

Traffic across membranes

Solukalvo eli membraani

Solukalvo ympäröi kaikkien eliöiden soluja. Lisäksi kalvo ympäröi mm. tumaa, Golgin laitetta, mitokondriota ja lysosomeja. Solukalvo on solun suoja ja portti. Se huolehtii siitä, että aineet pääsevät sisään ja ulos juuri oikealla tavalla. Tämä mahdollistaa mm. solun sisäisten olosuhteiden – homeostaasin – säilymisen vakioina. Lisäksi solukalvo toimii osana viestivälitystä solun ja sen ympäristön välillä.

Solujen kalvorakenteiden tärkeimpiä rakennusaineita ovat fosfolipidit. Fosfolipidin toinen pää on sähköisesti varautunut ja toinen pää neutraali. Sähköisesti varautunut pää on vettä kohti hakeutuva (hydrofiilinen) ja neutraali pää taas vettä karttava (hydrofobinen) Solukalvon rungon muodostaa kaksi fosfolipidikerrosta, ns. kaksoisketto, jossa hydrofobiset päät ovat asettuneet keskelle toisiaan vasten.

Solukalvossa on myös proteiineja, joilla on monenlaisia tehtäviä. Kalvoproteiineja ovat kuljettaja-, rakenne-, kiinnittymis- ja reseptoriproteiinit sekä ionikanavat. Kalvoproteiinit ovat uponneina jommalle kummalle puolelle lipidikerroksia tai ne ulottuvat kerrosten läpi. Sekä lipidit että proteiinit voivat liukua kalvolla. Näin solukalvon muoto voi muuttua ilman, että se vaurioituu. Puhutaan uivasta mosaiikista.

Solukalvo on puoliläpäisevä kalvo. Jotkin aineet voivat liikkua vapaasti kalvon läpi, joidenkin liikkuminen vaatii erityisiä kuljetustapoja. Yksittäisen aineen kuljetustapa riippuu sekä aineen pitoisuudesta, sen kemiallisesta koostumuksesta (esim. sähköinen varaus) että molekyylien koosta.

Pienimolekyyliset aineet pääsevät soluun ja sieltä ulos siirtymällä joko suoraan solukalvon läpi tai solukalvon kalvoproteiinien muodostamista aukoista. Esim. happi ja hiilidioksidi läpäisevät kalvon helposti, ja rasvaliukoiset aineet (mm. etanoli ja monet vitamiinit) liukenevat lipidikerrokseen. Molemmassa tapauksessa on kyseessä diffuusio, eli ainetta siirtyy suuremman pitoisuuden puolelta pienemmän pitoisuuden puolelle. Tapahtumaan ei tarvita energiaa, joten sitä kutsutaan passiiviseksi kulkeutumiseksi. Avustetussa diffuusiosta kuljetettava aine liittyy väliaikaisesti kuljettajaproteiiniin, joka päästää aineen irti solukalvon toisella puolella. Avustettu diffuusio on kulkumuoto aineille, jotka eivät mahdu solukalvon aukoista. Suunta on suuremmasta pitoisuudesta pienempään.

Kun aineiden pitää siirtyä pienemmästä pitoisuudesta suurempaan (konsentraatiogradienttia vastaan), ne pitää aktiivisesti kuljettaa solukalvon läpi. Aktiivisenkin kuljetus tapahtuu kuljettajaproteiinien avulla. Tämä vaatii energiaa, joka saadaan ATP:sta. Toinen aktiivisen kuljetuksen muoto on pienten, sähköisesti varautuneiden aineiden siirtyminen solukalvon läpi. Ne siirtyvät proteiinien muodostamien ionikanavien kautta.

