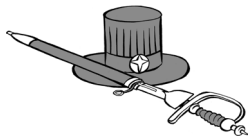


Jarmo Hämäläinen



# Äänien nousuaikojen prosessointi lapsilla ja aikuisilla

*Jarmo Hämäläisen (YtM) psykologian väitöskirja ”Processing of sound rise time in children and adults with and without reading problems” (Äänien nousuaikojen prosessointi lapsilla ja aikuisilla, joilla on dysleksia ja lapsilla ja aikuisilla, joilla ei ole dysleksiaa) tarkastettiin Jyväskylän yliopiston yhteiskuntatieteellisessä tiedekunnassa 10.12.2007. Vastaväittäjänä toimi professori Kenneth Hugdahl Bergenin yliopistosta Norjasta ja kustoksena professori Heikki Lyytinen Jyväskylän yliopistosta.*

Lukemisen ja kirjoittamisen oppimisen ongelmia eli dysleksiaa on tutkittu jo yli 100 vuoden ajan. Dysleksian aiheuttajaksi on ajateltu vuosien saatossa monenlaisia syitä vanhempien vuorovaikutuksesta lapsensa kanssa aina geneettisiin poikkeamiin. Minkä tahansa syy-seurassuhteen todistaminen oikeaksi tai vääräksi tällaisen monimutkaisen kehityksellisen ilmiön kohdalla on usein pitkän tien takana. Nykyinen käsitys dysleksiasta pohjautuu viime vuosikymmenien kiivaaseen tutkimustyöhön. Erityisesti edellisten viiden vuoden aikana on tapahtunut merkittävää edistystä molekyyliogenetiikan alueella. Neljä dysleksian kandidaattigeeniä on löydetty. Löydökset tukevat käyttäytymisgenetiikan tuloksia dysleksian esiintymisestä suvuttain ja siten sen perinnöllisestä luonteesta. Anatomiset löydökset taas ovat osoittaneet, että aivo-

jen tasolla dyslektikoilla esiintyy poikkeavia rakenteita. Nämä poikkeavat rakenteet todennäköisesti ovat syntyneet jo raskausaikana, jolloin hermosolut siirtyvät oikeille paikoilleen syntyalueeltaan. Dysleksian kandidaattigeenien on myös todettu vaikuttavan juurikin tähän hermosolujen vaellusprosessiin raskauden aikana.

Kognitiivisen neurotieteen alalla on löydetty erilaisia poikkeamia myös aivojen toiminnassa. Selkeimmät ja luotettavimmat löydökset liittyvät aivojen ohimo- ja päälaenlohkojen yhtymäalueelle. Tällä alueella dyslektikoiden aivoaktivaation on näytetty olevan pienempää normaalilukijoihin verrattuna erilaisissa puheäänten tietoisuutta mittaavissa tehtävissä ja lukemistehtävissä. Samalla alueella on havaittu myös muutoksia aivojen harmaan ja valkoisen aineen määrissä ja rakenteessa dyslektikkojen aivoissa. Tämän alueen toiminnan on ajateltu liittyvät erityisesti puheäänten käsittelyyn.

Käyttäytymisen tasolla dysleksia näyttäisikin usein liittyvän puheäänten käsittelyn vaikeuksiin. Tällä tarkoitetaan puheen jäsentelyä mielessä sanoihin, tavuihin ja ään-teisiin, mutta myös näiden puheen osien käsittelyä, esimerkiksi tietyn äänen poistamista sanasta. Mitä nämä puheäänten käsittelyn vaikeudet tarkalleen ottaen ovat, ja miten ne kehittyvät ja vaikuttavat lukemisen kehitykseen, on vielä tutkimuk-

sen kohteena. Yksi näkökulma puheäänien käsittelyyn on, että ne johtuvat ongelmista puheen havainnossa. Koska puhe puolestaan on akustinen signaali, jossa esimerkiksi äänen taajuudet ja voimakkuudet vaihtuvat, on ehkä järkeenkäypää ajatella, että myös näiden äänten peruspiirteiden havaitseminen voisi olla ongelmallista lapsille, joilla on dysleksia. Tämä näkökulma oli lähtökohtana väitöstutkimukselleni.

