

Näkökulmia vuorovaikutukseen. Puheen ja kielen tutkimuksen yhdistys ry:n julkaisuja 49, 2017.

ÄÄNEN KORKEUTEEN JA PUHEKIELEEN LIITTYVÄT TAIDOT: TEORIASTA KUULOVAMMAISTEN LASTEN KUNTOUTUKSEEN

Ritva Torppa

Logopedia ja Kognitiivisen aivotutkimuksen yksikkö, Lääketieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

Johdanto

Äänen korkeuden havaitseminen, siihen liittyvät kuulohavaintotaidot ja kognitiiviset ominaisuudet vaikuttavat puhekielen oppimiseen. Näistä tarkasteluni kohteena ovat prosodian havaitseminen, kuulotarkkaavuus ja puheen havaitseminen taustahälyssä.

Prosodia on puheen melodia ja rytmi. Sen avulla ilmaistaan puhujan tunnetilaa, puheen sanallisia, lauseopillisia, keskustelun kulun ja vuorottelun rakenteita (Cole, 2015). Puhekielen kehityksen kannalta tärkeimpiä prosodisia ilmiöitä lienevät lause- ja sanapaino. *Lausepaino* tarkoittaa lauseen sanan painottamista (esim. /poika MAALAA veneen/). *Sanapaino* tarkoittaa tavun painottamista. Suomen ja englannin kielissä paino on yleensä sanan ensimmäisellä tavulla (esim. /KISSan KELlo/). Lausepaino ilmaistaan voimakkuuden ja keston, mutta erityisesti äänen korkeuden muutosten avulla. Myös sanapaino ilmaistaan noiden kolmen akustisen vihjeen, mutta erityisesti äänen voimakkuuden muutosten avulla (Cole, 2015; Torppa ym., 2014a). Sanapainojen ajallinen ketju muodostaa puheen rytmin, joka vastaa paljolti musiikin rytmiä, erityisesti tahtilajiin liittyvien painotusten ajallista ketjua, pulssia. Musiikin pulssi on kuitenkin säännöllisempää ja ennakoitavampaa kuin puheen (Cason & Schön, 2012).

Hoivapuhe on puhetyyli, jolla vanhemmat puhuvat vauvoille. He vaihtelevat äänen korkeutta runsaasti, painottaen tärkeitä sanoja lausepainolla. Hoivapuhe ja sanojen painottaminen saa vauvat oppimaan sanoja ja niiden äännerakenteita erityisen hyvin (Estes & Hurley, 2013; Ma ym., 2011; Männel & Friederici, 2013; Singh ym., 2009; Thiessen & Saffran, 2005). Myös aikuiset havaitsevat sanojen äännteitä paremmin sekä oppivat uusia sanoja helpommin, kun sanoja painotetaan (Cutler & Foss, 1977; Filippi ym., 2014).

Sanapaino ja niiden *rytmi* auttaa pilkkomaan puheen sanoiksi. Kun sanapaino on säännönmukaisesti sanan ensimmäisellä tavulla, sen avulla huomataan sanojen alkaminen jatkuvassa puhevirrassa (Jusczyk ym., 1999; Mattys ym., 2005; Vroomen ym., 1998; Thiessen & Saffran, 2007). Vauvat jopa oppivat sanojen merkityksiä ("object labels") vain puheesta, jossa on äidinkielen mukainen sanapainojen rytmi (Estes & Bowen, 2013). Jos lapsi kuulee sanapainon hyvin vauvana, hänelle kehittyy myöhemmin hyvät kielelliset taidot (Friedrich ym., 2009). Nykyään on myös vallalla

käsitys, että kielellisen erityishäiriön ja lukemisen ja kirjoittamisen häiriön taustalla on äänen keston ja äänen alun voimakkuuden muutoksen (”amplitude rise time”), sanapainon ja puheen rytmin havaitsemisen ongelmia (Cumming ym., 2015).

Painotetun tavun ajankohdalla puheen äänteet havaitaan erityisen hyvin. Tämä liittyy sanapainojen ketjun (rytmin) aiheuttamaan ennakointiin ja siitä johtuvan tarkkaavuuden suuntautumiseen painojen ajankohtiin (Mattys, 1997). Myös lausepainon ajankohdalla äänteet havaitaan erityisen hyvin. Tämä liittyy lausepainoa edeltävien akustisten muutosten aiheuttamaan ennakointiin ja siitä johtuvaan tarkkaavuuden suuntautumiseen lausepainon ajankohtaan (Holt ym., 2016). Ilmeisesti jatkuvan puheen havaitseminen vaatii tällaista ennakointia (Mattys, 1997).