- Muodostuu fosfolipideistä ja proteiineista
 - Fosfolipidit kahdessa kerroksessa, proteiinit jommalla kummalla pinnalla tai läpi
 - Proteiineja kuljettaja-, rakenne-, kiinnittymis- ja reseptoriproteiinit sekä ionikanavat.
- Puoliläpäisevä kalvo – jotkin aineet liikkuvat vapaasti kalvon läpi, joitakin täytyy kuljettaa
 - Kuljetustapa riippuu aineen pitoisuudesta, molekyylien koosta ja kemiallisista ominaisuuksista (mm. sähköinen varaus)
- Passiivinen ja aktiivinen kuljetus
 - Passiivinen kuljetus
 - Täysin passiivinen l. diffuusio
 - Pienimolekyyliset aineet
 - Rasvaliukoiset aineet
 - Avustettu diffuusio
 - Väliaikainen liittyminen kuljetusproteiiniin
 - Aineille, jotka eivät mahdu solukalvon aukoista
 - Ei vaadi energiaa
 - Aktiivinen kuljetus
 - Konsentraatiogradienttia vastaan
 - Kaksi tapaa
 - Kuljettajaproteiinien avulla
 - Energia ATP:sta
 - Ionikanavien kautta
 - Pienet, sähköisesti varautuneet aineet

The four levels of protein structure

Proteiinien rakenne

Proteiinit ovat aminohapoista koostuvia polypeptidejä, joissa aminohapot ovat liittyneet toisiinsa peptidisidoksilla. Proteiinien rakenteessa on usein neljä tasoa, mutta tasoa on aina vähintään kolme. 1) Proteiinin aminohappojen järjestys muodostaa sen **primaarirakenteen**. 2) Polypeptidiketjun kolmiulotteinen muoto on sen **sekundaarirakenne**, jossa ketju on joko kiertynyt serpentiinimäiseksi kierteeksi tai laskostunut. Sekundaarirakenne määräytyy primaarirakenteen perusteella: aminohapoissa on sivuryhmiä, joiden tilantarve ja vuorovaikutukset pakottavat yksinkertaiset sidokset kiertymään. Sekundaarirakennetta pitävät koossa vetysidokset. 3) **Tertiaarirakenne** on koko ketjun pakkautusmuoto. Kierteiset ja laskostuneet ketjut muotoutuvat pallomaisiksi sykeröiksi tai kiertyvät pitkänomaisiksi kuiduiksi. Tertiaarirakenteen tukena ovat vetysidosten lisäksi aminohappojen sivuryhmien väliset rikkisillat, van der Waalsin sidokset ja ionivuorovaikutukset. Esimerkiksi lihaksen myosiini on kuitumainen. 4) **Kvarternaarirakenteella** tarkoitetaan kahden tai useamman polypeptidiketjun sitoutumista yhteen erilaisin sidoksin.

- Primaarirakenne
 - Aminohappojen järjestys
- Sekundaarirakenne
 - Kiertyminen tai laskostuminen
 - Aminohappojen sivuryhmien tilantarve ja vuorovaikutukset
 - Vetysidokset pitävät koossa
- Tertiaarirakenne
 - Koko ketjun pakkautusmuoto
 - Pallomaiset sykeröt tai kuidut
 - Vetysidokset, rikkisillat, van der Waalsin sillat ja ionivuorovaikutukset
- Kvarternaarirakenne
 - Kahden tai useamman polypeptidiketjun sitoutuminen yhteen erilaisin sidoksin

Solusignaloinnin kolme vaihetta (three stages of cell signalling)

Soluviestintä eli solusignalointi tarkoittaa soluun suuntautuvaa viestintää ja siihen reagoitua. Solut muuttavat toimintaansa ympäristöstä saapuvien viestien mukaisesti. Monisoluisien eliöiden solujen täytyy jatkuvasti viestiä keskenään pystyä toimimaan kokonaisuutena. Kukin solu reagoi viesteihin sen mukaan, millaiseksi solu on yksilönkehityksen aikana erilaistunut. Solusignalointi voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen 1) vastaanottoon, 2) transduktoon ja 3) vasteeseen. Ensimmäisessä vaiheessa (vastaanotto) soluun saapuu viesti solun ulkopuolelta, tyypillisesti jonkin signaalimolekyylin, esimerkiksi hormonin kuljettamana. Hormoni sitoutuu solun pinnalla olevaan reseptoriin. Seuraava vaihe on transduktio, jossa reseptori aktivoi jonkin solun sisällä olevan molekyylin, joka kuljettaa signaalin eteenpäin. Viimeinen solusignaloinnin vaihe on vaste, jossa solu toimii signaalin edellyttämällä tavalla – signaali saattaa esimerkiksi johtaa tiettyjen geenien aktivoitumiseen tumassa.