Kuulotiedon prosessoinnin pulmien laajuudesta ja merkityksestä lukivaikeuden yhteydessä on kuitenkin kiistelty jo muutama vuosikymmenen ajan. Aikaisemmat tutkimustulokset näyttävät, että ainakin osalla henkilöistä, joilla on lukipulmaa, on myös ongelmia kuulotiedon käsittelyssä, esimerkiksi eri taajuuksien erottelussa. Osa tutkimuksista on löytänyt myös yhteyksiä kuulotiedon käsittelyn ja lukutaidon välillä. Yhteyden löytyminen ei vielä kerro, miksi yhteys on olemassa. Lisäksi tutkimuksia on tehty hyvin erilaisilla äänen ominaisuuksilla: esimerkiksi jotkut ovat keskittyneet mittaamaan nopeiden muutosten havaitsemista, toiset taajuuserotteleua tai muutoksen havaitsemista yleensä. Väitöstutkimuksessani pyrin selvittämään lähtökohtia vähän tutkitun äänen piirteiden havaitsemiselle dysleksian yhteydessä. Äänen nousuaikojen havaitsemisen on ajateltu liittyvän puheen rytmin ja prosodian havaintoon. Jos puheen prosodian havainnossa on pulmia, se todennäköisesti vaikeuttaa puheäänien pilkkomista esimerkiksi tavuihin ja myöhemmissä ikävaiheissa yksittäisiin äänneisiin ja siten voivan aiheuttaa ongelmia myös lukemaan oppimiselle.

Aiemmin englanninkielisten lukioppilaiden on havaittu hahmottavan heikommin nousuaikojen muutoksia pitkissä ääniärsykkeissä. Väitöstutkimuksessa halusimme saada selville, olisiko vastaava ilmiö havaittavissa myös suomalaisessa

kieliympäristössä ja yksinkertaisempia ärsykeitä käyttäen. Suomalaiset aikuiset dyslektikot todellakin näyttivät havaitsevan heikommin muutoksia äänten nousuajoissa. Lisäksi havaintotaidolla oli yhteyksiä äännetietoisuutta mittaaviin tehtäviin ja kirjoitustarkkuuteen. Näyttäisi siis siltä, että kuulotiedon prosessoinnin pulmia esiintyy dysleksian yhteydessä ja että näiden välillä on korrelatiivinen yhteys. Yhteys antaa aihetta spekuloida sen luonnetta: voisiko havaintotaito vaikuttaa lukihäiriön syntyyn tai luonteeseen? Yhteys voi syntyä myös kolmansien tekijöiden vaikutuksesta, kuten ohjeiden ymmärtämisestä, tehtävämotivaatiosta ja tarkkaavuudesta. Aivojen herätevasteilla voidaan mitata havaintoprosesseja ilman, että koehenkilön tarvitsee tarkkailla ärsykeitä. Näin voidaan tarkastella tarkkaavuudesta, motivaatiosta ja ohjeiden ymmärtämisestä riippumattomia havaintoprosesseja.

Lapsen kielen kehitys projektissa mukana olleet 9-vuotiaat lapset osallistuvat herätevastemittauksiin. Mittauksissa heille soitettiin äänipareja, joissa vaihtui silloin tällöin toisen äänen nousuaika tai taajuus. Mittauksen aikana lapset katsoivat videoita tai pelasivat tietokonepelejä. Tällä tavalla saatiin esille niin sanotut esitietoiset muutoksen havaitsemista kuvastavat herätevastekomponentit. Tulokset osoittivat, että poikkeavuusnegatiivisuus, joka on tarkkaavuudesta riippumaton muutoksen havaitsemivaste, oli suurempi dysleksialapsilla kuin kontrolleilla nousuajan muutokseen. Löytö oli varsin merkittävä, koska suurempi poikkeavuusnegatiivisuus on aiemmin yhdistetty parempaan suoriutumiseen havaintotehtävissä. Lisäksi myöhempi erotteluvaste oli pienempi lukioppilailta. Tämä löytö vastaa aiempia löytöjä, joissa on käytetty erilaisia ääni- ja puheärsykeitä. Taajuusmuutokseen lukioppilailta oli pienempi P3a vaste.

Vasteen on ajateltu heijastavan tarkkaavuuden tahatonta siirtymistä uudenlaisen äänen prosessointiin. Mitattuna aivojen herätevasteilla, nähdään siis poikkeavuuksia lukioppilailla samankaltaisiin ärsykkeisiin kuin käyttäytymistasollakin. Lisäksi nousuaikojen muutoksen näyttäsivät olevan yhteydessä äänten piirteiden analyysiin ja muutoksen havaintoon ja nopeat taajuusmuutokset taas tarkkaavuuden suuntaamiseen. Suurempi poikkeavuusnegatiivisuusvaste lukioppilailla oli varsin erikoinen ja saattoi johtua siitä, että nousuaikamuutos sisälsi enemmän energiaa, jolloin suurempi hermosolujoukko reagoi siihen. Tällöin kyseessä oleva poikkeavuus ei olisikaan muutoksenhavaitsemisvasteessa, vaan niin sanotussa eksogeenisessä N1-vasteessa.

