

**Työmuisti ja inhibitio
kielenkehityksen ennustajana**

Aino Hakala ja Emma Lämsä

Pro Gradu -tutkielma

Ohjaajat: Elina Mainela-Arnold ja Pihla Saaristo

Yhteiskuntatieteellinen tiedekunta

Psykologian ja logopedian laitos, logopedia

Turun yliopisto

Elokuu 2025

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu

Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

TURUN YLIOPISTO

Psykologian ja logopedian laitos/Yhteiskuntatieteellinen tiedekunta

HAKALA, AINO & LÄMSÄ, EMMA: Työmuisti ja inhibitio kielenkehityksen ennustajana

Pro gradu -tutkielma, 34 s.

Logopedia

Eokuu 2025

Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena oli tarkastella, onko eksekutiivisten funktioiden osa-alueista varhainen työmuisti tai inhibitio yhteydessä myöhempään kielelliseen taitotasoon. Työmuistia ja inhibitiota tarkasteltiin erikseen suhteessa kielenkehitykseen. Työmuistilla tarkoitetaan kykyä pitää mielessä asioita ja samanaikaisesti prosessoida sitä. Inhibitiolla puolestaan tarkoitetaan kykyä säädellä tarkkaavuutta ja vaimentaa häiritseviä ulkoisia ja sisäisiä ärsykeitä. Työmuisti ja inhibitio valikoituivat tutkittaviksi osa-alueiksi siksi, että ne kehittyvät eksekutiivisten funktioiden osa-alueista varhaisimmin. Tutkimus toteutettiin pitkittäistutkimuksena. Aiemmissä tutkimuksissa eksekutiivisten funktioiden ja kielenkehityksen väliltä on löydetty yhteys, mutta ennustavan suhteen suunta on vielä epäselvä.

Tutkielman aineisto on osa suomalaista FinnBrain-syntymäkohorttitutkimusta. Työmuistia mitattiin Spin the pots -tehtävällä, kun taas inhibition mittaamisessa käytettiin Snack delay -tehtävää. Lapset olivat tutkimuksen tekohehkellä noin 2,5 vuoden ikäisiä. Kielellisiä taitoja arvioitiin viiden vuoden iässä Reynell Developmental Language Scales III -testillä. Tutkimusaineistoa analysoitiin neljän lineaarisen regressiomallin avulla. Malleissa 1 ja 2 tarkasteltiin inhibition ja kielellisen muuttujan välisiä yhteyksiä ja malleissa 3 ja 4 tarkasteltiin työmuistin ja kielellisen muuttujan välisiä yhteyksiä. Analyyseissa huomioitiin sukupuoli ja raskausviikot, koska ne olivat yhteydessä kielimuuttujaan. Tutkielman analyyseissa oli mukana yhteensä 176 tutkittavaa.

Tutkielmassa varhaisen työmuistin tai inhibition ei havaittu olevan yhteydessä myöhempään kielelliseen taitotasoon viiden vuoden iässä. Tutkimustulokset eivät tukeneet hypoteeseja. Taustamuuttujista sukupuolella ei havaittu yhteyttä kielelliseen suoriutumiseen, mutta raskausviikoilla yhteys löytyi. Tarkemmassa tarkastelussa eri tasoryhmissä havaittiin erisuuntaisia yhteyksiä työmuistin ja raskausviikkojen välillä. Tutkimustulosten perusteella varhainen työmuisti tai inhibitio eivät yksinään ole riittäviä selittämään yhteyttä niiden ja myöhemmän kielenkehityksen välillä. Tutkimusnäyttö tähän asti osoittaa vahvaa näyttöä muuttujien välisestä yhteydestä samanaikaisesti mitattuna. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella suhteen suunta voisi olla päinvastainen tai yhteyden selittäjänä voisi toimia jonkin kolmannen tekijän vaikutus. Laajemman kokonaiskuvan eksekutiivisten funktioiden vaikutuksesta kielenkehitykseen voisi saada mallintamalla niiden polkuja pidemmältä ajalta ja tutkimalla niiden välisiä yhteyksiä.

Asiasanat: Eksekutiiviset funktiot, toiminnanohjaus, inhibitio, työmuisti, kielenkehitys

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tyypillinen kielenkehitys viiteen ikävuoteen asti	2
1.2	Eksekutiiviset funktiot.....	4
1.2.1	Työmuisti.....	6
1.2.2	Inhibitio	7
1.3	Työmuisti ja inhibitio kielenkehityksen ennustajana.....	8
1.4	Eksekutiivisten funktioiden ja kielenkehityksen taustatekijät.....	11
1.5	Yhteenveto	12
2	Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimuskysymykset	14
3	Menetelmät	15
3.1	Tutkittavat.....	16
3.2	Tutkimusmenetelmät.....	18
3.2.1	Kielellisten taitojen mittaaminen.....	19
3.2.2	Työmuistin mittaaminen.....	19
3.2.3	Inhibition mittaaminen	20
3.3	Tilastolliset analyysit	20
3.3.1	Päämuuttujien tarkastelu	21
3.3.2	Taustamuuttujien yhteys riippuvaan muuttajaan	22
3.4	Tutkimuksen eettisyys.....	24
4	Tulokset	25
4.1	Työmuistin ja kielellisten taitojen yhteys	25
4.2	Inhibition yhteys kielellisiin taitoihin.....	27
5	Pohdinta	28
5.1	Työmuisti ja inhibitio kielenkehityksen ennustajana.....	29
5.2	Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitukset	30
5.3	Keskeiset tulokset ja jatkotutkimusehdotukset	32
	Lähteet	35

