

AIVOJEN KEHITYS

2.2 // migraatio // myelinisaatio // synapsityheydet // kehitystasohyppäys // plastisuus

ENNEN SYNTYMÄÄ SIIHÖN aivoissa tapahtuu hermosolujen syntymistä, lisääntymistä jakautumalla sekä solujen vaeltamista paikoilleen. Tämä **migraatio** tapahtuu, jotta ne voisivat yhdistyä toisiin hermosoluihin ja muodostaa hermoverkkoja. Aivojen eri osissa olevien hermosolujen on havaittu eroavan ulkoisesti toistaan. Erikoistumista ei vielä täysin ymmärrettä, mutta myös sillä, minne solu tiensä aivoissa löytää, näyttäisi olevan merkitystä. Mikäli vielä kypsyminen hermosolu on kokeissa siirretty toiseen paikkaan aivoikuorella, se on kehittyntä tuolle alueelle tyypilliseksi hermosoluksi. Jos taas hermosolu on siirretty sen kehityksen myöhemmässä vaiheessa, se on saattanut omaksua uusia ominaisuuksia, mutta samalla säilyttänyt myös vanhoja ominaisuuksiaan.

Sikiön aivojen peruselintoimintoista huolehtivat aivojen alueet kehittyvät raskauden alkuvaiheessa ja jo viidenneltä kuukaudelta alkaen sikiön aivojen poimutus alkaa kehittyä nopeasti. Aivojen **kehitysjärjestys** on geneettisesti määrätty ja ympäristötekijöistä riippumaton: kehitys tapahtuu matalammista korkeampiin aivokeskuksiin, aivovälikkeisiin, korteksiin. Ensimmäisiksi kypsyvät perantoiminnat, kuten sensorinen ja motorinen aivokuori, seuraavaksi yhteistoimintaa edellyttävät toiminnot, kuten puheen, tarkkaavaisuuden ja avaruudellisen hahmottamisen alueet. Aivojen rakenteellinen kehitys tapahtuu raskauden aikana mutta toiminnallinen järjestymisen syntymän jälkeen.

Aivojen kehitys syntymän jälkeen

Vastasyntyneen vastan aivojen paino on noin 350 grammaa, ja ne kasvavat ensimmäisen puolen vuoden aikana nopeasti. Yksivuotiaan lapsen aivot painavatkin jo noin kilon, kun aikuisen aivojen koko on vain noin puoli kiloa – kilon enemmän. Vastasyntyneen aivot ovat ulkoiselta rakenteeltaan aikuisen aivojen kaltaiset, eikä hermosolujen määrä enää toisen ikävuden jälkeen lisäänty.

Aivojen **koon** kasvu johtuu **myelinisaatiosta** sekä hermosolujen aksien ja dendriittien kasvusta. Aksoneita ympäröivä myeliinivaippa lisää informaation kulkunopeutta moninkertaiseksi. Myeliinillä on tärkeitä tehtäviä aivojen kehityksen ja kognitiivisen toiminnan kannalta. Myeliinin muodostuminen alkaa toisella raskauskolmanneksella, ja myeliinin määrä lisääntyy kuorokierroksen kypsyessä. Haarakkeet lisääntyvät ja uusia synapsiaa kytkentöjä syntyy. Noin vuoden ikäisenä synapsisten kytkentöjen



määrä kasvaa voimakkaasti, jonka jälkeen ne alkavat karsiutua.

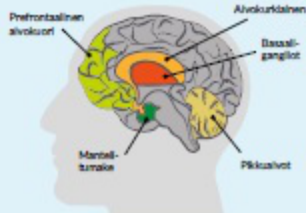
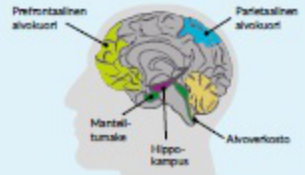
Tunne-elämän kannalta tärkeät aivojen limbit aluet kehittyvät jo varhaislapsuudessa ja niillä on tärkeitä tehtäviä elintoimintojen kannalta. Mantelilumake eli amygdala reagoi nopeasti vaaralliseksi koettuihin tilanteisiin, hippokampus on keskeinen muistin ja erityisesti tunneilmoitusten tallentumisen ja mieleen palauttamisen kannalta. Aivojen kehitysjärjestys selittää myös sen, miksi ihmisellä on vauva- tai varhaisesta pikkulapsi-ikästä juurikaan tunteita muistajilla. Hippokampuksella on havaittu olevan tärkeä rooli tiedon siirtämisessä säilömuistiin ja se kehittyy vasta varhaislapsuuden aikana. Aivoikuoren etuosaloikkoon synapsit kytkennät kehittyvät voimakkaasti 7–12 kuukauden välillä. Osaloikkoon kehityksen myötä noin yhdeksänsäkuutinen lapsi kykenee reagoimaan esineeseen, joka ilmestyy ja häviää.