Myös puheen havaitseminen taustahälyssä liittyy äänen korkeuksien havaitsemiseen: esimerkiksi on todettu, että mitä paremmin sisäkorvaistutteella (SI) kuulevat henkilöt erottelevat äänen korkeuksia ja eri soittimien ääniä (äänen laatuja), sitä paremmin he havaitsevat puhetta taustahälyssä (Won ym., 2010). Kuunteluympäristön häly on riski puhekielen kehitykselle. Puheen havaitseminen taustahälyssä kehittyy vasta iän kuluessa, ollen aikuisten kaltaista vasta n. 11–15 vuoden iässä (Stuart, 2005). Erityisen haastavaa se on kuulovammaisille ja SI-lapsille (mm. Asp ym., 2012). Puheen havaitseminen taustahälyssä vaatii myös erityistä tarkkaavuutta, samoin kuin epäselvän puheen havaitseminen (Beer ym., 2011; Houston & Bergeson, 2014; Strait ym., 2012; Wild ym., 2012).

Musiikin harrastamisen yhteydet puhekielen taitoihin kuulevilla lapsilla

Musiikille ja puheelle on tärkeää äänen korkeuden, voimakkuuden ja keston muutosten ja rytmin tai ”pulssin” (tahdin) havaitseminen. Ei olekaan ihme, että musiikin harrastaminen parantaa kuulevien lasten puheen havaitsemista ja puhekielen kehitystä. Ei tiedetä, kumpi parantaa puhekieltä enemmän, laulaminen vai soittaminen: kaikissa lasten tutkimuksissa on ollut mukana kumpaakin. Intuitiivisesti kuitenkin laulaminen saattaa olla tehokkaampaa, koska se sisältää äänteitä ja sanoja (Patel, 2014). Laulamisen tiedetään myös suuntaavan lapsen tarkkaavuuden sanojen äänteisiin (Lebedeva & Kuhl, 2010). Tämä voi liittyä lastenlaulujen säännöllisen ja ennustettavan rytmin aiheuttamaan tarkkaavuuden suuntautumisen ajankohtiin, jossa musiikin aksenttien ennakoidaan olevan. Havaitseminen on parempaa näillä ajankohdilla (Bolger ym., 2013; Cason & Schön, 2012). Koska musiikin rytmi on säännöllisempää ja ennakoitavampaa kuin puheen rytmi, laulujen ja laulamisen vaikutukset äänteiden havaitsemiseen voivat olla suuremmat kuin puheen rytmin.

Kontrolloidut seurantatutkimukset ovat osoittaneet, että musiikin harrastaminen (laulaen, soittaen, tanssien) parantaa prosodian ja äänen korkeuksien havaitsemista ja lukutaitoa (Moreno ym., 2009), tavujen keston ja äänten nousuaikojen havaitsemista (Chobert ym., 2014). Musiikkiaktiviteetit parantavat myös kielellistä tietoisuutta (Patscheke ym., 2016; lukihäiriöiset lapset: Flaugnacco ym., 2015; Meta-analyysi, Gordon ym., 2015), puheen segmentointia (Francois ym., 2013) ja kielellistä älykkyyttä

(Moreno ym., 2011; Moreno & Bidelman, 2014). Seurantatutkimuksen mukaan musiikkitoiminta johtaa lukihäiriöisten lasten äänteiden kategorisen havaitsemisen, äännetietoisuuden ja kuulotarkkaavuuden paranemiseen (Habib ym., 2016), ja musisointi kotona parantaa pienten lasten kuulotarkkaavuutta (Putkinen ym., 2013). Lisäksi aikuisten muusikoiden ja musiikkia harrastavien lasten puheen havaitseminen taustahälyssä on parempaa kuin musiikkia harrastamattomien henkilöiden (Parbery-Clark ym., 2009; Strait ym., 2012), ja seurantatutkimus osoittaa musiikin harrastamisen parantavan lasten puheen havaitsemista taustahälyssä (Slater ym., 2015).

