyétől, a napszaktól is.

12. előadás

Idegi szabályozás. Érzőpályák. Érzékszervek. Kisagy. Az idegrendszer integratív működése. Hőszabályozás.

I. Az idegrendszer felosztása:

Az idegrendszer az élő szervezet „kommunikációs eszköze”. Működés alapján szomatikus és vegetatív idegrendszerre osztjuk. Tájékoztató szempontból központi (KIR) és környéki/perifériás idegrendszerre osztjuk. Alapvető sejtselemből: neuronok és gliasejtek.

A gliasejtek funkciói:

1. támasztó és szigetelő elemek
2. myelinizáció (myelin=velőhüvely) → gyors ingerületterjedést tesz lehetővé (Ranvier-féle befűződés)
3. extracelluláris folyadék ionösszetételének szabályozása
4. támogatják az idegsejt anyagcseréjét
5. elősegítik az idegsejtek növekedését, regenerációját

II. Szomatoszenzoros működés:

Az idegrendszer működése a hozzá befutó afferens információktól függ. A szenzoros működés = ingerek érzékelése, tulajdonságaik felismerése, tudatosulása, szubjektív átélése. Az objektív érzékelés: az érzőrendszer funkcionális anatómiai tulajdonságai határozzák meg az érzékelés elemi folyamatait. A szubjektív érzékelés: érzetek tudatosulása, érzelmi átélése, észlelet kialakulása. Az információ a szenzoros (érző) receptorok membránpotenciál változásaival veszi kezdetét - ezt nevezzük szenzoros potenciálnak vagy receptor potenciálnak.

Receptorok:

1. szabad idegvégződés, tokkal körülvett
2. szétszórtan vagy csoportosan elhelyezkedő receptorsejtek
3. érzékszervek

Tájékoztató:

- a test felszínéről, nyálkahártyáról
- a végtagok helyzetéről
- bőrt és néhány belső szervet érintő károsító ingerről
- bőrt érő hőhatásokról (kontakt, sugárzó)

Az idegrendszert az érzőreceptorok tájékoztatják a külvilágról és a szervezet belső állapotáról.

Az exteroceptorok, azaz a bőr és nyálkahártyák mechano-, termo-, kemo- és nociceptív

receptorai tájékoztatják a szervezetet a külső környezetről, míg a szervezet belsejének aktuális állapotát az interoreceptorok továbbítják. A távoli, külső ingerek telereceptorokon keresztül hatnak, a kontaktreceptorok viszont kapcsolatban állnak az ingerrel. A specifikus proprioceptorok a test, illetve a testrészek helyzetéről szolgáltatnak információt. Az ártalmas ingerekről adnak hírt a nociceptorok, amik szabad idegvégződéses, körülöttük nincs kötőszövetes tok, megtalálhatóak a bőrben, a bőr alatti kötőszövetben, a csontban, ízületekben, izmokban és a fogbélben, agyburokban is. A visceroreceptorok például a bélnyálkahártyában megtalálható érző receptorok, feladatuk a belső szervekben lejátszódó folyamatok érzékelése. A kinezetízis receptorok a mozgásérzékelésben (pl. karhajlítás, lábfeszítés), a testhelyzet alakításában, a testrészek egymáshoz való viszonyában, illetve a mozgásban játszanak szerepet.

III. Érzőpályák:

Az érzőreceptorokból kiinduló afferens ingerületek egy része az agykéregben tudatosul; az információ emlékképek formájában rögzülhet. Az afferens ingerületek a limbikus rendszeren keresztül affektív reakciókat is kiválthatnak: az ingerekkel kiváltott érzeteket kellemeseknek vagy kellemetleneknek érezzük. A primer afferens neuron vagy a szenzoros sejthez kapcsolódó afferens neuron a központi idegrendszerben többször átkapcsolódik. Az érzőpályák nagy része a thalamusban csatlakozik át. A thalamocorticalis projekció éri el a megfelelő agykérgi primer szenzoros areát. Az érzékelés tudatosulásának (percepció) feltétele a szenzoros area épsége.

