

<https://helda.helsinki.fi>

Oppimisintervention tai kuntoutuksen vaikutuksen tutkiminen kokeellisesti

Ylinen, Sari

Puheen ja kielen tutkimuksen yhdistys
2020

Ylinen , S 2020 , Oppimisintervention tai kuntoutuksen vaikutuksen tutkiminen kokeellisesti .
julkaisussa S Saalasti , A-K Tolonen , L Kanto & S Haapala (toim) , Kommunikoinnin
häiriöiden kuntoutus : uudet menetelmät ja vaikuttavuus . Puheen ja kielen tutkimuksen
yhdistyksen julkaisuja , Nro 52 , Puheen ja kielen tutkimuksen yhdistys , Helsinki , Sivut
55-63 , Puheen ja kielen tutkimuksen päivät , Helsinki , Suomi , 26/03/2020 . <
https://www.puhejakieli.fi/sites/puhejakieli.fi/files/Kommunikoinnin_hairioiden_kuntoutus.pdf >

<http://hdl.handle.net/10138/316703>

unspecified
publishedVersion

Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository.

This is an electronic reprint of the original article.

This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Please cite the original version.

OPPIMISINTERVENTION TAI KUNTOUTUKSEN VAIKUTUKSEN TUTKIMINEN KOKEELLISESTI

SARI YLINEN

Helsingin yliopisto

KIELEN OPPIMINEN JA KIELIHÄIRIÖT

Kielen oppiminen on yksi tärkeimmistä kehitystehtävistämme, koska kieli mahdollistaa monipuolisimman kommunikaation muiden ihmisten kanssa. Nykypäivän globalisoituneessa maailmassa ja monikulttuurisessa yhteiskunnassa tarvitsemme äidinkielemme lisäksi myös vieraita kieliä ja kohtaamme niiden oppimisen haasteen viimeistään kouluiässä. Joillakin vieraan kielen oppiminen on kuitenkin vaikeaa ja vaatii ponnistelua. Olisi hyvä, jos voisimme tarjota tällaisille oppijoille oppimisympäristöjä, jotka vastaavat heidän tarpeitaan ja jotka ovat tutkitusti tehokkaita.

Monien lasten kielen oppimista ja kommunikaatiota vaikeuttavat kielelliset häiriöt. Esimerkiksi Aivoliitto (2020) arvioi seitsemällä prosentilla suomalaisista lapsista olevan kehityksellinen kielihäiriö (ent. kielellinen erityisvaikeus). Kehityksellinen kielihäiriö ilmenee muun muassa sanaston, morfologian ja syntaksin alueilla sekä puheen ymmärtämisessä. Siten sillä voi olla laajat vaikutukset kommunikaatioon. Toinen melko yleinen kielellinen häiriö on lukihäiriö, jonka levinneisyyden arvioidaan olevan samaa luokkaa, noin 6-10 %. Lukihäiriö ilmenee lukemisen ja kirjoittamisen vaikeutena ja fonologisen käsittelyn ongelmina. Sekä kehitykselliseen kielihäiriöön että lukihäiriöön liittyy myös vieraan kielen oppimisen vaikeuksia.

KIELELLINEN KUNTOUTUS JA AIVOJEN MUOVAUTUVUUS

Kielellisten häiriöiden kuntoutuksessa oleellisia ovat mahdollisimman varhaiset tukitoimet (Sigman ym., 2014), sillä aivojen muovautuvuus on tyypillisesti parempi nuoremmilla lapsilla. Koska monet kielelliset taidot rakentuvat aiemmin opittujen taitojen pohjalle, mahdollisimman nuorena aloitettu kuntoutus ehtii kumuloituessaan vaikuttaa enemmän kuin myöhään aloitettu kuntoutus. Ensimmäisessä kuntoutus pyrkii muuttamaan käyttäytymistä, joka on havaittavissa ja mitattavissa. Käyttäytyminen on kuitenkin aina yhteydessä aivoihin ja sen neurokognitiivisiin mekanismeihin. Myös kielihäiriöillä on neurobiologinen perusta eli ne liittyvät aivojen poikkeavaan toimintaan. Siksi tämän perustan parempi ymmärtäminen voi auttaa käyttäytymisen muuttamiseen pyrkivässä kuntoutuksessa.