Yhteyksien muodostuminen ja karsituminen

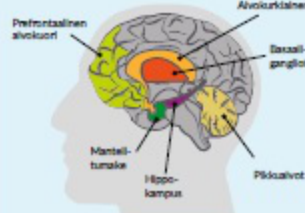
Kahden ensimmäisen elinvuoden aikana keskushermostossa esiintyy aksien, dendriittien ja synapsien ylimuotumista, joka on geneettisesti ohjautuvaa. Ympäristöstä saatut kokemukset, erityisesti hoivaan ja vuorovaikutukseen liittyvät, ohjaavat **synapsityheyden** muodostumista ja karsitumista. Hermo-

56–59,
212–213

LAPSEN AIVOT. Hippokampus kypsyi noin kolmen vuoden iässä ja tämä mahdollistaa muistojen tallentumisen. Myös mantelilumakkeen kehittyminen vaikuttaa muistojen syntymiseen. Tätä kehitysvaihetta ennen vain vähän muistoja tallentuu aivoihin. Muistojen syntymisen myötä aktiivisuus prefrontaalisella aivoikuorella lisääntyy. Aivovälikkeen alveokiston aksoneit myelinisoituvat, jonka myötä tarkkaavaisuuden pitempi kesto mahdollistuu. Kielelliset kyvyt ja tilojen suhteiden hahmottaminen kehittyvät ikävusiin 6–13 välillä, mikä näkyy periaattisella aivoikuorella.



NUOREN AIVOT. Pikkäli- ja ohimolohkojen kehitys liittyy tilin, abstraktien ja kielellisten kykyjen kehittymiseen ja kielelliseen kykyjen kehittymiseen. Prefrontaalisella aivoikuoren kehitys on yhä keskeinen, ja nuori kääntänee tunneilmoitusta osittain mantelilumakkeessa, mikä selittää tunneilmoitusten pikaisuutta ja impulsiivisuutta. Alveokurkainen pakautuu nuoruusikässä ja alveokurkaisen välisen tiedonsiirto tehostuu. Motorikan ohjausta kääntäviä alueet kehittyvät pikkuaivoissa.



AIKUISEN AIVOT. Prefrontaalisella aivoikuorella kehitys valmiiksi noin 30 ikävuteen mennessä, ja tunneilmoitusta kääntäminen liittyy sen myötä enemmän harkintaan ja analointiin. Prefrontaalisella aivoikuorella on aivojen viimeisellä kehitysvaiheella. Muidenkin vielä nuoruusikässä kehittyneet aivojen alueet ovat kehittyneet valmiiksi.

solujen kuolema ja synapsisten yhteyksien karsituminen on aivojen toimintakykyä välttämätöntä. Syntymähetkellä olevien aivoissa on tarpeettoman suuri määrä hermosoluja ja ylimääräiset hermosolut ja yhteydet saattaisivat sotkea aivojen toimintaa. Ne hermosolut ja yhteydet, joita käytetään eniten jäävät henkiin ja kasvavat, vähän käytetyt taas karsituvat pois. Synapsisverkoston kehitys ihmisen toiminnan myötä ja ympäristön merkitys on erityisesti varhaislapsuudessa suuri. Aivojen toiminnan tehostuminen aikuisuudessa on käytettyjen synapsisten yhteyksien vahvistumista ja käyttämättömien yhteyksien karsitumista.

Aivojen kehitys jatkuu

Kehityksen jatkumista eri aivoalueiden välillä muodostuu yhä laajempia toiminnallisia yhteyksiä, ja silloin tapahtuu sekä **järjestymistä** eli toiminnallisen

yksiköiden ja yhteyksien syntymistä että **integroitumista** eli erillisten toiminnallisten yksiköiden yhtymistä yhä laajemmaksi kokonaisuudeksi. Integroitumisen tuloksena lapsen kehityksessä esiintyy **kehitystasohyppäyksiä**. Tällaista hyppäystä edeltää kehityksen eteneminen useilla eri alueilla riittävän pitkälle (kuten kognitiivisen, kielellisen, motorisen ja sosiaalisen kehityksen osalta), kunnes kyseiset alueet integroituvat yhteen ja lapsi on siirtynyt kehityksensä laadullisesti aivan uudelle tasolle.

Aivojen rakenteen ja toiminnan kykyä muuauttaa elinistön tarpeiden mukaisesti kutsutaan aivojen **plastisuudeksi**. Sama muuautumisprosessi tapahtuu myös ympäristön vaikutuksista. Plastisuuden kaksi muotoa ovat kokemusta odottava (experience-expectant) ja kokemuksesta riippuvainen (experience-dependent) plastisuus. Kokemuksesta odottavat prosessit liittyvät kehityksen herkeisiin kausiin: kehi-