

Aivojen kehityksessä on eroja tyttöjen ja poikien välillä

## Kehittyvät aivot joustavat

**K**otikatuni päättyi jyrkkään rinteeseen, johon viime talvena oli ilmaantunut lumesta tehty hyppyri. Hiihtolenkiltä palatessani katselin kolmea keskenkasvuista poikaa, jotka laskivat lumilaudalla rinnettä alas kukin vuorollaan. Kiihdytys. Hyppy. Ilmavoltti. Hallittu lasku takaisin pystyasentoon. Kaarros poikittain ja pysähdys. Kavutessani mäkeä ylös sukset kainalossa minusta tuntui, että nuo pojat olivat kokonaan eri ihmisrotua.

Lumilautailijat palautuivat mieleeni, kun luin, mitä uutta aivojen kehityksestä on viime aikoina selvinnyt. Magneettikuvauksen ja sen monien sovellusten avulla kuva terveiden lasten ja nuorten aivoissa tapahtuvista muutoksista on alkanut hahmottua (Gogtay ym. 2004, Sowell ym. 2004, Craik ja Bialystok 2006, Giedd ym. 2009, Dosenbach ym. 2010, Alkonyi ym. 2011). Vastasyntyneen aivot ovat ulkoiselta rakenteeltaan aikuisen aivojen kaltaiset, eikä hermosolujen määrä enää toisen ikävuoden jälkeen lisääny (Sanai ym. 2011). Aivojen tilavuuden kasvu yli kaksinkertaiseksi ennen aikuisikää johtuu synapsien ja aivojen valkean aineen lisääntymisestä. Lumilautaillevilla pojilla oli todennäköisesti 2–3 kertaa enemmän synapseja kuin minulla, sillä synapsien määrä muodostaa iän suhteen käänteisen U-käyrän. Synapseja on eniten juuri heidän iässään eli noin 8–12-vuotiailla (Chugani 1987, Giedd ym. 2009).

Synapsit muodostuvat versomisen ja karsiutumisen periaatteella. Synapseja muodostuu runsaasti, ja käytössä olevat synapsit vahvistuvat. Käyttämättömät taas karsiutuvat apoptoosin avulla. Kuvittelin, kuinka nuo keskenkasvuiset joka hypyllään vahvistivat monimutkaisen liikesarjansa synapsiverkostoa. Aivoikuoren kypsyminen näkyy magneettikuvissa aivokuoren ohenemisena, mikä ei tapahdu

Ensimmäiseksi kypsyvät perustoiminnot, kuten sensorinen ja motorinen aivokuori, seuraavaksi yhteistoimintaa edellyttävät toiminnot, kuten puheen, tarkkaavuuden ja avaruudellisen hahmottamisen alueet. Viimeisenä ohenee prefrontaalinen kuorikerros. Kun aivojen kehitys saavuttaa aikuistason keskimäärin 22 vuoden iässä (Craik ja Bialystok 2006), prefrontaalisessa kuorikerroksessa nähdään synapsien karsiutumista vielä vajaan 30 vuoden iässä (Petanjek ym. 2011).

Aksoneita ympäröivä myeliinivaippa lisää informaation kulkunopeuden moninkertaiseksi. Myeliiniä on aikaisemmin pidetty yksinkertaisena eristeenä, mutta sillä on ilmeisesti tärkeitä tehtäviä aivojen kehityksen ja kognitiivisen toiminnan kannalta (Scholz ym. 2009). Myeliinin kertyminen vähentää aivojen muovautumista, sillä myeliinin proteiinit ovat yksi synapsien muodostumista hillitsevistä tekijöistä (Fields ym. 2010). Myeliinin muodostuminen alkaa toisella raskauskolmanneksella, ja myeliinin määrä lisääntyy kuorikerroksen kypsyessä (Giedd ym. 2009, Fields ym. 2010). Keskenkasvuissa sankareillani liikkeen hallinnan ja asentotunnon verkostot olivat todennäköisesti jo vahvasti myelinoituneet ja avaruudellisen hahmottamisen kannalta tärkeitä toimintoja yhdistävä parietaalialue oli hyvää vauhtia kypsyvässä. Prefrontaalisen kuorikerroksen epäkypsyys todennäköisesti salli voltien opettelu ilman huolta siitä, mitä tapahtuisi, jos putoaisi päälleen tai törmäisi puuhun.