Aivojen tiedetään olevan muovautuvat eli plastiset. Muutoksia tapahtuu kokemusten (esim. harjoittelun) seurauksena sekä aivojen toiminnassa että anatomiasa ja toisaalta sekä solutasolla että laajemmissa hermoverkoissa ja niiden osien välisissä yhteyksissä (katsaus: Zatorre ym., 2013). Myös aivojen verenkierto voi parantua, mikä osaltaan parantaa niiden toimintaa.

Harjoittelun aiheuttamia anatomisia muutoksia aivoissa voidaan nähdä magneettikuvauksessa. Muun muassa Draganskin ym. (2004) klassinen tutkimus näytti, että jonglööraamaan opetelleiden aivoissa harmaan aineen tiheys lisääntyi 3 kk harjoittelujakson aikana monimutkaista visuaalista syötettä käsittelevillä aivoalueilla. Driemeyerin ym. (2008) myöhempi tutkimus osoitti, että nämä muutokset tapahtuivat jo ensimmäisen harjoitteluviikon aikana ja liittyivät oppimistuloksiin. Harmaan aineen lisäksi vastaavia muutoksia on todettu myös valkoisessa aineessa (Scholz ym., 2009). Vastaavasti myös kielellinen harjoittelu voi muuttaa aivojen toimintaa ja anatomiaa. Monet tutkimukset ovat näyttäneet harjoittelun lisäävän puheärsykkeiden synnyttämää sähköistä toimintaa aivoissa, mikä viittaa laajemman hermostollisen edustuksen muodostumiseen tai hermosolujen parempaan synkroniaan harjoittelun seurauksena. Esimerkiksi Ylisen ym. (2010) tutkimus osoitti kuulotiedon käsittelyyn ja pitkäkestoisen muistin edustukseen liittyvän MMN-aivovasteen kasvaneen suomenkielisillä merkitsevästi englannin äänteiden intensiivisen harjoittelun seurauksena. Vaikka ennen harjoittelua suomenkielisten MMN-vaste englannin sanoille oli heikompi kuin englantia äidinkielenään puhuvien vaste, harjoittelun jälkeen suomenkielisten vaste ei enää eron-

nut englantia äidinkielenään puhuvien vasteesta samoille englannin sanoille. Vastaavia muutoksia nähtiin myös käyttäytymisessä, jota mitattiin sanojen tunnistustehtävällä.

Miten kielihäiriötä ja kielenoppimisen vaikeuksia voidaan kuntouttaa, niin että aivojen toiminta muuttuu? Neurobiologisten kielihäiriöiden syyt ovat monimutkaiset eikä niitä tunneta vielä riittävän hyvin, joten kuntoutuksessa keskitytään toistaiseksi muuttamaan häiriön seurauksia. Tutkimuksissa tehdään myös erilaisia interventiokokeiluja (katsauksia: Barquero ym., 2014; Ylinen & Kujala, 2015). Tyypillisesti kielihäiriöt eivät johdu pelkästään altistuksen puutteesta, joten kuntoutus vaatii aktiivista harjoittelua. Se on usein pitkälinen prosessi, koska oppiminen ja taitojen automatisoituminen voi olla hitaampaa kuin tyypillisesti kehittyvillä lapsilla. Tarvitaan paljon toistoja taitojen automatisoimiseksi. Pelit ja leikit voivat tarjota tähän motivoivan välineen. Kehityksellisen kielihäiriön kohdalla tyypillinen kuntoutustapa on puheterapia. Esim. sanahaun vaikeuksia pyritään helpottamaan tarjoamalla sanahakuun monenlaisia vihjeitä. Lukihäiriötä kuntoutetaan usein harjoittelemalla kirjain-äänne-vastaavuutta (esim. Ekapelin avulla; ks. Lukimat, 2020). Vieraan kielen oppimisen vaikeuksiin voidaan käyttää mm. toiminnallisen kielenoppimisen menetelmiä. Näihin kuuluvat mm. pelit, leikit, laulut, draama, eri aistikanavia yhdistävät tehtävät ja digitaaliset oppimisympäristöt.