- Solusignalointi = soluun kohdistuva viestintä ja siihen reagoitua
 - Solut muuttavat toimintaa
 - Monisoluisilla eliöillä kokonaisuutena toimimisen ehdoton edellytys
- Solun reaktio signaaliin riippuu sen erilaistumisesta
- Kolme vaihetta
 - Vastaanotto
 - Soluun saapuu viesti ulkopuolelta
 - Signaalimolekyylit, esim. hormonit
 - Molekyylit sitoutuu solun pinnalla olevaan reseptoriin
 - Transduktio
 - Viesti välitetään eteenpäin solun sisällä
 - Solunsisäinen molekyylit sytoplasmassa
 - Vaste
 - Solu toimii signaalin edellyttämällä tavalla
 - Esimerkiksi tiettyjen geenien aktivoituminen tumassa

Hiussuonet verenkierron säätelyssä (s. 217)

Hiussuonet ovat kaikkein ohuimpia verisuonia: niiden sisäläpimitta on suunnilleen sama kuin punasolun leveys. Vain noin 5% veren kokonaismäärästä on kulloinkin hiussuonissa. Hiussuonia sulkevat erityiset sileästä lihaskudoksesta muodostuneet sulkijat, prekapillaarisfinkterit. Niitä on juuri ennen hiussuonia olevissa pienissä valtimoissa, muttei itse hiussuonissa.

Sfinktereiden toimintaa säätelee osaltaan kudosten happipitoisuus. Kun happea on kudoksissa niukasti, hiussuonet ovat avoinna keskimääräistä kauemmin ja virtaus niissä on vilkas. Myös hiilidioksidi ja muutkin kudoksissa olevat aineet avaavat sulkijoita. Niihin vaikuttavat myös eräät hormonit ja hormonien kaltaiset aineet.

- Pienimpiä verisuonia
- Vain noin 5% verestä hiussuonissa
- Erityiset sulkijat kontrolloivat virtausta hiussuoniin
 - Sijaitsevat valtimoissa ennen hiussuonia, prekapillaarisfinkterit
 - Hiilidioksidit ja muut aineet avaavat sulkijoita
 - Hormonit ja hormonien kaltaiset aineet vaikuttavat
 - Kudosten happipitoisuus säätelee toimintaa
 - Kun happea niukasti, hiussuonet avoinna, virtaus vilkas

Sydämen toimintakierto (s. 194)

Sydän on ontto, nelilokeroinen (kaksi eteistä; vasen ja oikea sekä kaksi kammiota; niin ikään vasen ja oikea) lihas, joka on erikoistunut pumppaamaan verta verisuonistoon. Se koostuu kahdesta erillisestä puoliskosta, joista vasen puoli pumppaa verta suureen verenkiertoon ja oikea puoli pieneen verenkiertoon. Sikiökauden jälkeen puoliskojen välillä ei normaalitilanteessa ole suoraa yhteyttä, mistä johtuen voidaan sanoa, että sydämessä on käytännössä kaksi erillistä, sarjaan kytkettyä pumppua.

Sydämen toimintakiertoon kuuluu kaksi vaihetta: supistumisvaihe eli systole ja veltostumisvaihe eli diastole. Toimintakierto on samanlainen sydämen molemmille puoliskoille. Sydämen toimintajakso alkaa, kun oikean eteisen yläosassa, lähellä yläonttolaskimon suuta sijaitseva sinussolmuke (*SA node*) saa aikaan sen käynnistävän impulssin, jonka levitessä kolmen eteisjohtoradan kautta eteisiin ne depolarisoituvat (EKG:n P-aalto) ja supistuvat, jolloin kammioiden täytyminen tehostuu (kammiot täyttyvät tätä ennen myös passiivisesti). Kammioiden puolelle supistumiskäskey kulkee eteis-kammiosolmukkeen (*AV node*) ja ns. Hisin kimpun (eteis-kammiokimppu, *AV bundle*) kautta siten, että ennen kammioiden siirtymistään impulssi hidastuu noin 0,1 sekuntia, mikä mahdollistaa eteisten supistumisen ennen kammiota. Kammioiden supistumisessa voidaan erottaa kolme vaihetta: kammioväliseinän depolarisaatio (EKG:n Q-aalto), kammioiden päämassan depolarisaatio (EKG:n R-aalto) ja kammioiden etäisten osien depolarisaatio (EKG:n S-aalto). Kammioiden supistumista seuraa kammioiden repolarisaatio ja veltostuminen (EKG:n T-aalto).

