

MUSIIKIN MERKITYS KUULOVIKAISEN LAPSEN KUNTOUTUKSESSA

Ritva Torppa, Käyttäytymistieteen laitos, Helsingin Yliopisto ja Musiikin laitos, Jyväskylän Yliopisto
Minna Huotilainen, Käyttäytymistieteen laitos, Helsingin Yliopisto ja Musiikin laitos, Jyväskylän Yliopisto

Tässä artikkelissa esittelemme musiikin harrastamisen ja puhekielen kehityksen yhtymäkohtia. Tuomme esille myös alustavia tuloksia omasta seurantatutkimuksestamme, jossa tutkitaan puheen havaitsemista sisäkorvaistutetta (SI) käyttävillä lapsilla suhteessa musiikilliseen harrastuneisuuteen. Tärkeäksi havainnoksi nousi vanhempien laulamisen merkitys kuulovikaiselle lapselle: mitä enemmän vanhemmat olivat laulaneet sisäkorvaistutetta käyttävälle lapselle, sitä paremmin lapsi havaitsi sana- ja lausepainon. Aikuisjohtoinen, aktiivinen musiikkitoiminta näyttää vaikuttavan kuulohavaintotaitoja edistävästi. Alustava johtopäätöksemme on, että laulamisen vaikutus perustuu sen taipumukseen herättää lapsen huomio sekä laulujen toistuviin ja kuulovikaiselle lapselle helpommin havaittaviin sävel-, voimakkuus- ja kestomuutoksiin. Tämä auttaa kuulovikaista lasta kiinnittämään huomion puheen prosodisiin piirteisiin vaikuttaen todennäköisesti puhekielen oppimiseen. Musiikkitoiminnan ja etenkin laulamisen pitäisikin kuulua kuulovikaisen lapsen kuntoutukseen ja arkielämään.

Avainsanat: kuntoutus, laulaminen, musiikki, prosodia, puheen havaitseminen, sisäkorvaistute, kuulovika

JOHDANTO

Musiikin harrastaminen suomalaisten kuulovikaisten lasten elämässä on ollut vähäistä. Monen kuulovikaisen lapsen vanhemmat ovat luopuneet laulamisesta lapsensa kanssa ajatellen, ettei siitä ole hyötyä. Moni vanhemmista on myös ajatellut, että heidän kuulovikaisen lapsensa ei kannata harrastaa musiikkia, kos-

ka se olisi liian haastavaa ja hyödytöntä, jopa vahingollista heidän lapselleen. Käynnit Englannissa Mary Hare kuurojen koulussa tuovat esille kuitenkin aivan uudenlaisen näkemyksen asiasta. Siellä laulu- tai soittotunnit ja musiikin teorian opetus ovat aivan konkreettisesti osa jokapäiväistä elämää. Nämä vaikeasti kuulovikaiset lapset soittavat sisäkorvaistutteen tai akustisen kuulokojeensa avulla huilua, klarinetteja, pianoa, bändisoittimia, ja löytyy hyviä laulusolistejakin. Oppilaat tekevät omia musikaalejaan, jotka he säveltävät ja sanoittavat itse, nauttien silminnähdessä musisoinnista ja musiikillisesta ilmaisusta. Tässä artikkelissa kerromme sekä seurantatutkimuksemme ”Musiikki sisäkorvaistutetta käyttävien lasten puheen havaitsemisen ja puhekielen kehittäjä-

Yhteystiedot:
Ritva Torppa
Helsingin yliopisto,
Käyttäytymistieteen laitos,
Kognitiivisen aivotutkimuksen yksikkö,
Monitieteisen musiikintutkimuksen huippuyksikkö,
PL 9 (Siltavuorenpenger 1B)
00014 Helsingin yliopisto
ritva.torppa@helsinki.fi

nä” alustavista tuloksista, että valotamme Mary Hare -koulun rohkean ratkaisun teoreettisia perusteita eli sitä, miten musiikki voi vaikuttaa kuulovikaisen lapsen kuulohavaintotaitojen ja puhekielen kehitykseen.

Sisäkorvaistutteen toiminta; äänen korkeuksien, kestojen ja voimakkuuksien välittyminen

Sisäkorvaistute on sähköinen kuulolaite, joka mahdollistaa erittäin vaikeasti kuulovikaisille henkilöille puheen kuulemisen ja oppimisen. Laite poimii puhe- tai äänisignaalin verhoikäyrän ja välittää sen sisäkorvan sisälle asetettuun elektrodijärjestelmään, josta se johdetaan sähköisinä impulsseina kuulohermoon (Moore, 2003a; Wilson & Dorman, 2008). Sisäkorvaistute suodattaa äänisignaalin usealle taajuuskaistalle. Jokaisen taajuuskaistan alipäästösuodatetun signaalin verhoikäyrää käytetään muuntelemaan sitä vastaavan elektrodin välittämän pulssijonon voimakkuusvaihteluja. Laite mahdollistaa puhekielen oppimisen, vaikka laitteen välittämä tieto äänistä on väistämättä normaalia kuulojärjestelmästä poikkeavaa.

Normaalisti toimiva sisäkorva pystyy välittämään tarkan tiedon äänen korkeuksista kahden samanaikaisesti toimivan koodausjärjestelmän avulla (Pickles, 2008). Paikkakoodauksessa sisäkorvan värähtelyn voimakkain paikka on kuullun äänen taajuutta vastaavalla kohdalla, kaistalla. Ajallisessa ns. vaihekoodauksessa sisäkorvan kuulohermolle välittämät aktiopotentiaalipurskeet tahdistuvat siten, että hermoimpulsseja lähetetään äänen perustaajuudella (esim. Faulkner, 2003; Moore, 2003b; Pickles, 2008). Nykyisten ns. CIS-pohjaisia (Continuous Interleaved Sampling) strategioita käyttävien sisäkorvaistutteiden tarjoama tieto paikkakoodauksen suhteen on rajoittunut laitteen vähäisen kanavamäärän (12–22 Suomessa käytössä olevissa laitteis-

sa) ja sähkövirran leviämismiljöön (”current spread”) vuoksi (Fu & Nogaki, 2004; Moore, 2003a; Wilson & Dorman, 2008). Tällöin monimutkaisten (yläsävelharmonioita sisältävien) äänten äänenkorkeuksien kuulemiselle tärkeät alemmat yläsävelet eivät ole laitteen avulla normaalisti erotettavissa toisistaan. Normaalin kuulojärjestelmän vaihekoodauksen (temporaalinen eli ajallinen tieto) suhteen laite ei välitä mitään tietoa, koska pulssit lähetetään aina samalla nopeudella riippumatta äänen taajuudesta (Moore, 2003a; Wilson & Dorman, 2008).

Sisäkorvaistute välittää kuitenkin jonkinlaista ajallista tietoa periodisten (so. useita harmonisia yläsäveliä sisältävien) äänten perustaajuudesta puheprosessorista välittyvien pulssien voimakkuusvaihteluissa. Normaalissa sisäkorvassa, silloin kun monimutkaisen äänen osasävel on voimakas verrattuna läheisiin harmonisiin yläsäveliin, kuulohermoon aktiopotentiaalipurskeet tahdistuvat ko. taajuudelle ominaisella kaistalla kyseisen yläsävelen taajuuteen. Sen sijaan hermosyyt, joiden ominaistaajuus ja kaistat osuvat näiden yläsävelten väliin, tahdistuvat perustaajuuteen. Tämä mahdollistaa sen, että vaikka emme kuule perustaajuutta tai kaikkia monimutkaisen äänen osasäveliä, voimme kuulla monimutkaisen äänen perustaajuutta vastaavan äänenkorkeuden (Geurts & Wouters, 2001). Sisäkorvaistute välittää perustaajuuden juuri tämäläntäpäisellä mekanismilla, mikäli kaistanpäästösuodattimien rajataajuus kullakin kanavalla on suurempi kuin perustaajuus. Tällöin perustaajuus vaikuttaa edellä kuvatulla tavalla puheprosessorin välittämiin pulssin voimakkuusmuutoksiin ja näkyy laitteen kanavilla pulssin voimakkuuden perustaajuutta heijastavana vaihteluna; ilmiöstä käytetään nimeä ”temporal pitch” (Geurts & Wouters, 2001; Green, Faulkner, Rosen, & Macherey, 2005; Wilson & Dorman, 2008). Jotta perustaajuudesta vihjaavat

kanavien verhoikäyrien vaihtelut välittyisivät selkeinä, pitää pulssinopeuden olla 4–5 kertaa perustaajuutta suurempia. Esimerkiksi jos puheen perustaajuus on välillä 80–350 Hz, täytyy pulssinopeuden olla vähintään 1400 Hz, jotta kaikki puheen perustaajuuden vaihtelut välittyisivät (McKay, McDermott, & Clark, 1994). Tällainen puheprosessorin välittämä pulssin voimakkuuden ajallinen vaihtelu voi välittää tietoa puheen ja musiikin perustaajuuden korkeudesta vain matalilla äänenkorkeuksilla. Sisäkorvaistutteen käyttäjät voivat havaita tällaista ajallista tietoa n. 300 Hz:iin saakka, ja kyky hyödyntää ajallista tietoa vaihtelee henkilöstä toiseen (Green, Faulkner & Rosen, 2002; Green ym., 2005; Mc Dermott & McKay, 1997).