INTERVENTIOIDEN KOKEELLINEN TUTKIMUS

Tietynlaisen harjoittelun, kuntoutuksen tai intervention vaikutus voidaan saada selville kokeellisella tutkimuksella. Jotta tutkimustuloksia voidaan pitää luotettavina, tutkimuksen tulee noudattaa tiettyjä periaatteita. Usein pyritään keräämään tietoa, jonka voidaan ajatella jollakin todennäköisyydellä yleistyvän myös muihin kuin tutkittaviin yksilöihin. Siksi intervention vaikutukset voidaan vakuuttavammin todeta ryhmätasolla. Interventioon osallistuvan ryhmän tulisi olla riittävän suuri (ks. esim. Bishop, 2013), koska suuremman ryhmän kohdalla tulosten sattumanvaraisuuden todennäköisyys pienenee.

Koska interventiotutkimuksessa on monta vaihetta ja useita tuloksiin vaikuttavia tekijöitä, siihen liittyy myös monta kohtaa, josta tarkkaavainen kriitikko voi löytää huomautettavaa. Esimerkiksi Bishop (2013) esittelee katsauksessaan lasten kielihäiriöihin keskittyviä interventiotutkimuksia kognitiivisen neurotieteen tut-

kimuksen alalta ja luettelee useita seikkoja, jotka kyseenalaistavat näiden tutkimusten luotettavuuden. Ensinnäkin jotta saataisiin selville, miten harjoittelu tai interventio on muuttanut jotakin taitoa tutkittavalla ryhmällä, tarvitaan tietoa taitotasosta ennen ja jälkeen harjoittelun. Siksi tutkittavaa taitoa testataan ennen ja jälkeen intervention alku- ja loppumittauksessa ja näitä verrataan tilastollisesti. Ongelmaksi muodostuu se, että osallistuja voi oppia jotain tehtävästä suoriutumista hyödyttävää alkumittauksessa käytetystä testistä, jolloin loppumittauksen tulos voi olla parempi siitä huolimatta, onko interventio vaikuttanut kyseiseen taitoon vai ei (McArthur, 2007). Tällöin tutkimuksen keskeinen kysymys itse intervention vaikuttavuudesta jää tutkimuksessa epäselväksi. Alku- ja lopputestien pitäisi siis toisaalta olla riittävän erilaiset, ettei tällaista oppimisvaikutusta esiintyisi, mutta toisaalta mahdollisimman samanlaiset, että niiden tuloksia voidaan vertailla. Jonkinlaisena kompromissina näiden vaatimusten välillä voivat toimia esim. standardoidut testit, joissa on kaksi eri sisältöistä, samaa taitoa mittaavaa ja standardoinnin avulla samantasoisiksi todettua testiversiota.

Koeryhmän alku- ja lopputestin välisen muutoksen lisäksi interventiotutkimuksessa on oleellista verrata tulosta johonkin, mikä vahvistaa, että lopputulos johtui juuri interventiosta. Tavallisesti koeryhmän tuloksia verrataan toiseen otokseen eli kontrolliryhmään. Bishop (2013) tuo kuitenkin esiin, että useista hänen katsaukseensa päätyneistä tutkimuksista puuttuu kunnollinen kontrolliryhmä. Tällöin voi olla vaikea sulkea pois mahdollisuutta, että koeryhmällä havaitut taitotason muutokset eivät olisi voineet syntyä jonkin muun tekijän kuin intervention seurauksena tai vaikkapa itsestään kypsymisen ansiosta. Kontrolliryhmän pitäisi vastata koeryhmää mahdollisimman tarkasti. Tähän voidaan pyrkiä esim. valitsemalla ensin tutkimukseen kriteerit täyttävät osallistujat ja sitten jakamalla heidät satunnaisesti koe- ja kontrolliryhmiin. Tällöin ryhmät voivat kuitenkin sattumalta poiketa toistaan esim. alkutestin taitotason suhteen. Toinen vaihtoehto on jakaa osallistujat ryhmiin jonkin kriteerin, kuten vaikkapa alkutestin taitotason, perusteella niin, että lähtötaso on ryhmillä sama. Tämänkin voi nähdä siinä mielessä ongelmallisena, että vaikka ryhmät muodostettaisiin toisiaan vastaaviksi jonkin tietyn seikan suhteen, ne voivat erota toisistaan jonkin toisen seikan suhteen, jolloin kontrolliryhmä ei taas täysin vastaakaan koeryhmää.