- Eteiset supistuvat
 - P-aalto
 - Sinussolmuke käynnistää
 - Eteisjohtoradat
- Kammiot täyttyvät verellä
- Kammiot supistuvat
 - Kolme vaihetta, Q-, R- ja S-aalto
 - Eteis-kammiosolmuke, AV-node, Hisin kimppu
- Kammiot veltostuvat
 - T-aalto

Lämmönsäätely (s. 423)

Elimistö säätelee lämpötilaansa kontrolloimalla sekä lämmönmuodostusta että lämmönhukkaa. Lähtökohta on se, että lämmönmuodostus ja lämmönhukka ovat yhtä suuria – ihminen on siis tasalämpöinen. Tämä on tärkeää monien elimistön entsyymien toiminnan kannalta. Lämmönsäätelystä vastaa hypotalamuksen lämmönsäätelykeskus, jonka toimintaan vaikutta pääasiassa veren lämpötila, mutta jossain määrin myös ihon lämpötilareseptoreiden toiminta. Keskukseen toiminta vaihtelee myös jonkin verran vuorokaudenajan mukaan.

Lämmönhukka tapahtuu säteilyn, johtumisen ja veden haihtumisen avulla. Lämmönhukka säätyy ennen kaikkea ihon verenkierron ja vaatetuksen avulla. Ihon pintakerrosten verenkierto vähenee kylmällä ilmalla. Samalla lämmönhukka pienenee. Lämpimällä ilmalla tapahtuu päinvastainen ilmiö: iho tulee verekkääksi pintaverenkierron vilkastuessa. Lämmönsäätelykeskus säätelee verisuonten supistustilaa osaksi hermoston ja osaksi hormonien välityksellä. Kylmällä ilmalla ihon verisuonia supistavat sekä sympaattiset hermosyyt että katekoliamiinit.

Lämmönmuodostus perustuu aineenvaihduntareaktioihin. Lepotilassa syntyy maksassa ja lihaksissa kummassakin noin 15% kaikesta elimistön tuottamasta lämmöstä. Lämpötilan laskiessa lihasten tonus lisääntyy ja ne alkavat väristä tuottaakseen lämpöä. Varsinkin kylmissä oloissa merkittävä osa lämmönsäätelyä on tahdonalaista toimintaa: vaatteiden käyttöä ja tietoisia lihasliikkeitä.

- Kontrolloidaan lämmönmuodostusta ja lämmönhukkaa
 - Molemmat yhtä suuria => tasalämpöisyys
 - Entsyymien toiminta
- Hypotalamuksen lämmönsäätelykeskus vastaa
 - Veren lämpötila
 - Ihon lämpötilareseptorit
- Lämmönhukka
 - Säteily, johtuminen, veden haihtuminen
 - Ihon verenkierto ja vaatetus
- Lämmönmuodostus
 - Aineenvaihduntareaktiot
 - Maksassa ja lihaksissa molemmissa noin 15% elimistön tuottamasta lämmöstä
 - Lämpötilan laskiessa lihasten tonus lisääntyy, värinä
 - Merkittävä osa lämmönsäätelyä on varsinkin kylmissä oloissa tahdonalaista toimintaa: vaatetus ja tietoiset lihasliikkeet

Hormonien vaikutustavat (s. 369)

Hormonit vaikuttavat kohdesoluihinsa kahdella toisistaan poikkeavalla tavalla. Proteiini- ja peptidihormonit, katekoliamiinit ja prostaglandiinit pysähtyvät solukalvoon, jonka pinnassa on niihin sopivia erilaisia reseptorimolekyylejä, joista kukin sitoo eri hormonia. Eri hormonien reseptoreiden määrä on kudoksittain hyvin vaihteleva. Esimerkiksi katekoliamiinien reseptoreita on lähes kaikkialla, mutta tyrotropiinin reseptoreita vain kilpirauhasessa. Näin eri hormonit vaikuttavat eri elimiin toisistaan poikkeavasti.