Istutteissa tapahtuu myös paikkakoodauksen tyyppistä perustaajuuden välittymistä (Kwon & Honert, 2006; Nobbe, Schleich, Zierhofer, & Nopp, 2007). Tämä perustuu siihen, kuinka voimakkaasti tietyllä kaistalla oleva ääni stimuloi laitteen vierekkäisiä taajuuskaistoja. Kun kahden vierekkäisen kanavan sähköisen stimulaation voimakkuus vaihtelee nopeasti, voi syntyä aistimus erikorkuisista äänistä. (Kwon & Honert, 2006; Nobbe ym., 2007). Istutteen käyttäjät pystyvät seuraamaan puheäänien korkeuden muutoksia myös hitaiden, perusäänien korkeuteen liittyvien yläsävelten eli formanttien siirtymien (”spectral information”, spektraalinen tieto) perusteella, mutta esim. diftongien päinvastaisiin suuntiin tapahtuvat formanttisiirtymät vaikeuttavat tämän informaation havaitsemista (Green ym., 2002). Instrumentaalimusiikissa soittimen yläsävelrakenne vaikuttaa istutteen käyttäjien äänen korkeuksien ja melodioiden havaitsemiseen, jolloin eri soittimilla esitettyinä sama melodia voi kuulostaa erilaiselta (Galvin, Fu, & Oba, 2008). Ja lopulta, musiikin tai puheen äänen voimakkuuden vaihtelu vaikuttaa myös istutteen käyttäjien äänen korkeuden

havaitsemiseen eri tavalla kuin normaalisti kuulevilla henkilöillä. Äänen voimistuminen aiheuttaa mm. laitteen sähkövirran voimistumisen, joka johtaa siihen, että sähkövirtaa leviää viereisiin elektrodeihin, ja aistimus äänen korkeuden muutoksen suunnasta muuttuu, ja edelleen, muutokset ajallisessa tiedossa vaikuttavat äänen korkeuden aistimiseen eri tavalla eri elektrodeilla (Carlyon, Lynch, & Deeks, 2010). Tutkimuksissa on todettu, että monilla istutteen käyttäjillä on vaikeuksia musiikin äänen korkeuden muutosten havaitsemisessa, ja että he tukeutuvat todennäköisesti enemmän rytmiin kuin äänen korkeuden muutoksiin melodioiden tunnistamisessa (aikuisien osalta, Drennan & Rubinstein, 2008; lasten osalta: Mitani ym., 2007; Vongpaisal, Trehub, & Schellenberg, 2006). On kuitenkin todettu, että melodioiden havaitsemista voidaan parantaa harjoittelemalla ja että se on yhteydessä musiikin harrastamisen määrään. Yksilöllinen vaihtelu äänen korkeuksien ja melodioiden havaitsemisessa on myös suuri (Drennan & Rubinstein, 2008). Musiikin harrastaminen saattaa siis auttaa laitteen käyttäjiä havaitsemaan äänen korkeuseroja erilaisista äänilähteistä.

Äänen korkeuksien havaitsemisen ongelmat heijastuvat myös sisäkorvaistutteen käyttäjien puheen prosodian havaitsemiseen (puheen suprasegmentaaliset piirteet, painotus ja intonaatio; Klieve & Jeanes, 2001; Meister, Landwehr, Pyschny, Walger, & von Wedel, 2009; O’Halpin, 2010; Peng, Tomblin, & Turner, 2008; Vainio, 2010). Esimerkiksi sana- ja lausepainoon liittyy yleensä myös äänen voimakkuuden muuttumista, mikä saattaa osaltaan vääristää istuttelasten puheen äänen korkeuden suunnan muutoksen havaitsemista, vaikka tämä ei kenties ole prosodian havaitsemisen kannalta yhtä tärkeää kuin musiikissa. Esimerkiksi suomen kielessä kuitenkin kvantiteetti (kaksoisään-

teiden koodaaminen kestona) ja sanahahmo ilmaistaan yhdessä äänen korkeuden suunnan muutosten eli tonaalisten piirteiden ja kestojen kanssa (Järvikivi, Vainio & Aalto, 2010; Vainio, Järvikivi, Aalto, & Suni, 2010). Vaikka selkeässä puheessa havaitsemisen ongelmia ei ole, voidaan ennustaa, että istuteluapsilla on vaikeuksia spontaanin puheen havaitsemisessa, jossa ilmaisu on joskus vain toisen viheen varassa (Järvikivi ym., 2010; Vainio ym., 2010). Ongelma on todennäköisesti suurin juuri kieltä omaksuttaessa.

Akustisen kuulokojeen käyttäjät ovat etu-asemassa äänen korkeuksien havaitsemisen suhteen sisäkorvaistutteen käyttäjiin verrattuna. Laitteen välittämä tieto yläsävelrakenteesta vaihtelee akustisen kuulokojeen käyttäjien keskuudessa. Tämä johtuu siitä, että sisäkorvan aistinsolujen ja neuroniyhteyksien säilyminen sekä jäännöskuulon määrä ja laatu vaihtelevat henkilöstä toiseen. Näin myös kuulokojeen vahvistamien yläsävelten koostumus vaihtelee. Kuitenkin akustinen kuulokoje välittää äänen korkeuksien havaitsemiselle tärkeän tiedon äänten ajallisesta hienorakenteesta. Onkin todettu, että akustisella kuulokojeella melodioiden havaitseminen on helpompaa kuin sisäkorvaistuttelella (esim. Looi, McDermott, McKay, & Hickson, 2008).

Prosodian ja laulamisen merkitys puhekielen kehityksessä

Sisäkorvaistutetta käytävillä lapsilla on usein ongelmia puhekielen kehityksessä. Lyhytkestoinen kuulomuisti on normaalia heikompi (Burkholder & Pisoni, 2006). Sanavarasto jää normaalikuuloisia lapsia kapeammaksi, vaikka pidetään mahdollisena, että nuorena laitteen saaneet lapset saavuttaisivat normaalikuuloisia vastaavan sanavaraston (Hayes, Geers, Treiman, & Moog, 2009). Suomenkielisille istuteluapsille erityisesti kielioppipäätteet ovat vaikeita havaita ja muistaa. Puhekielen kehi-

tyksen ongelmat johtuvat suurelta osin laitteen toimintarajoituksista: kanavien vähäisyys ja erityisesti ajallisen hienorakenteen puutteellinen välittyminen aiheuttavat ongelmia myös puheen havaitsemisessa. Konsonanttien ja koartikulaation eli äänten rajoilla tapahtuvien muutosten havaitseminen (Faulkner, 2003; Välimaa, 2002), äänen laadun ja äänen korkeuden, sekä tähän liittyen samanaikaisten äänten erottelu, puheen havaitseminen taustahälyssä ja puheen prosodian havaitseminen on vaikeaa (Drennan & Rubinstein, 2008; Gfeller ym., 2007; Klieve & Jeanes, 2001; Meister ym., 2009; Mitani ym., 2007; O’Halpin, 2010; Peng ym., 2008).

Kansainvälisessä tutkimuskentässä sisäkorvaistutteen käyttäjien äänen korkeuksien havaitsemisen parantamista pidetään keskeisenä tavoitteena, koska se liittyy niin moneen kuulohavaintotaitoon ja on laitteen ”kompastuskivi”. Prosodian havaitsemista on tässä yhteydessä korostettu, koska sen on todettu olevan tärkeää pienen lapsen puheen omaksumisen alkuvaiheessa. Pieni vauva ei vielä havaitse puhetta kategorisesti, äänteinä, kuten aikuinen kuulija. Vauva kiinnittää huomionsa ensin kuulemansa puheen intonaatioon ja painotukseen, ja käyttää näitä puheen piirteitä puheen pilkkomiseen pienempiin, lopulta merkityksellisiin, vauvan muistikapasiteetin kannalta sopiviin yksiköihin (Jusczyk, 1997). Englanninkielisissä tutkimuksissa on havaittu, että normaalisti kuulevat vauvat olettavat 6–9 kk iässä jatkuvaa puhevirtaa kuunnellesaan sanapainon merkitsevän uuden sanan alkamista (Jusczyk, Houston, & Newsome, 1999). Jos vauva on havainnut sanapainon hyvin, hänen kielelliset taitonsa ovat myöhemmällä iällä paremmat kuin sellaisella lapsella, joka on havainnut tavupainon heikosti (Newman, Ratner, Jusczyk, Jusczyk, & Dow, 2006). Vanhemmat kautta maailman puhuvat vauvalle sävelkulultaan, äänenpainoiltaan ja äänneiden pituuksiltaan vaihtelevalla tavalla.

Tätä puhetyyliä kutsutaan lapselle suunnatuksi puheeksi tai hoivapuheeksi. Suomalaisissa ja ulkomaisissa tutkimuksissa on todettu, että rikkaalla hoivapuheen prosodian muuntelulla on yhteys parempaan kielelliseen kehitykseen. Vanhempien äänen korkeuden muuntelu auttaa lasta kiinnittämään huomion painollisiin sanoihin, ja näin lapsi segmentoi tärkeitä sanat jatkuvasta puhetulvasta (Arola, Paavola, & Körkkö, 2010). Prosodia kertoo myös aikuiselle lausepainon avulla, mikä sana lauseessa on tärkeä (Vainio & Järvikivi, 2006, 2007; Vainio, 2010). Lauseen loppua kohti laskeva äänenkorkeus ja äänenvoimakkuus kertovat, milloin lause on loppumassa, ja prosodia välittää tietoa puhujan tunne- ja vireystilasta (Juslin & Laukka, 2003; Vainio, 2010).

Prosodian havaitseminen saattaa olla vielä tärkeämpää kuulovikaisille kuin normaalisti kuuleville lapsille. Vahvan akustisen kuulokojen tai sisäkorvaistutteen saava lapsi ei kuulon kuntoutuksen alkuvaiheessa pysty erottelemaan puheen ääniteitä. Kuulovikainen lapsi elää siis pitkään tilanteessa, jossa hän joutuu tukeutumaan kaikkiin mahdollisiin apukeinoin puhetta oppiakseen: ilmeisiin, eleisiin, viittomiin, vinkkipuheeseen, huuliolukuun ja prosodiaan. Jos kuulovikainen lapsi havaitsee prosodian hyvin, hän saa siitä paljon tarvitsemaansa tukea varhaisessa kielenomaksumisen vaiheessa. Kyvyn matkia prosodiaa onkin todettu liittyvän istutelasten parempaan kykyyn tunnistaa sanoja ja ymmärtää puhetta (Carter, Dillon, & Pisoni, 2002). Hyöty ulottuu todennäköisesti myös lukemis- ja kirjoittamisvalmiuksiin (Anvari, Trainor, Woodside, & Levy, 2002), jotka liittyvät kykyyn pilkkoa puhetta paitsi ääniteiksi, myös tavuiksi ja sanoiksi. Aikuiset hyödyntävät sanapainoa sanojen erotelussa puhevirrasta (Tuomainen, 2001) sekä vieraan kielen oppimisessa (Morrill Adams, 2010). Hyvän prosodian havaitsemisen tuoma hyöty ulottuu siis aikuisuuteen saakka.