Tunne-elämän kannalta tärkeät aivojen limbiset alueet kehittyvät jo varhaislapsuudessa. Manteliumake eli amygdala reagoi nopeasti vaarallisiksi koettuihin tilanteisiin, hippokampus on keskeinen muistin ja erityisesti tunnemuistojen tallentumisen ja mieleen palauttamisen kannalta. Refleksinomainen reaktio manteliumakkeesta tuleviin signaaleihin voi

vaaratilanteissa pelastaa hengen. Reagointi limbisestä järjestelmästä tulevaan tunneinformaatioon on kuitenkin onneksemme myös otsalohkon tietoisesta hallinnan alainen. Otsalohkon hitaan kypsyamisen vuoksi lasten ja nuorten kyky säädellä tunteilmaisujaan, hillitä käyttäytymistään ja arvioida tekojensa seurauksia on puutteellinen. Meillä nuoret joutuvat tekemään kauaskantoisia valintoja esimerkiksi opiskelun ja ammatinvalinnan suhteen tilanteessa, jossa he prefrontaalikorteksin epäkypsytyden vuoksi tarvitsisivat vielä aikuisen tukea ja ohjausta. Otsalohkon kypsyminen tapahtuu tytöillä poikia nopeammin, joten tytöt ovat jossain määrin poikia paremmassa asemassa tässä suhteessa. Manteliumakkeen runsaiden androgeenireseptoreiden vaikutuksesta poikien – mutta ei tyttöjen – amygdala suurenee hormonien vaikutuksesta murrosiässä (Raznahan ym. 2010). Nuorten miesten taipumusta aggressiivisiin reaktioihin voidaan selittää manteliumakkeen koon suurenmisellä hormonitoiminnan vaikutuksesta siinä vaiheessa, kun otsalohkon kyky hallita käytös-

tä on vielä puutteellinen. Poikien vahvuutena tyttöihin nähden sen sijaan on avaruudelliseen hahmottamiseen liittyvien parietaalialueiden nopeampi kypsyminen (Lenroot ja Giedd 2010, Raznahan ym 2010).

Nuorten arvioidessa omaan toimintaansa liittyviä riskejä palkitseminen vaikuttaa heidän valintoihinsa (Luna ym. 2010). Nuorille oman ikäryhmän hyväksynnällä ja arvostuksella on suuri merkitys. Lumilautailevat pojat seurasivat toistensa suorituksia silmä tarkkana, ja onnistunutta hyppyä seurasi toisten kannustus. Ehkä he eivät sittenkään olleet eri rotua, vaan heidän aivojensa kehitysvaihe salli monenlaisen temppujen oppimisen. Meille aikuisille aivojen vakaus on tärkeämpää. ■



**HELENA PIIKKO, lastenneurologian professori, ylilääkäri**  
HY  
ja HYKS, Lastenlinnan sairaala

**SIDONNAISUODET**  
Ei sidonnaisuuksia

#### KIRJALLISUUTTA

- Alkonyi B, Juhasz C, Muzik O, Behen ME, Jeong JW, Chugani HT. Thalamo-cortical connectivity in healthy children: asymmetries and robust developmental changes between ages 8 and 17 years. *AJNR Am J Neuroradiol* 2011;32:962–9.
- Chugani HT, Phelps ME, Mazziotta JC. Positron emission tomography study of human brain functional development. *Ann Neurol* 1987;22:487–97.
- Craik FI, Bialystok E. Cognition through the lifespan. Mechanism of change. *Trends Cogn Sci* 2006;10:131–8.
- Dosenbach NU, Nardos B, Cohen AL, ym. Prediction of individual brain maturity using fMRI. *Science* 2010;329:1358–61.
- Fields RD. Neuroscience. Change in the brain's white matter. *Science* 2010;330:768–9.

- Giedd JN, Lalonde FM, Celano MJ, ym. Anatomical brain magnetic resonance imaging of typically developing children and adolescents. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2009;48:465–70.
- Gogtay N, Giedd JN, Lusk L, ym. Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proc Natl Acad Sci USA* 2004;101:8174–9.
- Lenroot RK, Giedd JN. Sex differences in the adolescent brain. *Brain Cogn* 2010;72:46–55.
- Luna B, Padmanabhan A, O’Hearn K. What has fMRI told us about the development of cognitive control through adolescence? *Brain Cogn* 2010;72:101–13.
- Petanjek Z, Judas M, Simic G, ym. Extraordinary neoteny of synaptic spines in the human prefrontal cortex. *Proc Natl*

*Acad Sci USA* 2011;108:13281–6.

- Raznahan A, Lee Y, Stidd R, ym. Longitudinally mapping the influence of sex and androgen signaling on the dynamics of human cortical maturation in adolescence. *Proc Natl Acad Sci USA* 2010;107:16988–93.
- Sanai N, Nguyen T, Ihrig RA, ym. Corridors of migrating neurons in the human brain and their decline during infancy. *Nature* 2011;478:382–6.
- Scholz J, Klein MC, Behrens TE, Johansen-Berg H. Training induces changes in white-matter architecture. *Nat Neurosci* 2009;12:1370–1.
- Sowell ER, Thompson PM, Toga AW. Mapping changes in the human cortex throughout the span of life. *Neuroscientist* 2004;10:372–92.