Reseptoriin liittynyt hormoni voi vaikuttaa solun toimintaan eri tavoin. Yksi tapa on se, että solukalvossa muodotuu "toisiohjetjejä", jotka vievät hormonin välittämät tiedot edelleen solunsisäisiin rakenteisiin. Tunnetuin toisiohjetje on cAMP (syklinen adenosiniinonofosfaatti).

Stereoidihormonit, D-vitamiini ja trijodityroniini eivät pysähdy solukalvoon, vaan ne menevät solun sisään. Siellä ne sitoutuvat tumaan, johon niiden vaikutus kohdistuu. Nämä hormonit eivät siis tarvitse toisiohjetjeiden apua vaikuttaakseen solun toimintaan.

- Kaksi perusvaikutustapaa
 - Reseptorimolekyylin kautta
 - Proteiini- ja peptidihormonit, katekoliamiinit ja prostaglandiinit
 - Reseptoreiden määrät eri hormoneille vaihtelevat kudoksittain
 - Toisiohjetje
 - cAMP
 - Suora vaikutus sitoutumalla tumaan
 - Steroidihormonit, D-vitamiini, trijodityroniini

Kipureseptorit ja kipu (s. 483)

Kipureseptorit ovat vapaita hermopäätteitä. Niitä ärsyttävät vahingoittuneista soluista vapautuneet aineet. Kipureseptoreita on ihon lisäksi myös sisäelimissä. Niitä on etenkin pussimaisten ja putkimaisten elinten seinämissä, kuten mahalaukussa, suolessa, sappiteissä, virtsanjohtimissa ja virtsarakossa sekä monissa verisuonissa. Toisaalta kipureseptoreita on vähän tai ei lainkaan maksakudoksessa, munuaisissa, keuhkoissa ja aivoissa. Elimiä peittävässä kalvoissa on kuitenkin kipureseptoreita.

Kipu jaetaan erilaisiin kiputyyppeihin. 1) Pintakipu saa alkunsa ihosta. Se on aluksi terävä ja leikkaava, helposti paikannettavissa oleva kipu, minkä jälkeen se muuttuu epämääräiseksi, jomottavaksi kivuksi. 2) Syväkipu saa alkunsa lihaksista, luista, luukalvoista, nivelpusseista ja jänteistä. Se on jomottavaa ja melko epätarkasti paikannettavissa. 3) Sisälmyskipu on usein voimakkaanakin vaikeasti paikannettavaa. Siihen liittyy usein autonomisia refleksejä, kuten hikoilua sekä sykkeen ja verenpaineen vaihtelua. Sisälmyskipun alalajeja ovat varsinainen sisälmyskipu eli viskeraalinen kipu ja seinämäkipu eli parietaalinen kipu, joka saa alkunsa ruumiinonteloiden seinämistä. 4) Heijastuskivuksi (kaukokivuksi) sanotaan kipua, joka tuntuu muualla kuin missä sen aiheuttanut ärsyke on. Syväkipukin voi heijastua, mutta erityisen usein heijastuu sisälmyskipu, esimerkiksi sepelvaltimotukoksen aiheuttama kipu heijastuu laajalle alueelle rintalastan seudulle.

- Kipureseptorit vapaita hermopäätteitä
 - Vahingoittuneista soluista vapautuneet aineet ärsyttävät
 - Ihossa ja sisäelimissä
- Kiputyypit
 - Pintakipu
 - Iho
 - Alussa terävää ja leikkaava, helposti paikannettavaa; myöhemmin epämääräistä jomottavaa kipua
 - Syväkipu
 - Lihaksissa, luissa, luukalvoissa ja jänteissä
 - Jomottavaa, epämääräisesti paikannettavaa
 - Sisälmyskipu
 - Vaikeasti paikannettavaa
 - Autonomiset refleksit
 - Hikoilu, sykkeen ja verenpaineen vaihtelu
 - 1) Viskeraalikipu, 2) Parietaalinen kipu (seinämäkipu)
 - Heijastuskipu
 - Tuntuu muualla kuin missä sen aiheuttanut ärsyke on
 - Syväkipu voi heijastua
 - Sisälmyskipu heijastuu usein
 - Angina Pectoris

Elimistön puolustautuminen pieneliöitä vastaan (s. 239)

Useimpia pieneliöitä (mikrobeja) vastaan ihminen on jo syntyessään vastustuskykyinen (luonnollinen immunitetti). Vain noin yksi prosentti bakteereista pystyy tunkeutumaan ihmiselimistöön, ja niistäkin vain murto-osa aiheuttaa oireita. Torjuntamekanismeja on monenlaisia, ja useat niistä tunnetaan huonosti.