A KIR (központi idegrendszer) az ingerületek 4 egymástól független jellemzőjét detektálja:

1. inger minősége (pl.: látási vagy hallási inger)
2. inger intenzitása
3. inger behatásának időtartamát
4. inger forrásának helyét (lokalizáció)

Az érzőpályákat anatómiai és működésbeli szempontból két részre osztjuk: lemniscus medialis rendszer és anterolaterális rendszer.

Lemniscus medialis rendszer:

- primer afferens neuronjai a gerincvelő hátsó kötegében haladnak felfelé
- szállítja a különböző taktilis információkat
- szállítják azokat a proprioceptív ingerületeket, amelyek tudatosulnak

Anterolaterális rendszer:

- primer afferenseik a gerincvelő hátsó szarvában csatlakoznak át, ahonnan a másodrendű neuronok anterolaterális kötegben haladnak felfelé
- szállítják a nociceptív információkat és bizonyos durva taktilis ingerületeket és HŐÉRZETET

A szervezetünket érő vagy a szervezetünkben keletkező fájdalmas ingerületeket és a nem ártalmas hőmérsékletváltozásokat az anterolaterális rendszer idegei érzékelik. Az anterolaterális rendszer vagy tractus spinothalamicus (nem tekinthető teljesen szinonimának, mivel az anterolaterális rendszerben más felszálló pályák is futnak, amelyek funkciója eltér a tractus spinothalamicustól) a szomatoszenzoros rendszer része a hátsó köteg-lemniscus medialis rendszer mellett. A rendszer jellemzője, hogy az elsőrendű neuronok sejttestjei a hátsó gyöki ganglionban találhatóak, míg axonjaik szomatoszenzoros receptorokkal szimpatizálnak. A másodrendű neuronok axonjai átkereszteződnek a gerincvelőben és ezek szállítják az ellenoldali thalamusban történt átkapcsolás után az elsőrendű neuronoktól kapott információkat. A thalamusból a harmadrendű neuronok a szomatoszenzoros információt az érzőkéregbe szállítják, ott átadják a negyedrendű neuronoknak és megtörténik a fájdalom lokalizálása. A prefrontális kéregbe jutó információ alapján történik a fájdalom átélése és az érzelmi hatások létrehozása, a hypothalamus pedig a fájdalmat kísérő vegetatív tünetek kiváltását irányítja.

Fájdalom:

Éles, akut fájdalom tünetei (szimpatikus aktivitás kíséri): tachycardia, vérnyomás-emelkedés, nagyfokú verejtékezés, piloerectio, pupillatágulat.

Mély, éles fájdalom (pl. a heréből, csontból vagy a csonthártyából kiinduló): bradycardia, vérnyomás-csökkenés, agyi perfúzió csökkenése, ájuláshoz vezethet.

ENDORFIN: az endogén opioid peptidek gyűjtőneve, amelyek neurotranszmitterekként működnek, a hypophysisben és a hypothalamusban termelődnek fizikai hatásokra, izgalmi állapot esetén, fájdalomérületkor, fűszeres ételek fogyasztásakor és az orgazmus időpontjában esetén → fájdalmat csillapítanak és kellemes érzést idéznek elő.

Viszketés:

Az érzet rokonságban áll a fájdalommal. Szabad idegvégződés felől váltódik ki a viszketés érzete. Ingere vakarási reflexet vált ki. Viszketés kiváltása: bőr mechanoreceptorainak ingerlése, kémiai anyagok is előidézhetik: hisztamin.

Termorecepció:

A bőr, a száj- és orrüreg, a garat, valamint a végbél hőmérsékletét termoreceptorok érzékelik. A hőszenzibilitás pontszerű: megfelelő hőmérsékletű, kis átmérőjű vizsgáló szondával hideg- és melegérzékeny pontokat lehet elkülöníteni.