Jos intervention koeryhmään valitaan kielihäiriöisiä lapsia, joiden taitotaso on mahdollisimman heikko jossakin kielellisessä testissä, on lisäksi otettava huomioon suorituksen mahdollinen palautuminen keskiarvoa kohti (engl. *regression to the mean*, ks. Bishop, 2013). Tämä tarkoittaa sitä, että ääripäiden arvot pyrkivät todennäköisesti toisessa mittauksessa palautumaan lähemmäs keskiarvoa, niin että aluksi matalat pisteet saaneet parantavat suoritustaan ja päinvastoin. Siksi ei

ole ihanteellista käyttää samaa testiä koeryhmän valinnassa ja intervention vaikutusten arvioinnissa. Siten intervention ryhmien valintaa helpottaa, jos tutkimukseen löytyy riittävästi osallistujia, joilla on valintakriteerit täyttävä diagnoosi jo ennestään.

Kun kuntoutetaan kielihäiriöisiä lapsia, voidaan olettaa, että kielihäiriön aiheuttaa jokin neurobiologinen syy. Tällöin koeryhmän vertaaminen tyypillisesti kehittyviin lapsiin ei välttämättä riitä varmistamaan intervention vaikuttavuutta. Bishop (2013) mainitsee esimerkkinä, että tyypillisesti kehittyvät lapset ovat yleensä kielellisissä taidoissaan parempia kuin kielihäiriöiset lapset, joten heillä voi olla huonommat mahdollisuudet parantaa taitojaan, koska ne ovat jo ennestään lähellä suorituskyvyn ylärajaa. Tämä voi saada intervention näyttämään tehokkaammalta kielihäiriön kuntoutuksessa kuin mitä se ansaitsisi. Toisaalta tyypillisesti kehittyvien lasten mukanaolo voi auttaa määrittämään, saavuttavatko interventioon osallistuneet tyypillisen taitotason vai ei. Molempien näkökulmien huomioimiseksi jotkut tutkimukset käyttävät kahta erilaista kontrolliryhmää. Näistä toisessa on lapsia, joilla on sama kielihäiriö kuin koeryhmän lapsilla ja jotka eivät kuitenkaan saa tutkimuksen kohteena olevaa interventiota, ja toisessa on tyypillisesti kehittyviä lapsia. Jos kaikki osallistujat mitataan kahdesti, useamman kontrolliryhmän käyttö tietenkin lisää tarvittavien mittausten määrää huomattavasti.

Pelkkä kontrolliryhmän tai kontrolliryhmien mittaaminen kahdesti ei myöskään aina ole riittävä, vaan myös kontrolliryhmää tulee aktivoida mittausten välissä uskottavimman lopputuloksen saavuttamiseksi. Nykyisin interventiotutkimuksen kontrolliryhmät usein osallistuvat itsekin jonkinlaiseen interventioon, mutta erilaiseen kuin tutkimusryhmä. Tämä johtuu siitä, että interventiotutkimuksessa on otettava huomioon plasebovaikutus (ks. esim. Kirsch, 1985). Tämä tarkoittaa sitä, että osallistujan suoritus tehtävässä voi parantua, jos hän uskoo, että interventio on tehokas. Jos koeryhmä osallistuu tehokkaana pitämäänsä interventioon ja kontrolliryhmä ei, intervention tuottama suorituksen paraneminen voikin perustua plasebovaikutukseen. Boot ym. (2013) lisäävät, että tältä kannalta katsottuna aktiivinen kontrolliryhmäkään ei riitä metodologisesti pätevän interventiotutkimuksen suorittamiseen, sillä tutkittavien käsityksillä tai odotuksilla intervention hyödyllisyydestä on vaikutusta tuloksiin. Boot ym. (2013) ottavat esimerkiksi toimintavideopelien vaikutuksen. Toimintavideopelien on joissakin tutkimuksissa todettu parantavan suoritusta tietyissä tarkkaavuutta vaativissa tehtävissä (Green & Bavelier, 2003; 2006). Tätä on tutkittu vertaamalla tuloksia toimintavideopelejä pelanneen koeryhmän ja muunlaisia pelejä (esim. Tetristä tai The Simsiä) pelanneen kontrolliryhmän välillä. Kun Boot ym. (2013)