Osa elimistön torjuntareaktioista kohdistuu jo elimistön ulkopuolella – esimerkiksi iholla, limakalvoilla tai suolessa – oleviin mikrobeihin. Monet elimistön *eritteet hillitsevät mikrobien kasvua*. Esimerkiksi hiessä, kyynelnesteessä ja äidinmaidossa on tällä tavoin vaikuttavia aineita. Mahalaukun suolahappo ja muut ruoansulatusnesteet tuhoavat erilaisia ravinnon mikro-organismeja. Monissa elimissä – esimerkiksi sappi- ja virtsarakossa – voimakas nestevirtaus pitää elimet puhtaana mikro-organismeista.

Iholla ja erällä limakalvoilla (mm. emättimessä) elävät bakteerikannat ovat sopeutuneet rauhanomaiseen rinnakkaiseloon ihmisen kanssa. Tämä normaali kasvusto suojelee elimistöä varsin tehokkaasti pahanlaatuisilta mikrobeilta. Myös suolen runsas mikrobikasvusto on tällä tavoin valikoitunut.

Suureksi osaksi elimistön puolustautuminen perustuu immunitettireaktioihin. Erityisesti viruksia vastaan elimistön solut puolustautuvat tuottamalla interferoni –nimisiä valkuaisaineita, jotka estävät viruksien lisääntymistä solujen sisällä. Niitä pystyvät tuottamaan jokseenkin kaikki solut, ja ne tehoavat kaikkiin viruksiin.

Kudoksiin tunkeutuneita mikrobeja tuhoavat mm. syöjäsolut eli fagosytoosiin pystyvät solut. Osa fagosytoivista soluista on kiertäviä, osa pysyy paikoillaan. Ne tuhoavat paitsi pieneliöitä, niin myös elottomia kappaleita: kaikkea, mihin niiden entsyymit pystyvät. Merkittävimpiä syöjäsoluja ovat neutrofiiliset granulosyytit ja monosyytit. Verestä kudoksiin siirtyneitä syöjäsoluja sanotaan makrofageiksi. Ne ovat elimistön suurimpia syöjäsoluja.

- Luonnollinen immunitetti
 - 1% bakteereista pystyy tunkeutumaan elimistöön, murto-osa niistä aiheuttaa oireita
- Torjuntamenetelmiä useita, tunnetaan huonosti
 - Torjunta ulkopuolella
 - Iholla, suolessa
 - Eritteet (hiki, kyynelneste, äidinmaito) hillitsevät mikrobien kasvua
 - Mahalaukun suolahappo ja ruoansulatusnesteet
 - Voimakas nestevirtaus (sappi- ja virtsarakko)
 - Rauhanomaisessa rinnakkaiselossa elävät bakteerit suojelevat
 - Iho, erät limakalvot (mm. emätin), suolisto
 - Immunitettireaktiot
 - Interferoni
 - Viruksia vastaan
 - Estää viruksen lisääntymisen
 - Kaikki solut tuottavat, tehoavat kaikkiin viruksiin
 - Fagosytoosi
 - Fagosyyteistä osa kiertää, osa pysyy paikoillaan
 - Neutrofiiliset granulosyytit ja monosyytit
 - Makrofagit
 - Tuhoavat kaikkea, mihin entsyymit pystyvät

Autonominen hermosto ja katekoliamiinit (s. 538)

Autonomisen hermoston toiminta on tahdosta riippumatonta. Se jakautuu sympaattiseen ja parasympaattiseen hermostoon. Pääsääntö on, että elimiin tulee sekä sympaattisia että parasympaattisia hermosyitä. Elimet saavat kahdenlaisia, usein vastakkaisia toimintakäskyjä, ja käskyjen suhteellinen voimakkuus ratkaisee, miten elin käyttäytyy.