Termoreceptorok: a bőr felszínétől 1 mm mélységben helyezkednek el, ingerületátadásuk függ:

1. bőr hőmérsékletétől
2. receptorok környezetének véráramlásától

- Melegérzékelő-receptorok – 30-45 °C az érzékenységi tartománya
- legnagyobb érzékenységet 38-43 °C mutat
- >45 °C ingerelve paradox hidegérzés jelentkezik
 - Hidegérzékelő-receptorok – 10-40 °C az érzékenységi tartománya
 - 23-28 °C között adnak le maximális frekvenciával ingerületet
 - <10 °C a receptorok ingerületátadása megszűnik
 - Semleges zóna: 32-33 °C

IV. Érzékszervek működése:

Látás:

- agyunk a külvilágról szóló információk nagy részét az elektromágneses sugárzások 400-700 nm hullámhossz közötti tartománya (ún. látható fény) érzékelése, a látás alapján szerzi meg
- a látórendszer két fő részből áll:
 1. perifériás érzékszervben, a szemben foglal helyet az **optikai rendszer és a retina**, mely tartalmazza a **fotoreceptorokat**, továbbá a fényingerek feldolgozásához szükséges kezdeti neuronkapcsolatokat (a fotoreceptorok és idegi összeköttetések a központi idegrendszer részét képezik)
 2. **látópálya és a kéreg** elemzik és szintetizálják a retinában már előzetesen feldolgozott vizuális jeleket
- a retinában a háromdimenziós tér kétdimenziós képpé alakul, majd a központi idegrendszeri pálya a 2D képből rekonstruálja a 3D érzetet

A szem fénytörő közegei:

1. szaruhártya (cornea) – fő törőközeg
2. csarnokvíz (humor aquaeus)
3. lencse – fő törőközeg
4. üvegtest (corpus vitreum)

Fénytörés egysége a dioptria (méterben mért fókusz távolság reciproka). A távolba néző szem teljes fénytörése kb. 60 dioptria.

Az emmetrop, azaz a normális szem távolra és közelre nézésre is élesen képezi le a tárgyat a retinán. Abban az esetben, ha a szemünk ametrop, az optikai rendszer a retina elő vagy mögé képezi le a tárgyat. Az ametropia egyik típusa a rövidlátás, vagyis a myopia, amikor is a távoli tárgy leképződése a retina előtt történik. Ha a tárgy képe a retina mögé kerül, akkor távollátásról, hypermetropiáról beszélünk. Myopia leggyakrabban akkor alakul ki, ha a szem

anteroposterior átmérője túl hosszú, míg hypermetropia esetén a szem anteroposterior átmérője túl rövid. Az ametropia korrigálható, a myopia szórólencsével, a hypermetropia pedig gyűjtőlencsével.

A környezetünk azon részét, amelyből a mozdulatlan szemünk a vizuális ingereket érzékeli, látótérnek nevezzük. A bal és a jobb szemünkben is elkülönítünk egy temporális látótérfelet és egy nasális látótérfelet. A szemünk a nasális fél látótérből a temporális retinafélbe, a temporális fél látótérből pedig a nasális retinafélbe vetíti a szem által látott tárgyakat.

A retinális ganglionsejtek axonjai képezik a nervus opticust. Az agy felé haladva az axonok a chiasma opticumba lépnek be, ahol a nasális retinafélből induló rostok kereszteződnek, a temporális retinafélből jövő rostok viszont kereszteződés nélkül haladnak tovább. Ez a hemidecussatio, azaz részleges átkereszteződés. Emiatt a jobb agyféltekéhez a bal oldali nasális retinafélből és a jobb oldali temporális retinafélből érkező rostok jutnak, míg a bal agyféltekéhez a jobb oldali nasális retinafélből és a bal oldali temporális retinafélből érkező rostok kerülnek. Összefoglalva elmondható, hogy a két agyfélteke az ellenkező oldali vizuális információkat dolgozza fel, hiszen amíg a jobb oldali féltekében a szemeink teljes látótérének bal fele képződik le, addig a bal oldali agyféltekében a látótér jobb oldaláról érkező információk feldolgozása történik meg.