Painotusten havaitseminen, musiikkiaktiviteetit sekä vanhempien lukeminen ja laulaminen ennustavat SI-lasten kielellisiä taitoja

Sisäkorvaperäiset kuulovammat ja etenkin sisäkorvaistute (SI) vaikuttavat äänen korkeuksien havaitsemiseen. Kummassakaan tapauksessa tieto äänten yläsävelistä ei välity normaalisti kuulohermoon. Lisäksi SI ei välitä tietoa äänten ajallisesta hienorakenteesta. Nämä puutteet haittaavat äänen korkeuksien havaitsemista. SI:lla myös äänen voimakkuuden havaitseminen on haastavaa. Sana- ja lausepainon havaitseminen onkin vaikeaa etenkin SI:lla (Torppa, 2015). Ehkä osittain siksi SI-lasten kielellisissä taidoissa on puutteita huolimatta nykyisin tyypillisestä varhaisesta ja molemminpuolisesta implantoinnista. Esimerkiksi tarinan kerronta, sanasujuvuus, kielellinen älykkyys, sanavarasto (ymmärtävä ja tuottava) ja kielellinen tietoisuus jäävät edelleen heillä usein kuulevia lapsia heikommiksi (Geers & Nicholas, 2013; Lund, 2016; Percy-Smith ym., 2013; Soleymani ym., 2016; Wechsler-Kashi ym., 2014; van Wieringen & Wouters, 2015). Laulupainotteista musisointia harrastavat SI-lapset ovat hyviä äänen korkeuksien, voimakkuuksien sekä sana- ja lausepainon havaitsemisessa (Torppa ym., 2014a). Musiikin harrastaminen voi siis ehkä johtaa SI-lasten parempiin kielellisiin taitoihin.

Uudessa tutkimuksessamme (Torppa ym., valmisteilla) tarkastelemme kielellisiä taitoja eli sananlöytämistä (Tuovinen ym., 2007), kielellistä älykkyyttä (WISC:in sanavarasto-osio; Wechsler, 2010) sekä kielellistä tietoisuutta (riimiparien tuottoa; Mäkinen, 2003) ennustavia tekijöitä. Tutkimukseen osallistujat olivat 5–13-vuotiaita, yhdellä SI:lla (implantointi alle 3 v. iässä) ja normaalisti kuulevia lapsia (21 SI:lla kuulevaa lasta; 21 normaalisti kuulevaa lasta verrokkiryhmässä, 31 mukana regressioanalyysissä). Regressioanalyysissä em. kielellisten taitojen ennustavina tekijöinä olivat painotusten havaitseminen (sana- ja lausepainojen yhdistelmä), laulupainotteisen musiikin harrastaminen (kuten musiikkileikkikoulu, Lindforsin säätiön puhemusiikkiryhmät, musiikkiluokka), ja vanhempien aktiviteetit (paljonko ovat lukeneet, laulaneet tai tehneet muuta lapsen kanssa). Lapsen ikä, ei-kielellinen älykkyys, kuulomuisti ja vanhempien koulutustausta huomioitiin analyysissä. Haimme myös sananlöytämisen virheanalyysillä tietoa siitä, missä SI-lasten mahdolliset ongelmat ovat: käsitevaraston (tekeekö lapsi semanttisia virheitä, kuten

vasikka = ”varsa”) vai sanojen äänne-edustumien tasolla (tekeekö lapsi äännetason virheitä) (Levelt, 1989; German & Newman, 2004; Messer & Dockrell, 2006).

Tulosten mukaan SI-lapset olivat kuulevia lapsia tilastollisesti merkitsevästi heikompia sananlöytämässä ja kielellisessä älykkyudessa. Äännetietoisuudessa ryhmien välinen ero oli lähellä tilastollista merkitsevyyttä. Laulupainotteista musiikkia harrastavat SI-lapset olivat muita SI-lapsia parempia kaikissa kielellisissä tehtävissä. Myös kuulevat, musiikkia harrastavat lapset olivat sananlöytämässä parempia kuin lapset, jotka eivät harrastaneet musiikkia. Prosodian havaitseminen ennusti SI-lasten suoriutumista kaikissa kielellisissä tehtävissä ja oli sekä SI- että kuulevien lasten kielellisen älykkyuden voimakkain ennustaja. Vanhempien aktiviteetit ennustivat sananlöytämistä vain SI-lasten ryhmässä. Vanhempien laulaminen ja lukeminen korreloivat merkitsevästi sananlöytämisen ja laulaminen myös kielellisen älykkyuden kanssa. Kun kaikki em. ennustajat laitettiin samaan regressiomalliin, ne selittivät jopa 71 % sananlöytämisen ja 48 % kielellisen älykkyuden vaihtelusta SI-lasten ryhmässä.