Selkärangan kummallakin puolella on helminauhmainen sympaattinen hermorunko. Se muodostuu aksonikimppujen toisiinsa yhdistämistä sympaattisista hermosolmuista eli ganglioista. Sympaattinen hermosto säätelee verenkiertoelinten, rauhasen, ruoansulatuskanavan ja virtsaelinten toimintoja. Sympaattisen hermoston toiminta vilkastuu stressitilanteissa ja fyysisessä rasituksessa. Se lisää elimistön suorituskykyä mm. avartamalla hengitysteitä, lisäämällä sydämen lyöntitiheyttä ja iskutilavuutta, lisäämällä sydämen ja luustolihasten verenkiertoa sekä rajoittamalla ihon ja ruoansulatuselimistön verenkiertoa. Sympaattisen hermoston toimiessa sanotaan vallitsevan sympatikonuksen.

Parasympaattiset hermosyyt seuraavat aivo- ja selkäydinhermoja. Tumakkeet eli gangliot ovat lähellä kohdesoluja eli esimerkiksi suolen seinämissä. Parasympaattinen hermosto hermottaa samoja elimiä kuin sympaattinenkin hermosto. Sen vaikutukset ovat kuitenkin usein päinvastaisia: parasympatikonuksen vallitessa kerätään voimia eli esimerkiksi nukutaan tai sulatellaan ruokaa. Parasympatikus hidastaa sykettä, vilkastuttaa ruoansulatuskanavan liikkeitä ja eritystä sekä vaikuttaa osaltaan virtsarakon tyhjenemiseen.

Hermosto vaikuttaa kohdesoluihinsa erityisten välittäjäaineiden avulla. Välittäjäaineita vapautuu aktiopotentiaalin seurauksena hermosolun viejähaarakkeen eli aksonin synapsipäätteen pienistä synapsirakkuloista hermosolun ja toisen solun väliseen tilaan, josta osa siitä sitoutuu vastaanottavan solun reseptoreihin aiheuttaen solun toiminnan muutoksen. Sympaattisen hermoston välittäjäaineita ovat adrenaliini ja noradrenaliini ja asetyylikoliini, parasympaattisen hermoston välittäjäaineena toimii yleensä asetyylikoliini. Näistä adrenaliini ja noradrenaliini kuuluvat dopamiinin ohella ns. katekoliamiineihin, joita vapautuu verenkiertoon erityisen paljon mm. stressitilanteessa ja verensokerin laskiessa.

- Autonominen hermosto
 - Sympaattinen hermosto
 - Säätelee verenkiertoelinten, rauhasen, ruoansulatuskanavan ja virtsaelinten toimintoja
 - Toiminta vilkastuu stressitilanteissa ja fyysisessä rasituksessa
 - Lisää elimistön suorituskykyä mm. avartamalla hengitysteitä, nostamalla sykettä ja iskutilavuutta, lisäämällä luustolihasten verenkiertoa sekä rajoittamalla ihon ja ruoansulatuselimistön verenkiertoa
 - "Fight or flight"
 - Sympatikononus
 - Parasympaattinen hermosto
 - Hermottaa samoja elimiä kuin sympaattinenkin hermosto
 - Vaikutukset päinvastaisia kuin sympaattisella hermostolla: syke hidastuu, ruoansulatuselimien toiminta vilkastuu, virtsarakko tyhjenee
- Välittäjäaineet
 - Hermoston tapa vaikuttaa kohdesoluihin
 - Vapautuu aktiopotentiaalin seurauksena aksonin synapsipäätteen pienistä synapsirakkuloista hermosolun ja toisen solun väliseen tilaan, josta osa siitä sitoutuu reseptoreihin
 - Sympaattinen hermosto
 - Katekoliamiinit
 - Adrenaliini ja noradrenaliini
 - Stressihormonit, verensokerin lasu
 - Parasympaattinen hermosto
 - Asetyylikoliini

Hapen siirtyminen keuhkorakkuloista kudossoluihin (s. 277)

Keuhkorakkuloista vereen imeytyneestä hapesta noin 99% sitoutuu hemoglobiiniin. Loppu on liuenneena plasmaan ja punasolujen nesteeseen. Kudoskopillaareista happi siirtyy kudosten kautta soluihin – matalamman happiosapaineen suuntaan. Solut käyttävät happea ravintoaineita polttaessaan, jolloin syntyy palamistuotteina hiilidioksidia ja vettä.