Vauva pitää läheistensä laulusta—vaikka he laulaisivat nuotin vierestä. Tärkeintä on laulajan tuttuus ja sen välittämä tunteiden kommunikaatio (Papousek, 2003). Vauva havaitsee prosodiaa heti syntymänsä jälkeen (Sambeth, Ruohio, Alku, Fellman, & Huotilainen, 2008). On havaittu, että myös kuurojen vanhempien lapset ovat heti syntymänsä jälkeen kiinnostuneet laulamisesta ja hoivapuheesta (Masataka, 1999). Kiinnostuksen syynä saattaa siis olla ihmiselle synnynnäinen taipumus kiinnostua rikkaasta prosodiasta ja laulamisesta. Lapselle suunnatun hoivapuheen puhenopeus (noin kaksi tavua sekunnissa, vrt. normaalissa puheessa n. 6-7 tavua sekunnissa), rytmi, äänen korkeuden, voimakkuuden ja keston muutokset vaihtelevat tilanteesta toiseen. Sen sijaan vauvalle suunnattujen laulujen korkeus, esitystahti, rytmi ja dynaaminen alue säilyvät yllättävän samoina, ottaen huomioon, ettei laulunäytteitä antaneilla vanhemmillä ole musiikillista koulutusta (Bergeson & Trehub, 2002; Patel, Peretz, Tramo, & Labreque, 1998). Tutkijat esittävät, että puheeseen verrattuna laulu saa lapsen vireystilan säilymään tasaisempana, jolloin vireystilaa voidaan säilyttää pidempään (Nakata & Trehub, 2004; Tronick & Gianino, 1986). Nagata ja Trehub (2004) ovat havainneet, että pienen vauvan huomio myös suuntautuu aikuiseseen paremmin, kun lapselle lauletaan verrattuna siihen, että hänelle puhutaan. Ehkä laulaminen on tehokkaampi huomion kiinnittämisessä siksi, että se on emotionaalisempaa kuin puhe; vauvojen on havaittu myös kiinnittävän huomion tehokkaammin emotionaaliseen puheeseen kuin emotionaalisesti neutraaliin puheeseen (Juslin & Sloboda, 2001).

On havaittu, että muutaman kuukauden kuluttua sisäkorvaistutteen aktivoinnista pienet lapset katsovat mieluummin äidin laulua, jos siinä on mukana ääni kuin laulua ilman ääntä (Trehub, Vongpaisal, & Nakata, 2009,

raportoimat alustavat tulokset Volkovan ym. tutkimuksesta). Jo ennen kuin he ymmärtävät sanoja, he kuuntelevat mieluummin hoivapuhetta kuin aikuiselle suunnattua puhetta, mikä on osoitus siitä, että he havaitsevat eron prosodiassa (Trehub ym., 2009). Tämä viittaa siihen, että he havaitsevat myös vanhempien laulavan. Lapselle suunnattu laulaminen on todennäköisesti kaikille kuulovikaisille lapsille samalla tavalla merkityksellistä kuin normaalisti kuuleville lapsille. Kun kaikki edellä mainittu tieto yhdistetään siihen, että musiikki on vahvasti yhteydessä aivojen muistijärjestelmiin, ja että laulaminen tehostaa sanojen muistamista ja oppimista (Ho, Cheung, & Chan, 2003; Thiessen & Saffran, 2009; Wallace, 1994), laulaminen voi olla lapselle, myös kuulovikaiselle, äärimmäisen tärkeää.

Miten musiikin harrastaminen voi vaikuttaa lapsen puhekielen kehitykseen – prosodia, kuulohavaintotaidot, vireys ja hyvinvointi

Musiikin harrastaminen vaikuttaa normaalkuuloisten aikuisten ja lasten prosodian havaitsemiseen (Besson, Schön, Moreno, Santos, & Magne, 2007; Magne, Schön, & Besson, 2003, 2006; Schön, Magne, & Besson, 2004; Thompson, Schellenberg, & Husain, 2004). Näin saattaa olla myös kuulovikaisten lasten kohdalla, mutta asiaa ei ole ennen seurantatutkimustamme tutkittu. Musiikin harrastaminen voi vaikuttaa kuitenkin lapsen kehitykseen myös monella muullakin tavalla. Useat kansainväliset tutkimukset osoittavat, että musiikkiharrastuksella on voimakkaita vaikutuksia lapsen aivojen kehittymiseen. Pelkkä musiikin kuunteleminen aktivoi aivoja laajasti. Musiikkia kuunneltaessa aktivoituvat kuulojärjestelmän alueet, etuotsalohkon alueet, pikkuaivot, hippokampus (aivoturso), amygdala (mantelitimake) ja nucleus accumbens (Levitin & Tirovolas, 2009; Tramo,

2001; Zatorre, Chen, & Penhune, 2007). Musiikin kuulemisen on eläinkokeissa osoitettu muokkaavan kuuloaivokuoren rakennetta ja tehostavan eläimen oppimiskykyä ja muistia (Percaccio, Pruette, Mistry, Chena, & Kilgard, 2007; Percaccio ym., 2005) lisäämällä hermosolujen määrää ja hermojen kasvutekijöiden määrää hippokampusissa ja aivokuoren eri alueilla. Laajojen eläinkokeiden perusteella pelkkä musiikille altistuminen saa aikaan lukuisia myönteisiä vaikutuksia, vaikkei musiikki kuulu näiden eläinten normaaliin ääniympäristöön. Musiikin sopivassa määrin toistoa sisältävässä monimutkaisessa rakenteessa lienee siis jotain yleisesti aivokudoksen kasvua ja hyvinvointia edistävää.

Tutkittaessa aikuisen ammattimuusikon aivoja havaitaan useita eroavaisuuksia ei-muusikon aivoihin verrattuna. Aivojen toimintaa tutkittaessa on havaittu, että vasteet musiikillisille äänille, pienille muutoksille äänisarjoissa ja oman soittimen äänille ovat kasvaneet (Pantev ym., 1998; Tervaniemi, Rytönen, Schröger, Ilmoniemi, & Näätänen, 2001). Jo aivorungon tasolla vasteet sekä musiikillisille että puheäänille ovat kasvaneet ja nopeutuneet (Musacchia, Sams, Skoe, & Kraus, 2007; Strait, Kraus, Skoe, & Ashley, 2009; Wong, Skoe, Russo, Dees & Kraus, 2007). Aivojen rakenteen tutkiminen paljastaa, että muusikoilla aivojen harmaan aineen tilavuus on kasvanut kuulojärjestelmän alueilla, liike- ja tuntojärjestelmän alueilla, ja useilla otsalohkon alueilla ja pikkuaivojen ja aivokurkiaisien etuosan tilavuus on kasvanut (Gaser & Schlaug, 2003; Schlaug, Jancke, Huang, Staiger, & Steinmetz, 1995; Schneider ym., 2002). Tämä laajentunut harmaan aineen tilavuus näkyy käytännössä parempana prosessointikapasiteettina liittyen mihin tahansa ääniin ja on hyödynnettävissä esimerkiksi silloin, kun muusikko kuuntelee puhetta meluisissa olosuhteissa.

Edellä kuvatut rakenteelliset muutokset muusikon aivoissa ovat seurausta tuhansien

tuntien panostuksesta musiikkiharrastukseen lapsuudesta lähtien. Lapsilla musiikkiharrastuksen vaikutus aivojen rakenteisiin näkyy musiikkiharrastuksen aloittamisen jälkeen yllättävän nopeasti. Tutkittaessa esimerkiksi vain 15 kk pianonsoittoa harrastaneita lapsia havaitaan heidän aivoissaan kuulojärjestelmän, tuntojärjestelmän ja aivokurkiaisien alueella samansuuntaisia muutoksia, joita on nähty aikuisten muusikoiden aivoissa (Hyde ym., 2009). Samoin 4–5-vuotiailla Suzuki-opetukseen osallistuneilla lapsilla nähdään aivovasteiden voimistumista jopa kolme vuotta omaa ikätasoa suuremmiksi (Shahin Roberts, & Trainor, 2004). Lapsilla aivojen rakenteen edulliset muutokset näyttävät siis olevan erittäin nopeita.

Tutkittaessa musiikkia harrastavia lapsia tai aikuisia huomataan useiden kognitiivisten taitojen korreloivan musiikkiharrastuksen määrään. Esimerkiksi spatiaalisen päättelykyvyn, lukemisen, äänneiden havaitsemisen ja yleisen älykkyyden on havaittu korreloivan musiikkiharrastukseen lapsilla (Nelson & Barresi, 1989; Lamb & Gregory, 1993; Douglas & Willats, 1994). Musiikkia harrastaneet suoriutuvat paremmin tehtävissä, joissa testataan kielellistä muistia, vieraan kielen havaitsemista ja lausumista, sanasujuvuutta, yleistä älykkyyttä, avaruudellista hahmottamiskykyä, tarkkaavaisuuden suuntaamista ja lukemista (Chan, Ho, & Cheung, 1998; Hassler, Birbaumer & Feil, 1985; Hurwitz, Wolff, Bortnick & Kokas, 1975; Milovanov, Huotilainen, Välimäki, Esquef, & Tervaniemi, 2008; Milovanov, Tervaniemi, Takio, & Hämäläinen, 2007; Schellenberg, 2004). Tutkimustulokset ovat kiistämättömiä ja ne on pystytty toistamaan useiden eri tutkimusryhmien toimesta ja useissa eri maissa. Edellä esitellyissä korrelaatiotutkimuksissa on kuitenkin ongelmana se, että ne eivät tuo tietoa tutkittujen taitojen ja musiikillisten taitojen tai kiinnostuksen alkuperäisistä suorista yhteyksistä. Kausaalinen päättely on mahdo-

tonta, sillä tämänkaltaisissa tutkimuksissa ei koskaan voida täydellisesti samankaltaistaa musiikkia harrastavien ja ei-harrastavien ryhmiä. Kansainvälisissä tutkimuksissa onkin siirrytty yhä enemmän interventiotutkimuksiin: kaikki tutkimukseen osallistuvat lapset valitaan musiikkia harrastamattomien lasten joukosta ja satunnaistetaan tarkasti kahteen samankaltaiseen ryhmään, joista toiselle tarjotaan musiikinopetusta. Tämänkaltaisissa tutkimuksissa on havaittu, että musiikkiopetusta saaneiden lasten ryhmä pärjäsi paremmin matemaattisissa ja avaruudellista hahmottamista vaativissa tehtävissä, päätteilytehtävissä, luku- ja kirjoitustehtävissä kuin vertailuryhmä, joka oli osallistunut muuhun harrastukseen (yleensä kuvataide) (Bilhartz, Bruhn, & Olson, 2000; Costa-Giomi, 1999; Graziano, Peterson, & Shaw, 1999; Rauscher & Zupan, 2000; Standley & Hughes, 1997). On huomattavaa, että molempien ryhmien lapset testattiin huolellisesti ennen interventiota aloittamista siten, että ryhmien tulokset testeissä olivat aluksi mahdollisimman tarkkaan samat. Interventiotutkimukset osoittavat, että aiemmin korrelaatiotutkimuksissa saadut tulokset selittyvät todellakin pääasiassa musiikkiharrastuksen vaikutuksilla ja että perinnöllisten taipumusten tai kotiympäristön vaikutus on harrastuksen vaikutuksia pienempi.