Sananlöytäminen ja kielellinen älykkyys korreloivat keskenään sekä SI- että kuulevien lasten ryhmässä. SI-lasten äännetietoisuus oli sitä parempaa mitä paremmat muut kielelliset taidot olivat. He tekivät kuulevia lapsia enemmän äännetason virheitä sananlöytämistehtävässä viitataen ongelmiin sanojen äänne-edustumisissa.

Tulokset viittaavat siihen, että laulupainotteisen musisointi parantaa kielellisiä taitoja, koska se parantaa äänen korkeuksien, voimakkuuksien, sana- ja lausepainon havaitsemista ja näin myös puheen äänneiden havaitsemista. Tulosten kanssa yhteneväistä on, että melodioiden ja äänten kestojen havaitsemisen harjoitus parantaa SI:n käyttäjien kysymys-vastaus intonaation ja konsonanttien havaitsemista (Lo ym., 2016). Lisäksi laulamista sisältävä musiikkitoiminta parantaa lukihäiriöisten lasten äännetietoisuutta ja rytmien tuottamista, jotka myös ovat yhteydessä toisiinsa (Flaugnacco ym., 2015), ja äänten korkeuksien ja kestojen havaitsemisen harjoitusta sisältävä kuntoutus parantaa paitsi noita harjoitettuja taitoja, myös äänneiden erottelukykä, kaikkien ollessa yhteydessä toisiinsa (Roman ym., 2016).

Tulosten perusteella tehokas sananlöytäminen on tärkeää kielellisen älykkyuden tehtävissä. Tämä on yhdenmukaista sen kanssa, että sananlöytämistä pidetään tärkeänä kaikissa tuottavaa puhetta vaativissa testauksissa ja yleensä kommunikoinnissa muiden kanssa (ks. Best, 2005). Vanhempien lukemisella ja laulamisella vaikuttaa olevan erityinen rooli SI-lasten kielellisessä kehityksessä. Puheeseen verrattuna laulaminen on hitaampaa ja laulujen sanat, rytmit sekä äänen korkeuden muutokset ovat helpompia ennakoita. Lisäksi vanhempien laulaminen voi johtaa SI-lasten parempaan tarkkaavuuteen (ks. Torppa, 2015, s. 72–73). Kaikki edellä mainitut laulamiseen liittyvät seikat voivat olla syitä sille, miksi vanhempien laulaminen on tärkeää lapsen kielelliselle kehitykselle.

SI-lasten puheen havaitseminen voi parantua laulamalla ja soittamalla

Väitöskirjassani (Torppa, 2015; Torppa ym., 2014b) havaittiin, että kotona paljon laulavien SI-lasten (SI-laulajien) kuulotarkkaavuusvasteet (P3a) olivat nopeampia ja voimakkaampia muutoksille musiikissa kuin SI ei-laulajien. Koska kuulotarkkaavuus on tärkeää puheen havaitsemiselle taustahälyssä, halusimme katsoa, olisivatko SI-laulajat parempia siinä kuin SI ei-laulajat (Torppa ym., vertaisarvioitavana). Tutkimme myös, ovatko aivovasteet muutoksille pianon äänissä yhteydessä puheen havaitsemiseen taustahälyssä (aivovasteet MMN ja P3a, koeasetelma: Torppa ym., 2014b). Tämä on tärkeää, koska jos yhteyksiä on, soittaminen voi parantaa SI-lasten puheen havaitsemista (Patel, 2014).

Kuten saattoi ennakoida, SI-laulajat olivat SI ei-laulajia parempia puheen havaitsemisessa taustahälyssä, joka oli sitä parempaa, mitä voimakkaampi oli SI-lasten kuuloerotteluvaste (MMN) äänen laadun muutokselle (pianosta symbaaliin eli lautaseen). SI-laulajien ryhmässä kuulotarkkaavuusvaste (P3a) äänen laadun ja korkeuden muutoksille oli sitä varhaisempi, mitä paremmin lapset havaitsivat puhetta taustahälyssä. Tämä on yhdenmukaista sen kanssa, että hyvä kuulotarkkaavuus on tärkeää puheen havaitsemiselle taustahälyssä (mm. Strait ym., 2012).