Samat lapset osallistuivat myös herätevastetutkimukseen, jonka tarkoituksena oli saada esiin N1- ja P2-vasteet. Samoja ääniä kuin edellisessä kokeessa esitettiin harvemmillä väleillä ja samoin todennäköisyyksin, jolloin muutoksen havaitsemisvasteita ei synny. Esiin tulevat äänten perusprosessointia kuvaavat vasteet. Ne heijastavat äänen alkamiseen ja loppumiseen liittyviä havaintoprosesseja. Tulokset näyttivät, että lukioppilailla oli eroja sekä N1 että P2-vasteissa. Tyypillisesti lukevilla lapsilla oli pienempi vaste pitkään nousuaikaan ja suurempi vaste lyhyeen nousuaikaan, kuten pitäisikin olla aiempien aikuiskokeiden perusteella. Heikoilla lukijoilla N1-vaste oli yhtä suuri molempiin ärsykkeisiin, eli heidän kuulojärjestelmänsä ei tehnyt eroa kahden eri nousuajan välille. N1 vasteen poikkeavuus vahvisti edellisessä kokeessa heränneet epäilyt perusvasteen poikkeavuudesta. Yleisempi löydös oli pienempi P2 vaste lukioppilailla. P2 vasteen merkitys on aiemmassa kirjallisuudessa vielä epäselvä, mutta se saattaa heijastaa joko ärsykepiirteiden prosessoin-

tia tai tarkkaavuuteen liittyviä mekanismeja. Tarkkaavuustulkinta olisi yhteneväinen edellisen kokeen P3a tulosten kanssa. Tutkimukset siis antavat viitteitä siitä, että ainakin osalla dylsektikoista on pulmia äänten prosessoinnissa ja että tämä pulma on yhteydessä niin äännetietoisuuteen kuin kirjoitustarkkuuteenkin. Pulma saattaa näkyä useammassa prosessissa eli äänten piirteiden havainnossa ja tarkkaavuudessa.

Tulevien tutkimusten selvitettäväksi jää, onko äänten prosessoinnin pulma syy-seuraussuhteessa lukipulmiin. Ryhmätasolla lukipulmaiset eroavat tyypillisesti lukevista sekä käyttäytymistasolla että aivoprosessien tasolla ja epätyypillinen havaitseminen on yhteydessä heikkoon lukutaitoon. On kuitenkin mahdollista, että löydökset vain esiintyvät samaan aikaan dysleksian kanssa, että niillä on jokin yhteinen alkuperä, mutta ne eivät vaikuta toisiinsa. Toinen mahdollisuus on, että äänten prosessoinnin pulmat vaikuttavat lukipulmiin, mutta ne eivät ole dysleksian syynä. Äänten prosessoinnin pulmat voivat siis heikentää jo ennestään heikkoa lukutaitoa. Kolmas mahdollisuus on, että äänten prosessoinnin pulmat ovat olleet joidenkin lukioppilaiden dysleksian taustasyynä. Perustavanlaatuisen ongelma äänten prosessoinnissa heikentää puheen havaintoa ja puheesta syntyviä hermostollisia edustuksia aivoissa. Tämän seurauksena kirjainten yhdistäminen puheäänteisiin voi tuottaa ongelmia ja hidastaa lukemaan ja kirjoittamaan oppimista.

Tutkimus siis jätti auki monia kysymyksiä ja herätti uusia kysymyksiä. Jotta oppimisvaikeuksien taustasyistä saataisiin tarkempaa tietoa, uusia analyysi- ja tutkimusmenetelmiä täytyy kehittää eteenpäin. Nämä vaativat pitkäjänteistä kehitystyötä ja perustutkimusta. Lisäksi eri tieteen alojen tutkimusten tulosten yhdistäminen on

haasteellista: geneettisen, anatomisen, aivojen toiminnallisen ja käyttäytymistason löydösten yhteenliittäminen on kuitenkin tärkeää dysleksian kokonaisvaltaisessa ymmärtämisessä. Tulevaisuudessa dysleksian taustasyiden selvittämisen tulisi keskittyä harjoittelu-tutkimuksiin ja hyvin varhain, jo sikiön kehityksen aikana, aloitettaviin seurantatutkimuksiin. Näillä menetelmillä voidaan pureutua tehokkaasti syy-seurausyhteyksien selvittämiseen. Molemmat näistä tutkimustavoista vaatisivat suuria resursseja ja ennen kuin tällaisia tutkimuksia kannattaa aloittaa, on syytä olla tarkasti selvillä, mihin kannattaa keskittyä ja onko ylipäänsä perusteltua jatkaa äänten perusprosessoinnin tutkimusta dysleksian yhteydessä.