Hallás:

Egészséges emberi szervezetben a külvilágból érkező hangok a dobhártyán és a középfülön át a légvezetés segítségével jutnak el a belső fülig, de a hangot a koponyacsontok is vezetik, ezért a hangok rezgései csontvezetéssel is elérhetnek a belső fülhöz, megkerülve ezzel a középfület. A csontvezetés felelős a saját hangunk felismeréséért, hiszen ha például hang-, vagy videófelvételt hallgatjuk vissza a saját hangunkat, azt idegenként érzékeljük, mivel ilyen esetben hiányzik a csontvezetés. Az ingerküszöb csontvezetés esetén magasabb.

Az auditív periféria központi része a belső fül, és benne a Corti-féle szervvel és a nervus cochlearis rostjaival.

1. Külső fül:

- *Fülkagyló:* elősegíti a hangrezgések irányítását a dobhártyához (légvezetés)
- *Külső hallójárat:* rezonátor - a dobhártyához érkező hangrezgéseket néhány dB-lel felerősíti
- *Dobhártya:* felveszi a levegőn keresztül érkező hangrezgéseket, melyet a hallócsontocskák (középfülben) továbbítják a csigába (belső fülben)

- az izomösszehúzóerő erejét a váratlanul felmerülő ellenállás- változáshoz igazítja
- kivédi a tremort

3. cerebrocerebellum:

- mozgások tervezésében és leállításában dolgozik
- a mozgások tanulásában és rögzülésében van szerepe
- az agonista és antagonisták izmok működésének koordinálása
- a mozgás folyamatos megszüntetése

A cerebrocerebellum az agykéregből jövő információkat analizálva rész vesz a motoros működés tervezésében és a parancs kiadásában, erről értesül a spinocerebellum és ellenőrzi a parancs megfelelő végrehajtását, illetve kezdeményezi az esetleges korrekciókat.

Integratív agykérgi funkciók: alvás/ébrenlét ciklus, tudatosság, gondolkodás, nyelv, memória, motiváció, érzelem.

A szervezet homeosztázisának szabályozása, azaz az energetikai, víz- és hőszabályozás központja a diencephalonban van.

A köztiagy (diencephalon) három részből áll: hypothalamus és thalamus, valamint a III. agykamra (ventriculus tertius) és az azt határoló részek alkotják.

- itt találhatók a specifikus szenzoros sejtek, amelyek a funkció változását érzékelik (jelzőmolekula koncentráció változása).

VI. Hőszabályozás:

Az egészséges ember homeotherm, azaz a testhőmérséklet csak szűk határok között változik bármiféle környezeti tényező vagy fizikai aktivitás ellenére is. Az emberi szervezet belsejének hőmérséklete a maghőmérséklet, amelynek átlagértéke 36.1-37.0 °C. A köpenyhőmérséklet pedig a test felszínének hőmérséklete, amelynek értéke szélesebb skálán változhat, mint a maghőmérséklet. A test hőmérsékletének szabályozását a hőszabályozó központ végzi, amely az elülső és hátsó hypothalamusban található, de ezen kívül jelentős szerepe van az autonóm idegrendszeri szabályozásnak is. A vegetatív idegrendszertől a hypothalamus a bőr, a gerincvelő, a hasi és mellkasi szervek, az agy egyéb területén lévő termoreceptorokból is kap információkat. Emellett a szomatikus idegrendszer az akaratlagos mozgások vázizmok általi kivitelezésével szintén biztosítja a megfelelő hőmérséklet a szervezetnek.

A hőszabályozásban a hypothalamusnak van főszerepe. A szabályozásba bekapcsolódó szenzoros neuronok az áramló vér hőmérsékletét érzékelik és a hőmérsékletváltozásra képesek