Tulokset viittaavat myös siihen, että SI-lasten puheen havaitseminen jakaa yhteisen aivoperustan eri soitinten (äänten laatujen) havaitsemisen kanssa. Soitinten erot havaitaan SI:lla pääosin äänen alun voimakkuuden muutoksen perusteella, koska SI välittää tämän paremmin kuin muut äänen laadun havaitsemisen akustiset vihjeet (Torppa, 2015). Äänen voimakkuusmuutos on vihje myös tavuttamiselle, sanojen segmentoinnille, konsonanttien soinnillisuudelle ja ääntötavalle (Shannon ym., 1995), painotuksille ja puheen rytmille (Cumming ym., 2015). SI-lasten puheen havaitsemista taustahälyssä parantaa siis todennäköisesti äänen voimakkuuksien, soitinten äänten erojen ja rytmien havaitsemisen harjoitus. Äänen korkeuksien havaitsemisen harjoitus voi olla myös tärkeää, koska SI-laulajien vasteet korkeusmuutoksille olivat yhteydessä puheen havaitsemiseen taustahälyssä. Laulaminen voi parantaa tätä tärkeää taitoa, koska SI-laulajat olivat siinä erityisen hyviä. Vanhempien laulamisaikana voi olla myös merkitystä: SI-lapset lauloivat sitä enemmän mitä enemmän vanhemmat lauloivat heille (Torppa, 2015, s. 56). Vanhempien laulaminen voi siis vaikuttaa kuulotarkkaavuuteen tai houkutella lapset laulamaan itse, mikä edistää kuulotarkkaavuutta (Torppa, 2015, s. 72–73).

Miten kuntouttaa puhekieltä musiikin avulla?

Puhekieltä ja sen havaitsemista kannattaa siis edistää antamalla lapsen laulaa ja soittaa ja innostamalla vanhemmat laulamaan lapselle. Musiikkileikkikoulu voi olla oiva tapa tähän, ainakin jos sen lapsiryhmä on tarpeeksi pieni. Myöhemmässä iässä opiskelu musiikkiopistossa tai musiikkiluokilla olisi hyödyllistä – usein vain juuri ne lapset, jotka erityisesti laulamista ja soittamista tarvitsisivat, eivät näihin pääse. Laulamista ja soittamista kannattaa siis hyödyntää myös kuntoutuksessa, esimerkiksi puheterapiassa. Olemme soveltaneet Lindforsin säätien MUKULA-projektin aikana

monia hyviä ”erikoistekniikoita”, joilla voi parantaa prosodian ja puheen havaitsemisen taustahälyssä taustalla vaikuttavia havaintotaitoja.

Äänen korkeuksien havaitsemisen parantamiseksi olemme laulaneet ääniliukuja (lauletaan vokaalia korkealta matalalle) ja samalla visualisoineet kädellä äänen ”liikkeen” ylhäältä alas. Olemme myös laulaneet toistuvia intervaleja (esim. toistaneet kvinttiä c, g) ja asteikkoja sekä etsineet ja laulaneet saman korkuisia ääniä (ks. myös Rocca, 2012). Jälkimmäisessä harjoitteessa kannattaa varsinkin SI-lasten kohdalla ”matsata” lauluääntä paitsi laulavan aikuisen, myös soittimen (kannel, kosketinsoitin, jne.) äänen korkeuteen, koska etenkin SI:lla äänilähteen ominaisuudet voivat vaikuttaa äänen korkeuden havaintoon. Näitä harjoitteita on Lindforsin säätiön MUKULA musiikkisaduissa ja Äänenkorkeustalossa. Niiden soveltamista ja taustaa on kuvattu kirjassa ”Laulun ja soiton siivin puheen ja musiikin maailmaan” (Torppa & Lonka, toim., 2014) (kirja ja materiaalit, ks. <http://lindforsinsaatio.net>).

Äänen voimakkuuksien havaitsemista voi parantaa esimerkiksi soittamalla tamburiinia tai rumpua voimakkaasti tai hiljaa. Lapset motivoituvat tähän erityisesti, jos terapeutti on pelkäävinään kovaa ääntä (esimerkiksi hyppää kun lapsi soittaa kovaa). Hiljaa voi soittaa vaikkapa yhdellä sormella.

Äänen voimakkuusverhokäyrän ja alukkeiden havaitsemista voi harjoittaa soittamalla eri soittimia ja tunnistamalla niitä esimerkiksi verhon takaa, rytmiharjoitteilla ja soittamalla eri tyyleillä kuten staccato (lyhyillä äänillä), legato (toisiinsa sidotuilla äänillä) tai leikittelemällä äänten pituuksilla.