Edellä esitetyn valossa voidaan todeta, että musiikkiharrastus tukee lapsen puheen havaitsemista, kielellisiä kykyjä ja kognitiivisia taitoja ja että musiikkiharrastuksen aloittamisen jälkeen vaikutukset näkyvät jopa vain muutamien kuukausien kuluttua. Kuulovikaisten lasten osalta musiikin harrastamisen vaikutuksia ei ole vielä juurikaan tutkittu. On kuitenkin todettu, että musiikin havaitsemisella on yhteys sisäkorvaistutteen käyttäjien puheen havaitsemiseen hälyisissä oloissa (Drennan & Rubinstein, 2008). Ne istutelapset, jotka kuuntelevat enemmän musiikkia, tunnistavat sanoja paremmin kuin

vähemmän musiikkia kuuntelevat (Mitani ym., 2007). Nämä ovat myös viitteitä siitä, että kuulovikaisten lasten kohdalla musiikin harrastaminen olisi hyödyllistä.

Laulamisen tiedetään olevan vauvalle mieluista ja se vahvistaa vanhemman ja lapsen emotionaalista yhteyttä (Papousek, 2003). Musiikin kuuntelun tiedetään nostavan vireystilaa ja parantavan suorituskykyä (mm. Thompson, Schellenberg, & Husain, 2001). Särkämön ym. tutkimuksen tulokset osoittavat, että lempimusiikin kuuntelu auttaa aivohalvauspotilaita toipumisessaan sekä mielialan, vireystilan että puhetaitojen palautumisen osalta (Särkämö ym., 2008). Lempimusiikilla voi olla terapeutinen, virkistävä ja oppimista edistävä vaikutus myös kuulovikaiseen lapseen ja aikuiseen. Sekä omat suomalaiset kokemuksemme puheen kehittymiseen tähtävistä Impi ja Ilmari Lindforsin säätiön puhemusiikkimusiikkiryhmistä että kansainväliset kokemukset (Mary Hare-koulu; Trehub ym., 2009) ovat osoittaneet, että nuorena istutteen saaneet ja muut kuulovikaiset lapset nauttivat musiikista aivan yhtä innokkaasti ja samassa kehitysvaiheessa kuin kuulevat ikätoverinsa – mikäli he pääsevät mukaan musiikin maailmaan. He pystyvät saamaan musiikista positiivisia, emotionaalisia ja vireyttä sekä suorituskykyä nostavia kokemuksia kuten normaalisti kuulevat lapset ja aikuiset. Musiikilla voi siis olla monipuolinen vaikutus kuulovikaisen, myös sisäkorvaistutetta käyttävän lapsen kielelliseen ja kokonaiskehitykseen.

SEURANTATUTKIMUS ”MUSIIKKI SISÄKORVAISTUTETTA KÄYTTÄVIEN LASTEN PUHEEN HAVAITSEMISEN JA PUHEKIELEN KEHITTÄJÄNÄ”

Tutkimusongelmat

Tutkimus on osa laajempaa hanketta, jonka tavoitteena on seurata sisäkorvaistutetta

käyttävien sekä normaalisti kuulevien lasten musiikkiin ja puhutun kielen kehitykseen liittyvien kuulohavaintotaitojen ja aivovasteiden kehitystä, sekä selvittää, vaikuttaako musiikillinen toiminta niiden kehitykseen. Tutkimuksen nyt raportoitavissa sana- ja lausepainon kuuntelukokeissa tutkitaan prosodian havaitsemista lingvistisen prosodisen ilmiön yhteydessä (O’Halpin, 2010; Vainio, 2010; Vogel & Raimy, 2002; Wells, ym., 2004). Oletuksemme on, että istutelasten äänen korkeuden havaitsemisen ongelmat heijastuvat tuloksiin, ja että musiikillinen harrastuneisuustausta on yhteydessä aikaisemmissa tutkimuksissa todettuun suureen vaihtelevuuteen lasten sana- ja lausepainon havaitsemisessa. Aiemmin toteutetuissa tutkimuksissa ei koehenkilöiden musiikkitaustaa ole huomioitu (O’Halpin, 2010; Vogel & Raimy, 2002, Wells ym., 2004). Vanhempien laulamisen oletetaan vaikuttavan tuloksiin voimakkaimmin mm. koska laulu muistuttaa puhetta akustisesti enemmän kuin instrumentaalimusiikki (kts. ”Sisäkorvaistutteen toiminta; äänen korkeuksien, kestojen ja voimakkuuksien välittyminen”; laite välittää äänen korkeudet eri tavoin erilaisista äänilähteistä), ja koska vanhempien laulamisella on todettu olevan merkittävä vaikutus lapsen huomion suuntaamiseen ja ylläpitoon (kts. ”Prosodian ja laulamisen merkitys puhekielen kehityksessä”).

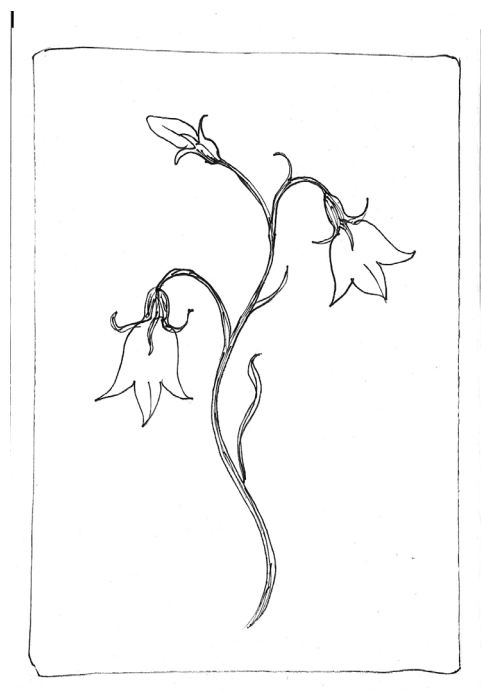
MENETELMÄT

Koehenkilöt ja tutkimuksen toteuttaminen

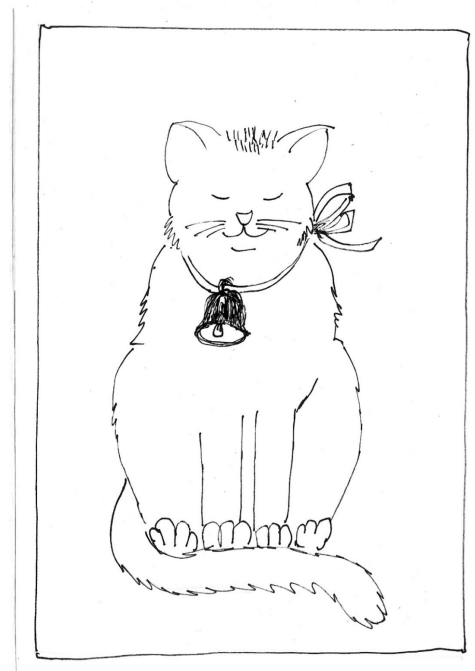
Seurantatutkimuksemme on osallistunut 30 sisäkorvaistutetta käyttävää lasta neljästä eri yliopistollisesta keskussairaalaapiiristä (HUS, TAYS, TYKS ja KYS) ja 31 normaalisti kuulevaa, tervettä, kielellisesti normaalisti kehittyntä lasta Helsingin seudulta. Tutkimukseen on saatu eettinen lupa ja tutkimusluvut kus-

takin em. keskussairaalaapiiristä. Tutkimukset on suoritettu lasten ollessa 4–13-vuotiaita. Osa lapsista on harrastanut seurannan aikana musiikkia, muut lapset ovat osallistuneet eimusiikillisiin harrastuksiin. Tässä kirjoituksessa esitellään ne tulokset, joita on aiemmin esitelty kansainvälisissä konferensseissa. Mukana on vain osa koko tutkimukseen osallistuneista lapsista, eikä lainkaan seurantatuloksia, koska tätä kirjoitusta laadittaessa kaikki lapset eivät ole vielä käyneet seurantamittauksissa. Otoksessa, josta alustavat tulokset raportoidaan, oli 17 istutelasta, iältään 4–13-vuotiaita alle 3-vuotiaana laitteen käytön aloittaneita, ja 17 vertailuryhmän lasta. Istutelasten iän keskiarvo oli 7,3v. (kh. 2,6 v.) ja vertailuryhmän lasten 6,8v. (kh. 2,4 v.). Yhtä lasta lukuun ottamatta istutelapset oli integroitu normaaleihin päiväkoteihin ja kouluihin, ja kaikki kommunikoivat puhutulla kielellä.