tutkivat, minkälaisia odotuksia ihmisillä on toimintapeliin ja muunlaisten pelien kognitiivisista vaikutuksista, he totesivat, että toimintapeliin odotettiin vaikuttavan suoriutumiseen tarkkaavuutta vaativissa tehtävissä, kun taas kontrollipeleiltä samaa vaikutusta ei odotettu. Näin ollen on mahdollista, että tutkimuksessa löydetty pelien vaikutukset kognitioon johtuvatkin todellisuudessa plasebovaikutuksesta. Toisaalta erilaisten interventioiden aiheuttamaa plasebovaikutusta suoriutumiseen on vaikeampi tutkia kuin esim. lääkkeen näköisen mutta tehottoman pillerin aiheuttamaa plasebovaikutusta: toimintapelin pelaaminen tai muu aktiivinen toiminta on huomattavasti vaikeampi naamioida samankaltaiseksi kuin jokin muunlainen toiminta, joten osallistujat ovat lähtökohtaisesti tietoisia harjoittelunsa sisällöstä eikä heidän odotuksiaan välttämättä voida saada samankaltaisiksi. Ne tulee toki ottaa huomioon (Boot ym., 2013), mutta toisaalta on myös todettava, että vaikka odotukset tai käsitykset voivat vaikuttaa suoritukseen tehtävässä, voi myös käydä päin vastoin, eli niin, että tehtävä alkaa vaikuttaa mitattaviin suorituksiin, odotuksiin tai käsityksiin.

Edellä sanotusta voidaan todeta, että interventiotutkimukselle asetetut vaatimukset ovat erittäin korkeat. Tarvittavien mittausten ja kontrolloitavien seikkojen määrä on moninkertainen tavalliseen kokeelliseen tutkimukseen verrattuna. Interventiotutkimuksen tekeminen vaatii siten tavanomaista pitemmän ajan ja huomattavasti enemmän resursseja, kuten rahoitusta ja työvoimaa. Bishop (2013) mainitseekin, että hänen katsaukseensa päätyneissä interventiotutkimuksissa oli usein liian vähän osallistujia riittävän tilastollisen voiman saavuttamiseksi. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että kaikkien kriteerien täyttäminen ei aina ole mahdollista käytössä olevilla resursseilla. Silloin täytyy harkita, lähteekö tekemään tutkimusta puutteellisesti kontrolloidulla asetelmalla ja ottaa vastaan ansaitun kritiikin vai jättääkö sen kokonaan tekemättä.

INTERVENTION JÄRJESTÄMINEN

Alku- ja lopputestien lisäksi interventiotutkimukseen kuuluu luonnollisesti myös itse intervention järjestäminen. Usein sekin vaatii tutkimusryhmältä paljon työtä ja jatkuvaa yhteydenpitoa osallistujin. Monet kaipaavat kannustavaa palautetta harjoittelusta kesken tutkimuksen. Jos osallistujat ovat lapsia, heidän ei yleensä voi odottaa huolehtivan harjoittelusta omatoimisesti, vaan yhteistyöhön

tarvitaan joku aikuinen, kuten lapsen huoltaja tai opettaja. Heidänkin sitoutumisen intervention järjestämiseen voi vaihdella yksilöiden välillä ja alkuinnostuksen jälkeen se voi joskus jopa loppua kokonaan. Osallistujia tai yhteistyötahoja voi koettaa muistuttaa harjoittelusta viesteillä tai soittamalla, mutta kuitenkin niin, ettei kuormita näitä liikaa. Osallistujien sitouttaminen tutkimukseen on tietysti helpointa silloin, kun osallistuja kokee saavansa interventiosta jotain hyötyä tai jos hän kokee aiheen muuten niin tärkeäksi, että on valmis näkemään sen eteen vaivaa.

Kuitenkin monissa interventiotutkimuksissa jotkut jättävät syystä tai toisesta tutkimuksen kesken. Esimerkiksi jos interventio tehdään koulussa, lapsi saattaa olla sairauden tai muun syyn takia poissa koulusta useamman päivän tai hän saattaa vaikkapa muuttaa pois kesken harjoittelujakson. Voi myös olla, että osallistujalla ei enää olekaan aikaa harjoitteluun, hän ei pidä siitä tai hän kokee, ettei siitä ole hänelle hyötyä, ja keskeyttää tutkimuksen. Bishopin (2013) mukaan interventiotutkimuksen raportoinnissa on tärkeää huomioida myös tutkimuksen keskeyttäneet osallistujat. Jos nimittäin tulokset raportoidaan vain niiltä, joilla harjoittelu on sujunut hyvin, tulokset vääristyvät myönteisemmiksi kuin mitä interventio ansaitsisi.