Yksi esimerkki tehokkaasta musiikillisesta kuntoutuksesta löytyy Habibin ym. (2016) artikkelista. Siinä käytetään puheterapeutin suunnittelemaa ja toteuttamaa metodia lukihäiriöisten lasten kuntoutuksessa. Tämä voi soveltua yhtä hyvin myös esimerkiksi kuulovammaisten ja kielellisesti erityishäiriöisten lasten kuntoutukseen. Metodi sisältää äänen korkeuden, keston, tempon, pulssin ja rytmin havaitsemisen harjoituksia, ja tähtää havaitsemisen ja tuoton parantamiseen. Harjoitteet sisältävät visuaalisia, audittiivisia ja motorisia komponentteja kuten taputtamista samaan aikaan kuullun rytmin kanssa, kirjoitetun rytmin taputtamista, lyhyiden melodioiden soittamista ja toisten lasten virheiden korjaamista. Pianon koskettimistoa käytetään systemaattisesti, jotta lapset oppivat mustien ja valkoisten koskettimien visuospatiaalisen rakenteen ja niihin liittyvät motoriset sekvenssit. Lisäksi mm. lauletaan lauluja ja visualisoidaan piirtämällä puhuttujen lauseiden prosodiaa sekä tanssitaan.

Lopuksi

Toivon tämän kirjoituksen ja esitykseni herättävän ”prosodia ja musiikki -innostuksen” suomalaisessa puhekielen tutkimus- ja kuntoutuskentässä. Ajattelen myös, että kannattaa ottaa oppia vanhasta kansanperinteestä ja vanhempien toimintatavoista. Molemmissa on ehkä intuitiivisesti, mutta viisaasti, ymmärretty prosodian, laulun,

musiikin, laululeikkien ja tanssin merkitys. Ne kulkevat prosodian, tarkkaavuuden, puheen havaitsemisen taustahälyssä ja puhekielen kehityksen kanssa käsi kädessä.

Lähteet

- Asp, F., Mäki-Torkko, E., Karltorp, E., Harder, H., Hergils, L., Eskilsson, G. & Stenfelt, S. (2012). Bilateral versus unilateral cochlear implants in children: Speech recognition, sound localization, and parental reports. *International Journal of Audiology*, *51*, 8178–32.
- Beer, J., Kronenberger, W. G. & Pisoni, D. B. (2011). Executive function in everyday life: Implications for young cochlear implant users. *Cochlear implants international*, *12 Suppl 1*, S89–91.
- Best, W. (2005). Investigation of a new intervention for children with word-finding problems. *International Journal of Language & Communication Disorders*, *40*, 279–318.
- Bolger, D., Trost, W. & Schön, D. (2013). Rhythm implicitly affects temporal orienting of attention across modalities. *Acta Psychologica*, *142*, 238–244.
- Cason, N. & Schön, D. (2012). Rhythmic priming enhances the phonological processing of speech. *Neuropsychologia*, *50*, 2652–2658.
- Chobert, J., Francois, C., Velay, J.-L. & Besson, M. (2014). Twelve months of active musical training in 8-to 10-year-old children enhances the preattentive processing of syllabic duration and voice onset time. *Cerebral Cortex*, *24*, 956–967.
- Cole, J. (2015). Prosody in context: a review. *Language Cognition and Neuroscience*, *30*, 1–31.
- Cumming, R., Wilson, A. & Goswami, U. (2015). Basic auditory processing and sensitivity to prosodic structure in children with specific language impairments: A new look at a perceptual hypothesis. *Frontiers in Psychology*, *6*.
- Cutler, A. & Foss, D. J. (1977). On the role of sentence stress in sentence processing. *Language and Speech*, *20*, 1–10.
- Estes, K. G. & Bowen, S. (2013). Learning about sounds contributes to learning about words: Effects of prosody and phonotactics on infant word learning. *Journal of Experimental Child Psychology*, *114*, 4054–17.
- Estes, K. G. & Hurley, K. (2013). Infant-directed prosody helps infants map sounds to meanings. *Infancy*, *18*, 797–824.
- Filippi, P., Gingras, B. & Fitch, W. T. (2014). Pitch enhancement facilitates word learning across visual contexts. *Frontiers in Psychology*, *5*.
- Flaugnacco, E., Lopez, L., Terribili, C., Montico, M., Zoia, S. & Schon, D. (2015). Music training increases phonological awareness and reading skills in developmental dyslexia: A randomized control trial. *Plos One*, *10*.
- Francois, C., Chobert, J., Besson, M. & Schön, D. (2013). Music training for the development of speech segmentation. *Cerebral Cortex*, *23*, 2038–2043.
- Friedrich, M., Herold, B. & Friederici, A. D. (2009). ERP correlates of processing