Tutkimuksen nyt raportoitavat toiminnalliset sana- ja lausepainon kuuntelukokeet muokattiin University College Londonissa jo käytössä olleista kuuntelukokeista (kokeiden kehittäjät: R.O. Halpin ja A. Faulkner; suomenkielinen toteutus R. Torppa, M. Vainio ja M. Leminen). Näitä osatuloksia on käsitelty myös Speech Prosody 2010 konferenssiartikkelissa (Torppa, Faulkner, Järvikivi, & Vainio, 2010). Puhunnokset äänitettiin puhetieteiden laitoksen studiolla korkeatasoisella äänityslaitteistolla. Puhujina oli mies, nainen ja kaksi tyttöä, joista toinen puhui matalammalla ja toinen korkeammalla äänellä. Kummassakin kuuntelukokeessa oli 48 osiota. Lausepainon havaitsemisen kuuntelukokeessa lauseet noudattivat muotoa subjekti, verbi, objekti (esim. ”poika maalaa veneen”). Lapsen tehtävä oli näyttää kuvasta, minkä sanan puhuja sanoi korkeammalla ja kovemalla äänellä,



Näytä kissankello.



Näytä kissan kello.

Kuva 1. Esimerkki sanapainon havaitsemisen kuuntelukokeen kuvista ja lauseista. Alleviivatulla tavulla on painotus.

niin että sana oli tärkeä. Sanapainon havaitsemisen tehtävän lauseet alkoivat aina sanalla ”näytä” (esim. ”näytä kissankello”). Sanapainon havaitsemisen kuuntelukokeessa lapsen tehtävä oli näyttää yhdyssana (esim. kissankello, kuva 1a), jos sanapaino oli vain lauseen toisen sanan alussa, tai erillissana (esim. kissan kaulassa oleva kello, kuva 1b), jos sanapaino oli sekä lauseen toisen että kolmannen sanan alussa. Kuuntelukokeet suoritettiin äänieristetyssä, akustoidussa tilassa. Äänet esitettiin kahden korkeatasoisen kaiuttimen kautta, jotka sijaitsivat 45° kulmassa lapsen korviin nähden, ja voimakkuus säädettiin äänitasomittarilla testiäänänen avulla keskimäärin 70 dB SPL voimakkuudelle istutelapsille ja 60 dB SPL voimakkuudelle normaalisti kuuleville lapsille. Äänet kuitenkin vaihtelivat voimakkuudeltaan kuten luonnollinen puhe.

Vanhemmille suunnatulla kyselyllä kerättiin musiikkiin liittyvät taustatekijät: kuinka paljon sisarukset ja vanhemmat ovat musisoineet lapsen kuullen, paljonko lapset ovat soittaneet tai laulaneet kotona, paljonko he ovat harrastaneet ohjatusti musiikkia päiväkodeissa, kouluissa tai musiikkileikkikouluissa, paljonko lapset ovat kuulleet musiikkia radiosta, CD-soittimista tai televisiosta jne. Myös sisäkorvaistutukseen ja akustiseen kuulokojeeseen liittyvät taustatekijät (käytön määrä, lapsen ikä aktiivointihetkellä), vanhempien koulutus- ja tulotaso, puheterapian määrä, puheterapeutin laulamisen määrä lapselle, lapsen ja lapselle viittomisen määrä, akustisen kuulokojeen käyttö, jne. kartoitettiin istutelasten osalta. Lisäksi potilasasiakirjoista selvitettiin mm. laitteen toimintastrategia ja pulssinopeus.

Tilastolliset menetelmät

Sekä lasten iästä että sana- ja lausepainon kuuntelukokeiden tuloksista analysoitiin mediaanit, keskihajonnat, vaihteluvälit sekä vinoudet. Tässä vaiheessa musiikkitaustan ja

prosodian havaitsemisen lineaarisen riippuvuuden astetta mitattiin sekä järjestykskorrelaatiokertoimen (ρ) että osittaiskorrelaatiokertoimen (r ; ikävaikutus kontrolloitu) avulla. Sisäkorvaistutetta käyttävien ja vertailuryhmän lasten sekä toisaalta musiikkileikkikouluun osallistuneiden ja ei-osallistuneiden lasten välisiä eroja tarkasteltiin yksisuuntaisen ANOVA:n avulla. Iän ja pulssinopeuden yhteyttä kuuntelukokeissa suoriutumiseen tutkittiin Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokertoimen avulla. Tilastolliset todennäköisyydet ilmoitetaan kaksisuuntaisina.

ALUSTAVAT TULOKSET

Taulukko 1. Alustavat tulokset sana- ja lausepainon kuuntelukokeista: keskiarvot, keskihajonnat, vaihteluvälit ja vinoudet. Keskiarvot ovat oikeiden vastausten prosenttiosuuksien keskiarvoja (Torppa, ym., valmisteilla).

		Keskiarvo	Keskihajonta	Vaihteluväli	Vinous
Istutelapset N=17	Lausepainon havaitsemisen	59,8	22,5	29,2–100	0,321
	Sanapainon havaitsemisen	59,1	11,2	43,8–79,2	0,255
Normaalisti kuulevat lapset N=17	Lausepainon havaitsemisen	62,7	24,1	31,3–97,9	-0,06
	Sanapainon havaitsemisen	63,8	9,3	50,0–85,4	0,626

Kuten taulukosta 1 nähdään, lasten suoriutuminen prosodian havaitsemisen kuuntelukokeissa oli hyvin vaihtelevaista, aivan kuten aiemmissakin tutkimuksissa (O’Halpin, 2010; Vogel & Raimy, 2002; Wells ym., 2004;). Istutelapset havaitsivat sekä lausepainoa (ANOVA; $df=1,32$, $F=0,135$, $p=0,715$) että sanapainoa (ANOVA; $df=1,32$, $F=1,784$, $p=0,191$) yhtä hyvin kuin normaalisti kuulevat lapset. Tämä tuloksemme poikkeaa aiempien tutkimusten tuloksista, jossa on tutkittu vanhempana istutteen saaneita englanninkielisiä lapsia (esimerkiksi O’Halpin, 2010). Yllättävää oli myös, että lausepainon havaitsemisen kuuntelukokeessa 100 % oikein vastanneet lapset ($n=2$) olivat sisäkorvaistutteen käyttäjiä. Molemmat olivat osallistuneet musiikkileikkikouluun, minkä lisäksi vanhemmat olivat laulaneet heille päivittäin.

Taulukko 2. Iän ja vanhempien laulamisen lineaarinen yhteys sanapainon ja lausepainon havaitsemiseen (Torppa ym., valmisteilla).

		Yhteys ikään	Yhteys vanhempien laulamiseen	
			rho	r (ikä kontrolloitu)
Istutelapset N=17	Lausepainon havaitseminen	$r=.507$ $p=.038$	$\rho=.796$ $p<.001$	$r=.899$ $p<.001$
	Sanapainon havaitseminen	$r=.124$ $p=.655$	$\rho=.718$ $p=.002$	$r=.766$ $p<.001$
Normaalisti kuulevat lapset N=17	Lausepainon havaitseminen	$r=.701$ $p=.002$	$\rho=.125$ $p=.633$	$r=.533$ $p=.033$
	Sanapainon havaitseminen	$r=.422$ $p=.092$	$\rho=.052$ $p=.841$	$r=.226$ $p=.401$

Lausepainon havaitseminen parani iän myötä molemmissa ryhmissä. Tähänastisena päätuloksena voidaan pitää sitä löydöstä, että istutelasten vanhempien laulamisen määrä lapsen kuullen mittausta edeltävänä vuonna oli erittäin vahvasti ja normaalikuuloisia lapsia voimakkaammin yhteydessä lausepainon ja sanapainon havaitsemiseen (kts. taulukko 2). Lisäksi istutelasten ryhmässä musiikkileikkikouluun osallistuminen (ANOVA, $df=1,15$, $F=9,938$, $p=.007$; $N=5$) ja sisäkorvaistutteen pulssinopeus ($r=.508$, $p=.038$) olivat tilastollisesti merkitsevissä yhteydessä lausepainon havaitsemiseen. Vanhempien soittamisen määrä lapsen kuullen edeltävänä vuonna puolestaan oli erittäin merkitsevästi yhteydessä sanapainon havaitsemiseen ($\rho=0.613$, $p=.008$; $r=.646$ ikävaikutus kontrolloitu, $p=.009$). Normaalikuuloisten ryhmässä vanhempien laulamisen lisäksi tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä taustakyselyyn olivat vanhempien soittamisen määrä lapsen kuullen edeltävänä vuonna (vain kun ikävaikutus oli poistettu, $r=.502$, $p=.047$) sekä sisarusten laulamisen määrä lapsen kuullen edeltävänä vuonna (vain kun ikävaikutus oli poistettu, $r=.537$, $p=.032$), molemmat olivat yhteydessä lausepainon havaitsemiseen. Sanapainon havaitsemiseen tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä ei normaalisti kuulevien lasten osalta löytynyt lainkaan (Torppa ym., valmisteilla).

POHDINTA

Tutkimuksemme sisäkorvaistutetta käyttävät lapset havaitsivat prosodiaa yhtä hyvin kuin vertailuryhmän lapset, joten tässä suhteessa tutkimusoletuksemme eivät toteutuneet. Tämä saattaa johtua siitä, että aiemmissa tutkimuksissa lasten ikä istutteen aktivointitihetellä on ollut vaihtelevampi ja keskimäärin myöhäisempi. Toinen syy saattaa olla siinä, että tutkimukseemme osallistuneilla istutelapsilla on ollut aiempien tutkimuksien lap-

sia enemmän musiikillisia virikkeitä. On siis mahdollista, että suomalaiset vanhemmat laulavat kuulovikaisille lapsilleen enemmän kuin muiden maiden vanhemmat—tai että otoksemme istutellapset ovat käyneet ahkerammin musiikkileikkikoulussa kuin aiempien tutkimusten lapset.