a frekvenciájukat változtatni. Ezek között a neuronok között vannak hűtésre és melegítésre érzékeny sejtek is. A hypothalamus mellett a belső szervekben is vannak termoreceptorok, ezek a mély termoreceptorok, míg a bőrben, szájüregben, garatban és végbélben perifériás termoreceptorokat találunk. A hőszabályozó központ része a melegítő központ és a hűtőközpont. Az ingerületnek megfelelően indítják meg a hypothalamusból induló projekciók azokat a folyamatokat, amelyek révén helyreáll a maghőmérséklet. Testhőmérséklet emelkedése esetén a hőszabályozó központban áramló vér hőmérséklete emelkedik, emiatt a hűtőközpont a bőr ereit kitágítja, bekövetkezik a kipirulás, eközben a bőr hőmérséklete megemelkedik és a sugárzásos hőleadás nő. A verejtékezés is fokozódik, azaz a párologtatás folyamata erősödik. Ezek miatt a szervezet hőmérséklete csökkenni fog. A test hőmérsékletének csökkenésekor csökken a hőszabályozó központban áramló vér hőmérséklete, emiatt fokozódni fog a melegítő központ működése. Megjelenik a remegés, didergés, azaz fokozódik az izomműködés, ami hőtermelést eredményez. Eközben a bőr erei összehúzódnak, így csökken a vezetékes hőleadás és a verejtékezés is megszűnik. Végeredményben a szervezet hőmérséklete emelkedni fog.

A hypothalamusban található hőszabályozó központ felelős a testhőmérséklet biztosításáért. Hideg környezetben a test hideg receptorai által a hypothalamusba közvetített információk alapján megindul a vérerekben az összehúzódás, fokozódik az akaratlagos izommunka, valamint az anyagcsere is fokozódik. Meleg környezetben a meleg receptorok révén fokozódik a belső hőáramlás, a kapillárisok vérátáramlása nő, fokozódik a verejtékezés, megtörténik a hőleadás, a hypothalamus beállítja a megfelelő hőmérsékletet.

A hő a szervezetből sugárzással, vezetéssel és áramlással, valamint párolgással távozik. Az emberi szervezet és a közeli vagy távolabbi környezete közötti hőcserélődés sugárzásos, ez a folyamat arányos a sugárzásnak kitett testfelület nagyságával. A szabad testfelületről hő sugárzik a környezetbe, ami a szervezetnek hővesztést jelent, azonban ha a környezetben lévő testek melegebbek, a szervezet elnyeli ezt a hősugárzást és ez hőnyereséget jelent. A szervezettel érintkező közeg a vezetékes hőleadással melegíthető fel, ha hideg tárgyakkal érintkezünk, a vezetékes hőleadás növekszik és akár veszélyessé is válhat az így bekövetkező helyi lehűlés, vagy halálos kimenetelű is lehet a teljes test kihűlése. Áramlásos hőleadás jön létre abban az esetben, amikor a szervezet folyamatosan megújuló levegőréteggel találkozik. Az emberi szervezetben a párolgás, azaz a párolgásos hővesztés állandó jellegű. A bőr felsőbb rétegeiből folyamatosan történik párolgás, valamint a felső légutak nyálkahártyájából folyó perspiratio insensibilis is a párologtatás része. Ha több hőtől kell megszabadulnunk, akkor

megindul a perspiratio sensibilis, azaz az izzadás és ezzel a párologtatással a szervezetünk képes megszabadulni a hőtermelési többlettől.

Felhasznált irodalom

1. DR. ÁNGYÁN Lajos: Bevezetés az ember élettanába II. kötet
2. DR. TÖRÖK Béla: Funkcionális anatómia
3. FONYÓ Attila: Az orvosi élettan tankönyve

http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_524_Elettan/adatok.html

4. DR. ORMAI Sándor: Élettan-Kórélettan
5. SH Atlasz: Élettan
6. Lippincott Professional Guides: Anatomy & Physiology
7. DR. SZÉKELY Miklós: Kórélettan II. kötet
8. DR. GÖBL Gábor: Oxiológia
9. GUYTON & HALL: Textbook of Medical Physiology, 12 e. SAUNDERS
10. MARTINI, NATH: Fundamentals Anatomy & Physiology, 9 e.
11. OLÁH A. – STROMÁJER-RÁCZ T. – RADNAI B.: Élettan-kórélettan
<http://tamop.etk.pte.hu/elettan/>