YHTEENVETO

Interventiotutkimuksen tekeminen on haastavaa ja tutkimuskysymykseen vastaaminen uskottavasti vaatii monien seikkojen kontrollointia tutkimusasetelmassa. Tyypillisesti asetelmaan kuuluu alku- ja loppumittaus koe- ja kontrolliryhmälle. Lisäksi alku- ja loppumittauksen välissä toteutetaan interventio koeryhmälle tai erilaiset interventiot koe- ja kontrolliryhmälle. Interventiotutkimuksen kompastuskiviksi saattavat muodostua kunnollisen kontrolliryhmän puute ja liian pieni osallistujamäärä. Lisäksi intervention vaikutuksia saatetaan yliarvioida, jos ei oteta huomioon useamman testikerran vaikutusta, ryhmän lähtötason vaikutusta, plasebovaikutusta ja taitotason ääripäitä tutkittaessa suorituksen palautumista keskiarvoa kohti. Haasteista huolimatta haluan kuitenkin rohkaista tutkijoita tekemään interventiotutkimusta. Se on ainoa tapa löytää todistusaineistoa uusista luotettavasti vaikuttavista tavoista kuntouttaa kielihäiriöitä ja kielenoppimisen vaikeuksia. Intervention aiheuttamat muutokset kielihäiriön ilmenemisessä tai siihen liittyvissä aivojen prosesseissa voivat myös osaltaan auttaa ymmärtämään kielihäiriön syitä.

LÄHTEET

- Aivoliitto (2020). Noudettu 10.1.2020 verkko-osoitteesta <https://www.aivoliitto.fi/kehityksellinenkieliharjo>.
- Barquero, L. A., Davis, N. & Cutting, L. E. (2014). Neuroimaging of reading intervention: a systematic review and activation likelihood estimate meta-analysis. *PLoS ONE*, *9*(1), e83668.
- Bishop, D. V. (2013). Research review: Emanuel Miller memorial lecture 2012 - neuroscientific studies of intervention for language impairment in children: Interpretive and methodological problems. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, *54*(3), 247-259.
- Boot, W. R., Simons, D. J., Stothart, C. & Stutts, C. (2013). The pervasive problem with placebos in psychology: Why active control groups are not sufficient to rule out placebo effects. *Perspectives on Psychological Science*, *8*(4), 445-454.
- Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U. & May, A. (2004). Neuroplasticity: Changes in grey matter induced by training. *Nature*, *427*(6972), 311-312.
- Driemeyer, J., Boyke, J., Gaser, C., Buchel, C. & May, A. (2008). Changes in gray matter induced by learning - revisited. *PloS One*, *3*(7), e2669.
- Green, C. S. & Bavelier, D. (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, *423*(6939), 534-537.
- Green, C. S. & Bavelier, D. (2006). Effect of action video games on the spatial distribution of visuospatial attention. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, *32*(6), 1465-1478.
- Kirsch, I. (1985). Response expectancy as a determinant of experience and behavior. *American Psychologist*, *40*(11), 1189-1202.
- Lukimat (2020). Noudettu 2.3.2020 verkko-osoitteesta <http://www.lukimat.fi/lukeminen/materiaalit/ekapeli>.
- McArthur, G. (2007). Test-retest effects in treatment studies of reading disability: The devil is in the detail. *Dyslexia*, *13*(4), 240-252.

- McArthur, G. M. (2009). Auditory processing disorders: Can they be treated? *Current Opinion in Neurology*, 22(2), 137-143.
- Scholz, J., Klein, M. C., Behrens, T. E. & Johansen-Berg, H. (2009). Training induces changes in white-matter architecture. *Nature Neuroscience*, 12(11), 1370-1371.
- Sigman, M., Peña, M., Goldin, A. P. & Ribeiro, S. (2014). Neuroscience and education: Prime time to build the bridge. *Nature Neuroscience*, 17(4), 497-502.
- Ylinen, S., Uther, M., Latvala, A., Vepsäläinen, S., Iverson, P., Akahane-Yamada, R. & Näätänen, R. (2010). Training the brain to weight speech cues differently: A study of Finnish second-language users of English. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(6), 1319-1332.
- Ylinen, S. & Kujala, T. (2015). Neuroscience illuminating the influence of auditory or phonological intervention on language-related deficits. *Frontiers in Psychology*, 6: 137.
- Zatorre, R. J. (2013). Predispositions and plasticity in music and speech learning: Neural correlates and implications. *Science*, 342(6158), 585-589.