- native and non-native language word stress in infants with different language outcomes. *Cortex*, 45, 662–676.
- Geers, A. E. & Nicholas, J. G. (2013). Enduring advantages of early cochlear implantation for spoken language development. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 56, 643–653.
- German, D. I. & Newman, R. S. (2004). The impact of lexical factors on children's word-finding errors. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 47, 624–636.
- Gordon, R. L., Fehd, H. M. & McCandliss, B. D. (2015). Does music training enhance literacy skills? A Meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 6.
- Habib, M., Lardy, C., Desiles, T., Commeiras, C., Chobert, J. & Besson, M. (2016). Music and dyslexia: A new musical training method to improve reading and related disorders. *Frontiers in Psychology*, 7.
- Holt, C. M., Demuth, K. & Yuen, I. (2016). The use of prosodic cues in sentence processing by prelingually deaf users of cochlear implants. *Ear and Hearing*, 37, E256–E262.
- Houston, D. M. & Bergeson, T. R. (2014). Hearing versus listening: Attention to speech and its role in language acquisition in deaf infants with cochlear implants. *Lingua*, 139, 10–25.
- Jusczyk, P. W., Houston, D. M. & Newsome, M. (1999). The beginnings of word segmentation in English-learning infants. *Cognitive Psychology*, 39, 159–207.
- Lebedeva, G. C. & Kuhl, P. K. (2010). Sing that tune infants' perception of melody and lyrics and the facilitation of phonetic recognition in songs. *Infant Behavior & Development*, 33, 419–430.
- Levelt, W. M. J. (1989). *Speaking, from intention to articulation*. Cambridge: MA: MIT Press.
- Lo, C. Y., McMahan, C. M., Looi, V. & Thompson, W. F. (2015). Melodic contour training and its effect on speech in noise, consonant discrimination, and prosody perception for cochlear implant recipients. *Behavioural Neurology*. Article ID 352869.
- Lund, E. (2016). Vocabulary knowledge of children with cochlear implants: A meta-analysis. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 21, 107–121.
- Ma, W., Golinkoff, R. M., Houston, D. M. & Hirsh-Pasek, K. (2011). Word learning in infant- and adult-directed speech. *Language Learning and Development*, 7, 185–201.
- Mattys, S. L. (1997). The use of time during lexical processing and segmentation: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4, 310–329.
- Mattys, S. L., White, L. & Melhorn, J. F. (2005). Integration of multiple speech segmentation cues: A hierarchical framework. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134, 477–500.
- Messer, D. & Dockrell, J. E. (2006). Children's naming and word-finding difficulties: Descriptions and explanations. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 49, 309–324.
- Moreno, S., Bialystok, E., Barac, R., Schellenberg, E. G., Cepeda, N. J. & Chau, T. (2011). Short-term music training enhances verbal intelligence and executive