Tutkimuksemme alustavat tulokset toivat esille vanhempien laulamisen määrän erittäin voimakkaan lineaarisen yhteyden istutellasten prosodian havaitsemiseen. Myös heikompiä, tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä prosodian havaitsemisesta muuhun aikuisjohtoiseen musiikkitoimintaan nousi esille. Yhteydet olivat voimakkaampia ja selkeämpiä sisäkorvaistutetta käyttävien lasten kuin normaalisti kuulevien lasten ryhmässä, jossa havaittiin yhteys myös sisarusten laulamisesta prosodian havaitsemiseen. Oletuksemme siis toteutuivat: laulaminen, akustisesti puheen prosodiaa eniten muistuttava ja lasta luontaisesti kiinnostava musiikillinen toiminta toi vahvimman tilastollisen yhteyden. Lapselle suunnatun laulamisen kiinnostavuus ja kyky ylläpitää lapsen huomio todennäköisesti auttaa huomion suuntaamista sävelkorkeuksien, voimakkuuksien tai kestojen sekä niiden yhdistelmien vaihteluun. Lauluissa on myös suuria sävelkorkeuksien eroja, joita nuori istutteen käyttäjä pystyy havaitsemaan, ja ehkä näin hän alkaa kiinnittää huomiota sävelkorkeuksiin ja niihin liittyviin voimakkuusmuutoksiin. Vaikuttava tekijä on varmasti myös se, että laulut ovat kuulovikaisen lapsen kannalta helpotettua, hidastettua, toistuvasti samanlaista prosodiaa: sävelkorkeus pysyy lauluissa samana yhden tavun aikana ja laulukerrasta toiseen (kts. johdanto). Helpotettun ja hidastetun prosodian merkitykseen viittaa myös se, että tilastollisesti merkitseviä lineaarisia yhteyksiä ei istutellasten ryhmässä havaittu sisarusten laulamiseen tai äänitteiltä kuunneltuun musiikkiin, jotka ovat yleensä nopeita ja sisarusten osalta kenties hyvinkin

vaihtelevia kerrasta toiseen. Vanhempien soittamisen tilastollisesti merkitsevä yhteys SI-lasten sanapainon havaitsemiseen puolestaan saattaa johtua soittamisen vaikutuksesta puheen rytmin havaitsemiseen. Sanapainon tiedetään olevan enemmänkin puheen rytmiiin kuin sävelkorkeuksien muutokseen (intonaatioon) liittyvä prosodinen ilmiö (Vainio, 2010). Se, että yhteys oli vahvempi nimenomaan sisäkorvaistutetta käyttävien lasten ryhmässä, tukee siis em. johtopäätöstä. Laitteen erilainen tapa välittää äänen korkeuksia tekee todennäköisesti vaikeammaksi havaita musiikki-instrumentilla tuotettuja sävelkorkeuksien eroja kuin laulaen tuotettuja (kts. johdanto). Sen sijaan soittimella soitettuna rytmit todennäköisesti välittyvät istutteen avulla selkeämmin ja terävämmin kuin laulettuna.

Tuloksemme viittaavat myös siihen, että musisoinnin pitää olla intensiivistä, aktiivista ja aikuisjohtoista. Tämä on johdonmukaista niiden tutkimustulosten kanssa, joiden mukaan pieni lapsi ei opi puhuttua kieltä ilman vuorovaikutusta esimerkiksi kuullessaan sitä televisiosta (Kuhl, 2004, 2007). Erityisesti kuulovikaisten lasten osalta huulion näkeminen ja intensiivinen katsominen aikuisen kanssa lauletaessa voi myös tehostaa äänneiden kategorisen havaitsemisen kehitystä (mm. Teinonen, Aslin, Alku, & Csibra, 2008) – mikä kenties heijastuu myös prosodian havaitsemiseen. Prosodian tuottoon ja laulamiseen liittyy eleitä ja visuaalisia vihjeitä (kurkunpään liike, nyökyttely jne.). Merkitystä voikin olla myös peilisolujärjestelmän (Hari & Kujala, 2009; Iacoboni, 2009) toiminnalla: puutteelliset kuulohavainnot voivat korvautua osittain laulamisen näkemisellä ja toteuttamisella mallin mukaan, jolloin kuulohavainto jäsentyy merkitykselliseksi ja havaittavaksi kokonaisuudeksi erityisesti silloin, kun lapsi itse laulaa vanhemman kanssa. Se, että yhteydet vanhempien laulamiseen

olivat heikompia normaalisti kuulevien lasten ryhmässä, viittaa siihen, että kyse olisi enemmänkin laulamisen ja musiikkitoiminnan vaikuttavuudesta prosodian havaitsemiseen kuin esim. perimän tai viriketaustan tuomasta edusta. Samaan viittaa myös se seikka, että sisarusten laulaminen oli yhteydessä parempaan prosodian havaitsemiseen vain normaalisti kuulevien ryhmässä.

Alustava johtopäätöksemme siis on, että vanhempien laulamisen ja aktiivisesta musiikkiharrastuksesta kuulovikaiset lapset saavat tukea puhekielen oppimiseen sana- ja lausepainon havaitsemisen paranemisen kautta. On selvää, että kuntoutuksella yleensä, hoidon varhaisella aloittamisella, kuulovian etiologialla ja lapsen sosiaalisella ja oppimisympäristöllä on merkittävä vaikutus sisäkorvaistutetta käyttävien lasten kuntoutumiseen ja toiminnallisen tason kehittymiseen. Näyttää kuitenkin siltä, että myös aikuisjohtoisella musiikkitoiminnalla voidaan vaikuttaa istutetlasten kuntoutumiseen.

LOPUKSI

YK:n Lapsen oikeuksien julistuksessa olemme sitoutuneet tarjoamaan lapselle oikeuden kulttuuritoimintaan. Kuulovikaiselta lapselta tätä oikeutta ei pidä evätä, päinvastoin. Jo vastasyntyneellä vauvalla on musiikillisia kykyjä ja musiikki koskettaa kaikkia. Kuulovikaisella lapsella tulee olla yhtäläinen oikeus käyttää musiikkia virittämään kognitiivisiin tehtäviin ja tuomaan iloa ja hyvää oloa. Jos mahdollisuutta musisointiin ei ole, lapsi voi menettää musisoinnin tuoman vaikutuksen aivojen rakenteiden ja toiminnallisten yhteyksien kehitykseen, musiikin ja prosodian havaitsemiseen sekä emotionaaliseen ja kielelliseen kehitykseen. Yhteiskunnan kannalta olisikin edullista pohtia mahdollisuuksia kuulovikaisten lasten vanhempien musiikilliseen ohjaukseen ja musiikkitoiminnan kehittämiseen.

Pienen, juuri kuulokojeensa saaneen lapsen kohdalla avainasemassa ovat kuntoutustyöryhmien edustajat ja kuntouttajat. Heidän tulisi opastaa ja tukea vanhempia laulamaan lapsensa kanssa ja osallistumaan esimerkiksi musiikkileikkikoulutoimintaan lapsen kanssa. Kuntouttajien pitäisi myös huolehtia siitä, että musiikkitoiminnassa otetaan huomioon kuulovikaisen lapsen erityistarpeet. Tätä tarkoitusta varten on jo kehitetty suomalaista ohjaus- ja musiikkimateriaalia (Ahti & Torppa, 2006; Rocca, Bowker, Torppa, & Laakso, 2009). Olisi myös hyvä kehittää musiikillinen ohjausjärjestelmä, jotta tiedon siirto ei olisi pelkän materiaalin varassa. On ilmeistä, että laulamisen sekä vanhempien ja päiväkotien musiikkiohjauksen pitäisi olla osa kuulovikaisen lapsen puheterapiaa. Varsinkin kuulovikaisille lapsille suunnatuissa päiväkodeissa ja kouluissa pitäisi olla musiikkia normaalikouluja enemmän Mary Hare -koulun tapaan. Kuulovikaiset lapset saattavat joissain tapauksissa hyötyä eniten kaikille lapsille tarkoitettusta musiikkileikkikoulutoiminnasta, kun taas joissain tapauksissa olisi parempi räätälöidä heitä varten omaa musiikkitoimintaa, esimerkiksi musiikkiterapiaa tai musiikki- ja puheterapeutin yhteistyönä toteutettavaa musiikkitoimintaa. Kouluiässä lapsi hyötyisi kuulovikaisille tarkoitettusta bändi- ja lauluryhmätoiminnasta sekä soittotunneista. Musiikkiopistojen tarjoama mukautettu opetus voisi soveltua näille lapsille erityisen hyvin. Tarvitsemme demokratiaa musiikkiharrastuksiin: musiikki kuuluu myös kuulovikaisille.

KIITOKSET

Dosentti Martti Vainio, Dr. Andrew Faulkner, professori Mari Tervaniemi, yliopisto-opettaja Jari Lipsanen, Dosentti, FT Juhani Järvikivi, yliopistonlehtori Eila Lonka, erikoispuheterapeutit Helena Ahti ja Marja

Hasan, musiikkiterapeutti Seija Laakso, Helsingin, Tampereen, Turun ja Kuopion Yliopistollisten keskussairaaloiden kuulokeskusten henkilökunta, tutkimukseen osallistuneet lapset perheineen sekä Impi ja Ilmari Lindforsin säätiö. Tutkimusta ovat tukeneet: Signe ja Ane Gyllenbergin säätiö, Suomalainen Konkordia-liitto sekä Suomen audiologian yhdistys.