Hemoglobiinin proteiiniosa on muodostunut neljästä proteiiniketjusta. Kussakin peptidiketjussa on tasku ja siinä porfyriiniyhdiste, hemi. Hemin keskellä on rauta-atomi, johon happimolekyyli liittyy kuljetusta varten. Kussakin hemoglobiinimolekyylissä on siis neljä hapenkuljetuspistettä.

Ison verenkierron hemoglobiinin happikylläisyysaste on noin 97%. Laskimoveren happikylläisyys on noin 75% - noin neljännes hapesta jää siis kudoksiin ja loppu palaa takaisin keuhkoihin. Jos happiosapaine on matala, hemoglobiini luovuttaa kudoksissa happea helposti. Jos kudosten hapenkulutus lisääntyy, luovutus kiihtyy entisestään. Raskaassa rasituksessa voi litrasta verta jäädä kudoksiin happea ja kolme kertaa niin paljon kuin lepotilassa. Hapen irtoamista hemoglobiinista työskentelevissä lihaksissa auttavat mm. lämpötilan nousu sekä happamien aineenvaihduntatuotteiden (hiilidioksidi ja maitohappo) kertyminen.

- Hemoglobiini
 - Ottaa vastaan 99% keuhkorakkuloista vereen imeytyneestä hapesta
 - Neljä proteiiniketjua, kussakin ketjussa tasku ja siinä hemi-niminen porfyriiniyhdiste, joka kuljettaa happimolekyylin
- Ison verenkierron happikylläisyys 97%, laskimoveren 75%
- Luovutus kiihtyy, jos
 - Happiosapaine matala
 - Kudosten hapenkulutus lisääntyy
 - Lämpötilan nousu
 - Happamien aineenvaihduntatuotteiden (hiilidioksidi ja maitohappo) kertyminen

Vesitasapaino (s. 376)

Elimistöön vuorokaudessa tuleva ja siitä poistuva vesimäärä on vuorokaudessa sama – elimistössä vallitsee vesitasapaino. Aivot saavat tietoa elimistön vesitilanteesta eri tavoin. Itse aivoissa on hypothalamuksen alueella osmoreseptoreita, jotka mittaavat veren osmoottista painetta, lähinnä sen suolaväkevyyttä. Kun ihminen menettää vettä, ADH:ta (vasopressiinia) erittyy enemmän. Ihmiselle tulee jano.

Myös ihmisen suurten laskimoiden ja sydäneteisen seinämissä olevat venytysreseptorit mittaavat elimistön kokonaisnestemäärää. Kun veren kokonaismäärä pienenee esimerkiksi vuodon takia, ADH:n erityis lisääntyy voimakkaasti ja seurauksena on janontunne jo ennen kuin veren koostumus sinällään on muuttunut.

ADH säätelee vesitasapainoa ennen kaikkea munuaisten toimintaan vaikuttamalla. Se säätelee veden takaisinimeytymistä distaalisen tubuluksen loppuosasta: jos ADH:n erityis on maksimissaan, vesi pääsee tubulussolujen läpi helposti virtsasta munuaisytimen kudokseen ja virtsa väkevöityy. Ruumiillinen rasitus, nikotiini ja morfiini lisäävät ADH:n eritystä. Kuume vaikuttaa samoin. Alkoholi sen sijaan vähentää ADH:n eritystä.

Janon aiheuttaa hypothalamuksessa oleva janokeskus, jonka osmoreseptorit aktivoituvat paljolti johtuen samoista tekijöistä, jotka aiheuttavat ADH:n erittymisen.

- Tuleva ja lähtevä nestemäärä lähtökohtaisesti samoja
- Aivot ohjaavat
 - Hypotalamuksen alueella osmoreseptoreita
 - Suurten laskimoiden ja sydäneteisten seinämissä venytysreseptoreita
- Nesteen poistumista säätelee ADH (vasopressiini)
 - Vaikuttaa munuaisten toimintaa
 - Distaalisten tubulusten imeytyskyky
 - Ruumiillinen rasitus, nikotiini ja morfiini lisäävät eritystä, samoin kuume
 - Alkoholi vähentää eritystä
- Jano
 - Hypotalamuksessa janokeskus
 - Aktivoituu samoista syistä, jotka aiheuttavat ADH:n erittymisen