- function. *Psychological Science*, 22, 1425–1433.
- Moreno, S. & Bidelman, G. M. (2014). Examining neural plasticity and cognitive benefit through the uniqueness of musical training. *Hearing Research*, 308, 84–97.
- Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S. L. & Besson, M. (2009). Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: More evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex*, 19, 712–723.
- Mäkinen, M. (2003). *Kummi 3. Lukemisen aika, leikin taika*. Jyväskylä, Suomi. Niilo Mäki Instituutti.
- Männel, C. & Friederici, A. D. (2013). Accentuate or repeat? Brain signatures of developmental periods in infant word recognition. *Cortex*, 49, 2788–2798.
- Parbery-Clark, A., Skoe E., Lam, C. & Kraus, N. (2009). Musician enhancement for speech-in-noise. *Ear and Hearing*, 30, 653–661.
- Patel, A. D. (2014). Can nonlinguistic musical training change the way the brain processes speech? The expanded OPERA hypothesis. *Hearing Research*, 308, 98–108.
- Patscheke, H., Dege, F. & Schwarzer, G. (2016). The effects of training in music and phonological skills on phonological awareness in 4-to 6-year-old children of immigrant families. *Frontiers in Psychology*, 7.
- Percy-Smith, L., Busch, G., Sandahl, M., Nissen, L., Josvassen, J. L., Lange, T., ... Caye-Thomasen, P. (2013). Language understanding and vocabulary of early cochlear implanted children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 77, 184–188.
- Putkinen, V., Tervaniemi, M. & Huotilainen, M. (2013). Informal musical activities are linked to auditory discrimination and attention in 2-3-year-old children: An event-related potential study. *European Journal of Neuroscience*, 37, 654–661.
- Rocca, C. (2012). A different musical perspective: Improving outcomes in music through habilitation, education, and training for children with cochlear implants. *Seminars in Hearing*, 33, 425–433.
- Roman, S., Rochette, F., Triglia, J. M., Schön, D. & Bigand, E. (2016). Auditory training improves auditory performance in cochlear implanted children. *Hearing Research*, 337, 89–95.
- Shannon, R. V., Zeng, F.-G., Kamath, V., Wygonski, J. & Ekelie, M. (1995). Speech recognition with primarily temporal cues. *Science*, 270, 303–304.
- Singh, L., Nestor, S., Parikh, C. & Yull, A. (2009). Influences of infant-directed speech on early word recognition. *Infancy*, 14, 654–666.
- Slater, J., Skoe, E., Strait, D. L., O'Connell, S., Thompson, E. & Kraus, N. (2015). Music training improves speech-in-noise perception: Longitudinal evidence from a community-based music program. *Behavioural Brain Research*, 291, 244–252.
- Soleymani, Z., Mahmoodabadi, N. & Nouri, M. M. (2016). Language skills and phonological awareness in children with cochlear implants and normal hearing. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 83, 16–21.
- Strait, D. L., Parbery-Clark, A., Hittner, E. & Kraus, N. (2012). Musical training during early childhood enhances the neural encoding of speech in noise. *Brain and*

Language, 123, 191–201.

- Stuart, A. (2005). Development of auditory temporal resolution in school-age children revealed by word recognition in continuous and interrupted noise. *Ear and Hearing*, 26, 78–88.
- Thiessen, E. D., Hill, E. A. & Saffran, J. R. (2005). Infant-directed speech facilitates word segmentation. *Infancy*, 7, 5371.
- Thiessen, E. D. & Saffran, J. R. (2007). Learning to learn: Infants' acquisition of stress-based strategies for word segmentation. *Language Learning and Development*, 3, 73–100.
- Torppa, R. (2015). Pitch-related auditory skills in children with cochlear implants: The role of auditory working memory, attention and music. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/157046>
- Torppa, R., Faulkner, A., Huotilainen, M., Järvikivi, J., Lipsanen, J., Laasonen, M. & Vainio, M. (2014a). The perception of prosody and associated auditory cues in early-implanted children: The role of auditory working memory and musical activities. *International Journal of Audiology*, 53, 1821–91.
- Torppa, R., Faulkner, A., Kujala, T., Huotilainen, M., Lipsanen, J. & Vainio, M. (Vertaisarvioitavana). Developmental links between speech perception in noise, singing, and cortical processing of music in children with cochlear implants. *Music Perception*.
- Torppa, R., Huotilainen, M., Leminen, M., Lipsanen, J. & Tervaniemi, M. (2014b). Interplay between singing and cortical processing of music: A longitudinal study in children with cochlear implants. *Frontiers in Psychology*, 5.
- Tuovinen, S., Ahonen, T. & Westerholm, J. (2008). Sananlöytämistesti. Jyväskylä, Suomi. Haukkarannan koulu.
- van Wieringen, A. & Wouters, J. (2015). What can we expect of normally-developing children implanted at a young age with respect to their auditory, linguistic and cognitive skills? *Hearing Research*, 322, 171–179.
- Vroomen, J., Tuomainen, J. & de Gelder, B. (1998). The roles of word stress and vowel harmony in speech segmentation. *Journal of Memory and Language*, 38, 133–149.
- Wechsler, D. (2010). *Wechsler Intelligence Scale for Children - Fourth Edition: Manual*. Helsinki, Suomi: Psykologien Kustannus Oy.
- Wechsler-Kashi, D., Schwartz, R. G. & Cleary, M. (2014). Picture naming and verbal fluency in children with cochlear implants. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 57, 1870–1882.
- Wild, C. J., Yusuf, A., Wilson, D. E., Peelle, J. E., Davis, M. H. & Johnsrude, I. S. (2012). Effortful listening: The processing of degraded speech depends critically on attention. *Journal of Neuroscience*, 32, 14010–14021.
- Won, J. H., Drennan, W. R., Kang, R. S. & Rubinstein, J. T. (2010). Psychoacoustic abilities associated with music perception in cochlear implant users. *Ear and Hearing*, 31, 796–805.