LÄHTEET

- Ahti, H., & Torppa, R. (2006). *Pöllö ja poikaset; Näin laulan lapsen kanssa. DVD*. Helsinki: Impi ja Ilmari Lindforsin säätiö
- Anvari, S.H., Trainor, L.J., Woodside, J., & Levy, B.A. (2002). Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 83, 111–130.
- Arola, L., Paavola, L., & Körkkö, P. (2010). Äidin sensitiivisyys ja hoivapuheen perustaajuuden vaihtelu – yhteydet lapsen varhaisen kielen ja puheen kehitykseen. *Puhe ja kieli*, 29, 145–162.
- Besson, M., Schön, D., Moreno, S., Santos, A., & Magne, C. (2007). Influence of musical expertise and musical training on pitch processing in music and language. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 25, 399–410.
- Bergeson, T.R., & Trehub, S. E. (2002). Absolute pitch and tempo in mothers' songs to infants. *Psychological Science*, 13, 71–74.
- Bilhartz, T.D., Bruhn, R.A., & Olson, J.E. (2000). The effect of early music training on child cognitive development. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 20, 615–636.
- Blood, A.J., & Zatorre, R.J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 98, 11818–23.
- Burkholder, R. A., & Pisoni, D. B. (2006). Working memory capacity, verbal rehearsal speed, and scanning in deaf children with cochlear implants. Teoksessa P.E. Spencer & M. Marschark (toim.), *Advances in the Spoken Language Development of Deaf and Hard of Hearing Children* (s. 347–350). Oxford: Oxford University Press.
- Carlyon, R.P., Lynch, C., & Deeks, J.M. (2010). Effect of stimulus level and place of stimulation on temporal pitch perception by cochlear implant users. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127, 2997–3008.
- Carter, A.K., Dillon, C. M., & Pisoni, D.B. (2002). Imitation of nonwords by hearing impaired children with cochlear implants: suprasegmental analyses. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 16, 619–638.
- Chan, A.S., Ho, Y-C., & Cheung, M-C. (1998). Music training improves verbal memory. *Nature*, 396, 128.
- Costa-Giomi, E. (1999). The effects of three years of piano instruction on children's cognitive development. *Journal of research in music education*, 47, 198–212.
- Douglas, S., & Willatts, P. (1994). The relationship between musical ability and literacy skills. *Journal of Research in Reading*, 17, 99–107.
- Drennan, W.R., & Rubinstein, J.T. (2008). Music perception in cochlear implant users and its relationship with psychophysical capabilities. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 45, 779–790.
- Faulkner, A. (2003). The auditory processing of speech. Teoksessa L. Luxon, L. & al. (toim.), *Textbook of Audiologic Medicine: Clinical Aspects of Hearing and Balance* (s. 309–321). London: Martin Dunitz.
- Fu, Q.-J., & Nogaki, G., (2004). Noise susceptibility of cochlear implant users: the role of spectral resolution and smearing. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 6, 19–27.
- Galvin, III, J. J., Fu, Q-J., & Oba, S. (2008). Effect of instrument timbre on melodic contour identification by cochlear implant users. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 124, 189–195.
- Gaser, C., & Schlaug, G. (2003). Gray matter differences between musicians and nonmusicians. *Annals of the New York Academy of Sciences, Neurosciences and music*, 999, 514–517.
- Gromko, J.E., & Poonman, A.S. (1998). The effect of music training on preschoolers' spatial-temporal task performance. *Journal of Research in Music Education*, 46, 173–181.
- Geurts, L., & Wouters, J. (2001). Coding of the fundamental frequency in continuous interleaved sampling processors for cochlear implants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 109, 713–726.

- Gfeller, K., Turner, C., Oleson, J., Zhang, Gantz, B., Froman, R., & Olszewski, C. (2007). Accuracy of Cochlear Implant Recipients on Pitch Perception, Melody Recognition, and Speech Reception in Noise. *Ear and Hearing, 28*, 412–423.
- Green, T., Faulkner, A., & Rosen, S. (2002). Spectral and temporal cues to pitch in noise-excited vocoder simulations of continuous-interleaved-sampling cochlear implants. *Journal of the Acoustical Society of America, 112*, 2155–2164.
- Green, T., Faulkner, A., Rosen, S., & Macherey, O. (2005). Enhancement of temporal periodicity cues in cochlear implants: Effects on prosodic perception and vowel identification. *Journal of the Acoustical Society of America, 118*, 375–385.
- Graziano, A.B., Peterson, M., & Shaw, G.L. (1999). Enhanced learning of proportional math through music training and spatial-temporal training. *Neurological Research, 21*, 139–152.
- Hari, R., & Kujala, M.V. (2009). Brain Basis of Human Social interaction: From Concepts to Brain Imaging. *Physiological Reviews, 89*, 453–479.
- Hassler, M., Birbaumer, N., & Feil, A. (1985). Musical Talent and Visual-Spatial Abilities: A Longitudinal Study. *Psychology of Music, 13*, 99–113.
- Hayes, H., Geers, A., Treiman, R., & Moog, J.S. (2009). Receptive Vocabulary Development in Deaf Children with Cochlear Implants: Achievement in an Intensive Auditory-Oral Educational Setting. *Ear and Hearing, 30*, 128–135.
- Ho, Y.-C., Cheung, M.-C., & Chan, A.S. (2003). Music training improves verbal but not visual memory: Cross-sectional and longitudinal explorations in children. *Neuropsychology, 17*, 439–450.
- Hurwitz, I., Wolff, P.H., Bortnick, B.D., & Kokas, K. (1975). Nonmusical Effects of the Kodaly Music Curriculum in Primary Grade Children. *Journal of Learning Disabilities, 8*, 167–174.
- Hyde, K.L., Lerch, J., Norton, A., Forgeard, M., Winner, E., Evans, A.C., & Schlaug, G. (2009). The Effects of Musical Training on Structural Brain Development. A Longitudinal Study. *Annals of the New York Academy of Sciences, Neurosciences and music III: Disorders and plasticity, 1169*, 182–186.
- Iacoboni, M. (2008). *Ihmisten peilaus – kytkeytymisemme uusi tie*. Helsinki: Terra Cognita.
- Juszyk, P. (1997). *The Discovery of Spoken Language*. Cambridge: MIT Press.
- Juszyk, P.W., Houston, D. M., & Newsome, M. (1999). The Beginnings of Word Segmentation in English-Learning Infants. *Cognitive Psychology, 39*, 159–207.
- Juslin, P.N., & Sloboda, J.A. (2001). *Music and emotion: Theory and research*. Oxford: Oxford University Press.
- Juslin, P.N., & Laukka, P. (2003). Communication of emotions in vocal expression and music performance: Different channels, same code? *Psychological Bulletin, 129*, 770–814.
- Järvikivi, J., Vainio, M., & Aalto, D. (2010). Real-Time Correlates of Phonological Quantity Reveal Unity of Tonal and Non-Tonal Languages. *PLoS ONE 5(9)*: e12603. doi:10.1371/journal.pone.0012603.
- Klieve, S., & Jeanes, R.C. (2001). Perception of prosodic features by children with cochlear implants: is it sufficient for understanding meaning differences in language? *Deafness and Education international, 3*, 15–37.
- Kuhl, P. (2004). Early language association: Cracking the speech code. *Nature Reviews Neuroscience, 5*, 831–843.
- Kuhl, P. (2007). Is speech learning 'gated' by the social brain? *Developmental Science, 10*, 110–120.
- Kwon, B.J., & van den Honert, C. (2006). Dual-electrode pitch discrimination with sequential interleaved stimulation by cochlear implant users. *Journal of the Acoustical Society of America, 120*, EL1–EL6.
- Lamb, S.J., & Gregory, A. H. (1993). The relationship between music and reading in beginning readers. *Educational Psychology, 13*, 19–27.
- Levitin, D. J., & Tirovolas, A. K. (2009). Current Advances in the Cognitive Neuroscience of Music. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1156*, 211–231.
- Looi, V., McDermott, H., McKay, C., & Hickson, L. (2008). Music Perception of Cochlear Implant Users Compared with that of Hearing Aid Users. *Ear and hearing, 29*, 421–434.
- Magne, C., Schön, D., & Besson, M. (2003). Prosodic and melodic processing in adults and children – Behavioral and electrophysiologic approaches. *Annals of the New York Academy of Sciences, 999*, 461–476.

- Magne C., Schön, D., & Besson, M. (2006). Musician Children Detect Pitch Violations in Both Music and Language Better than Nonmusician Children: Behavioral and Electrophysiological Approaches. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 199–211.
- Masataka, N. (1999). Preference for infant-directed singing in 2-day-old hearing infants of deaf parents. *Developmental Psychology*, 35, 1001–1005.
- McDermott, H. J., & McKay, C. M. (1997). Musical pitch perception with electrical stimulation of the cochlea. *Journal of the Acoustical Society of America*, 101, 1622–1631.
- McKay, C. M., McDermott, H. J., & Clark, G. M. (1994). Pitch percepts associated with amplitude-modulated current pulse trains by cochlear implantees. *Journal of the Acoustical Society of America*, 96, 2664–2673.
- Meister, H., Landwehr, M., Pyschny, V., Walger, M., & von Wedel, H. (2009). The perception of prosody and speaker gender in normal-hearing listeners and cochlear implant recipients. *International Journal of Audiology*, 48, 38–48.
- Mitani, C., Nakata, T., Trehub, S. E., Kanda, Y., Kumagami, H., Takasaki, K., Takahashi, H. (2007). Music recognition, Music Listening and Word recognition by Deaf Children with Cochlear Implants. *Ear and Hearing*, 28, 29S–33S.
- Moore, B. J. C. (2003b). Coding of Sounds in the Auditory System and Its Relevance to Signal Processing and Coding in Cochlear Implants. *Otology & Neurotology*, 24, 243–254.
- Moore, B. C. J. (2003b). *An Introduction to the Psychology of Hearing*. San Diego, CA: Academic Press.
- Morrill Adams, T. (2010). Prosodic Transfer and Phonological Learning in a Second Language Fluent Speech Segmentation Task. *Speech Prosody 2010*, 100120, 1–4.
- Milovanov, R., Tervaniemi, M., Takio, F., & Härmäläinen, H. (2007). Modification of dichotic listening (DL) performance by musico-linguistic abilities and age. *Brain Research*, 1156, 168–173.
- Milovanov, R., Huotilainen, M., Välimäki, V., Esquef, P. A. A., & Tervaniemi M. (2008). Musical aptitude and second language pronunciation skills in school-aged children: neural and behavioral evidence. *Brain Research*, 1194, 81–89.
- Mitani, C., Nakata, T., Trehub, S. E., Kanda, Y., Kumagami, H., T., Miyamoto I., & Takahashi, H. (2007). Music recognition, music listening, and word recognition by deaf children with cochlear implants. *Ear and Hearing*, 28, 29S–33S.
- Musacchia, G., Sams, M., Skoe, E., & Kraus, N. (2007). Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 15894–15898.
- Nakata, T., & Trehub, S. E. (2004). Infants' responsiveness to maternal speech and singing. *Infant Behavior and Development*, 27, 455–464.
- Nelson, D. J., & Barresi, A. L. (1989). Childrens age-related intellectual strategies for dealing with musical and spatial analogical tasks. *Journal of Music Education*, 37, 93–103.
- Newman, R., Ratner, N. B., Jusczyk, A. M., Jusczyk, P. W., & Dow, K. A. (2006). Infants' Early Ability to Segment the Conversational Speech Signal Predicts Later Language Development: A Retrospective Analysis. *Developmental Psychology*, 42, 643–55.
- Nobbe, A., Schleich, P., Zierhofer, C., & Nopp, P. (2007). Frequency discrimination with sequential or simultaneous stimulation in MED-EL cochlear implants. *Acta Oto-Laryngologica*, 127, 1266–1272.
- O'Halpin, R. (2009). *The perception and production of stress and intonation by children with cochlear implants*. Väitöskirja. UCL Speech Hearing and Phonetic Sciences.
- Pantev, C., Oostenveld, R., Engelien, A., Ross, B., Roberts, L. E., & Hoke, M. (1998). Increased auditory cortical representation in musicians. *Nature*, 392, 811–814.
- Pantev, C., Lappe, C., Herholz, S. C., & Trainor, L. (2009). Auditory-Somatosensory Integration and Cortical Plasticity in Musical Training. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 143–150.
- Papousek, H. (2003). Musicality in infant research: biological and cultural origins of early musicality. Teoksessa: Irene Dellege, John Sloboda (toim.) *Musical beginnings*. Oxford: Oxford University Press.
- Patel, A. D., Peretz, I., Tramo, M., & Labreque R. (1998). Processing prosodic and musical patterns: a neuropsychological investigation. *Brain and Language*, 61, 123–44.

- Peng, S.-C., Tomblin, J.B., & Turner, C.W. (2008). Production and Perception of Speech Intonation in Pediatric Cochlear Implant Recipients and Individuals with Normal Hearing. *Ear and Hearing, 29*, 336–351.
- Percaccio C.R., Engineer N.D., Pruette A.L., Pandya, P.K., Moucha, R., Rathbun D.L., & Kilgard, M.P. (2005). Environmental enrichment increases paired-pulse depression in rat auditory cortex. *Journal of Neurophysiology, 94*, 3590–3600.
- Percaccio, C.R., Pruette A.L., Mistry, S.T., Chena, Y.H., & Kilgard, M.P. (2007). Sensory experience determines enrichment-induced plasticity in rat auditory cortex. *Brain Research, 1174*, 76–91.
- Pickles, J.O. (2008). *An Introduction to the Physiology of Hearing*. Oxford: Academic Press.
- Rauscher, F.H., Robinson, K.D., & Jens, J.J. (1996). Improved maze learning through early music exposure in rats. *Neurological Research, 20*, 427–432.
- Rauscher, F.H., & Zupan, M.A. (2000). Classroom keyboard instruction improves kindergarten children's spatial-temporal performance: A field experiment. *Early childhood research quarterly, 15*, 215–228.
- Rocca, C., Bowker, C. (2009). *Dear Zoo. Suomenkielinen toteutus: Torppa.R., Laakso, S.* (2009). *Mukula 1: Kirje eläintarhaan. Kuuntelemalla ja leikkimällä musiikkiin ja kieleen*. Helsinki: Impi ja Ilmari Lindforsin säätö.
- Qin, M. K., & Oxenham, A.J. (2003). Effects of simulated cochlear-implant processing on speech reception in fluctuating maskers. *Journal of the Acoustical Society of America, 114*, 446–454.
- Sambeth, A., Ruohio, K., Alku, P., Fellman, V., & Huotilainen, M. (2008). Sleeping Newborns extract prosody from continuous speech. *Clinical Neurophysiology, 119*, 332–341.
- Shahin, A., Roberts, L.E., & Trainor, L.J. (2004). Enhancement of auditory cortical development by musical experience in children. *Neuroreport, 15*, 1917–1921.
- Schellenberg, E.G. (2004). Music lessons enhance IQ. *Psychological Science, 15*, 511–4.
- Schlaug, G., Jancke, L., Huang, Y., Staiger, J.F., & Steinmetz, H. (1995). Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia, 33*, 1047–1055.
- Schneider, P., Scherg, M., Dosch, H.G., Specht, H.J., Gutschalk, A., & Rupp, A. (2002). Morphology of Heschl's gyrus reflects enhanced activation in the auditory cortex of musicians. *Nature Neuroscience, 5*, 688–694.
- Schön, D., Magne, C., & Besson, M. (2004). The music of speech: Music training facilitates pitch processing in both music and language. *Psychophysiology, 41*, 341–349.
- Standley, J.M., & Hughes, J.E. (1997). Evaluation of An Early Intervention Music Curriculum for Enhancing Prereading/Writing Skills. *Music Therapy New York, 15*, 79–86.
- Strait, D.L., Kraus, N., Skoe, E., & Ashley, R. (2009). Musical Experience Promotes Subcortical Efficiency in Processing Emotional Vocal Sounds. *Annals of the New York Academy of Sciences, Neurosciences and music III: Disorders and Plasticity, 1169*, 209–213.
- Särkämö, T., Tervaniemi, M., Laitinen, S., Forsblom, A., Soynila, S., Mikkonen, M., Hietanen, M. (2008). Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain, 131*, 866–876.
- Teinonen, T., Aslin, R.N., Alku, P., & Csibra, G. (2008). Visual speech contributes to phonetic learning in 6-month-old infants. *Cognition, 108*, 850–855.
- Tervaniemi, M., Rytönen, M., Schroger, E., Ilmoniemi, R.J., & Näätänen, R. (2001). Superior formation of cortical memory traces for melodic patterns in musicians. *Learning and Memory, 8*, 295–300.
- Thiessen, E.D. & Saffran, J.R. (2009). How the Melody Facilitates the Message and Vice Versa in infant Learning and Memory. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1169*, 225–233.
- Thompson, W.F., Schellenberg, E.G., & Husain, G. (2001). Arousal, mood, and the Mozart effect. *Psychological Science, 12* (3), 248–251.
- Torppa, R., Faulkner, A., Järvikivi, J., & Vainio, M. (2010). Acquisition of focus by normal hearing and Cochlear Implanted children: The role of musical experience. *Speech Prosody 2010, 100977*, 1–4.
- Tramo, M. J. (2001). Biology and music – Music of the hemispheres. *Science, 291* (5501), 54–56.
- Trehub, S. E. (2003). The developmental origins of musicality. *Nature Neuroscience, 6*, 669–673.

- Trehub, S.E., Vongpaisal, T., & Nakata, T. (2009). Music in the Lives of Deaf Children with Cochlear Implants. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 534–542.
- Tuomainen, J. (2001). *Language specific cues to segmentation of spoken words in Finnish; Behavioral and eventrelated brain potential studies*. Väitöskirja, Turun yliopisto.
- Vainio, M. (2010). Prosodia: painotus, rytmi ja melodia. Teoksessa: P. Korpilahti, O. Aaltonen, M. Laine (toim.), *Kieli ja aivot*. Kognitiivisen neurotieteen tutkimuskeskus, Turun Yliopisto. Turku: Art-Print Oy.
- Vainio, M., & Järvikivi, J. (2006). Tonal features, intensity, and word order in the perception of prominence. *Journal of Phonetics*, 34, 319–342.
- Vainio, M., & Järvikivi, J. (2007). Focus in production: Tonal shape, intensity and word order. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 121, EL55–EL61.
- Vainio M., Järvikivi J., Aalto D., & Suni A. (2010). Phonetic tone signals phonological quantity and word structure. *Journal of the Acoustical Society of America*, 128, 1313–21.
- Wallace, W.T. (1994). Memory of music: effect of melody on recall on text. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 20, 1471–85.
- Wells, B., Peppe, S., & Goulandris, N. (2004). Intonation development from five to thirteen. *Journal of Child Language*, 31, 749–77.
- Wilson, B.S. (1997). The future of cochlear implants. *British Journal of Audiology*, 31, 205–225.
- Wilson, B.S., & Dorman, M.F. (2008). Cochlear implants: A remarkable past and a brilliant future. *Hearing Research*, 242, 3–21.
- Vogel, I., & Raimy, E. (2002). The acquisition of compound vs. phrasal stress: the role of prosodic constituents. *Journal of Child Language*, 29, 225–250.
- Wong, P.C.M., Skoe, E., Russo, N. M., Dees, T., & Kraus, N. (2007). Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns. *Nature Neuroscience* 10, 420–422.
- Vongpaisal, T., Trehub, S.E., & Schellenberg, E.G. (2006). Song recognition by children and adolescents with cochlear implants. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 49(5), 1091–1103.
- Välilä, T. (2002). *Speech perception and auditory performance in hearing-impaired adults with a multichannel cochlear implant*. Väitöskirja. Oulun yliopisto.
- Zatorre, R.J., Chen, J.L., & Penhune, V.B (2007). When the brain plays music: Auditory-motor interactions in music perception and production. *Nature Reviews Neuroscience*, 8, 547–558.

THE MEANING OF MUSIC IN THE REHABILITATION OF CHILDREN WITH HEARING IMPAIRMENT

Ritva Torppa, Minna Huotilainen

We review the possible mechanisms by which music may enhance the development of spoken language, and report preliminary results from our studies with cochlear implant (CI) children. One important finding in these studies is a connection of exposure to parental singing with better ability to perceive contrastive focus and stress in speech. Our preliminary conclusions are that being sung to maintains the child's attention for extended periods, and that the larger differences in pitch, intensity and duration in song in comparison to speech may help direct attention towards cues in song that also have a role in the perception of speech prosody. This may be of crucial importance for children with hearing impairment, because it may help them to segment the continuous speech stream into words and thus enhance learning of spoken language. Thus, music seems able to play an important part in the rehabilitation of children with hearing impairment.

Keywords: cochlear implant, hearing impairment, music, perception of speech, prosody, rehabilitation, singing