1 Johdanto

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena on tarkastella toiminnanohjaustaitojen eli eksekutiivisten funktioiden ja kielenkehityksen välistä yhteyttä ja selvittää, onko eksekutiivisten funktioiden osa-alueista varhaisen työmuistin ja inhibition taso yhteydessä myöhempään kielelliseen taitotasoon. Yhteyksien välisten suuntien ja syy-seuraussuhteiden tarkastelemiseksi tutkimuksessa hyödynnetään pitkittäistutkimusasetelmaa. Eksekutiivisilla funktioilla tarkoitetaan joukkoa erilaisia taitoja ja toimintoja, jotka mahdollistavat tavoitteellisen toiminnan toteuttamisen (Diamond, 2013; Jurado & Rosselli, 2007). Niiden avulla ihminen pystyy suuntaamaan, ohjaamaan ja ylläpitämään omaa toimintaansa. Tutkimuksissa kielenkehityksen ja eksekutiivisten funktioiden välillä on osoitettu olevan selkeä yhteys, mutta yhteyksien välistä suuntaa ei ole pystytty määrittelemään yksiselitteisesti pitkittäistutkimusten vähäisyyden vuoksi (Gooch ym., 2016; Shokrkon & Nicoladis 2022). Tutkimuksissa on havaittu eri suuntaisia yhteyksiä, mutta yhteisymmärrystä ei ole saavutettu siitä, millä tavalla tai minkä osa-alueiden kautta eksekutiiviset funktiot ja kielenkehitys ovat yhteydessä toisiinsa (Shokrkon & Nicoladis, 2022; Tonè, 2021). Tässä tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita varhaisten eksekutiivisten funktioiden osa-alueiden yhteydestä kieleen, jonka vuoksi tutkimuksessa tutkittiin työmuistia ja inhibitiota, jotka kehittyvät eksekutiivisten funktioiden osa-alueista varhaisimmin (Diamond, 2013). Työmuistin avulla ihminen pystyy pitämään mielessä informaatiota ja samanaikaisesti prosessoida sitä (Cowan, 2017). Inhibitioksi kutsutaan puolestaan tarkkaavuuden säätelykykyä, jonka avulla vaimennetaan toimintaa häiritseviä ulkoisia tai sisäisiä ärsykeitä (Clark, 1996). Työmuistin ja inhibition mittaaminen aikaisemmassa mittapisteessä mahdollistaa varhaisten toiminnanohjaustaitojen roolin tarkastelun osana myöhempää kielenkehitystä.

Työmuistin ja inhibition on esitetty tukevan kielen oppimista, sillä ne mahdollistavat kielellisen tiedon havainnoinnin, mielessä pitämisen ja käsittelyn. Lapsen kieli kehittyy nopeasti ensimmäisten ikävuosien aikana vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa (Korpilahti, 2012). Lapset oppivat kielen ympäristönsä kieltä kuuntelemalla ja jäljittelemällä. Ympäristön kieltä havainnoimalla pystytään oppimaan esimerkiksi erilaisia kielen rakenteita, kielelle tyypillisiä säännönmukaisuuksia ja sanastoa. Kielellisen ympäristön lisäksi kielenkehitykseen vaikuttavat lapsen kyky huomioida vuorovaikutuskumppanit sekä kyky pitää mielessä asioita. Kielenkehitys on kuitenkin hyvin yksilöllistä ja lasten välillä voi olla isoja eroja (Savinainen-Makkonen & Kunnari, 2009; Stolt & Salmi, 2020). Tutkimuksissa kielihäiriöisillä

lapsilla on havaittu työmuistin ja inhibition heikkoutta (Archibald & Gathercole, 2006; Daneman & Merikle, 1996; Leonard, 2014), jonka vuoksi niiden voidaan ajatella olevan tärkeitä kielenkehityksen taustatekijöitä. Kielenkehityksen haasteet voivat vaikuttaa negatiivisesti pitkälle tulevaisuuteen. Tutkimuksissa kielellisten taitojen ja eksekutiivisten funktioiden on molempien todettu olevan yhteydessä muun muassa sosioemotionaaliseen kehitykseen (Ferrier ym., 2014; Forrest ym., 2020), kouluvalmiuteen (Duncan ym., 2007; Blair & Razza, 2007) ja akateemiseen menestykseen (Graham, 1987; Spiegel ym., 2021). Tämän vuoksi voidaan ajatella, että kielenkehityksen haasteiden varhainen tunnistaminen ja siihen vaikuttavien tekijöiden tunnistaminen on tärkeää.

Tässä tutkimuksessa tutkitaan siis, ennustavatko hyvä varhainen työmuisti ja inhibitiokyky kielen oppimista niin, että niiden ollessa hyviä myös myöhempi kielellinen taitotaso on hyvä. Työmuistin ja inhibitiokyvyn ennustaessa myöhempää kielenkehitystä, voitaisiin niiden tasoa tarkastelemalla ennustaa kielenkehityksen kulkua tulevaisuudessa. Yhteyksien välisen suunnan tarkastelun avulla on mahdollista saada tietoa myös siitä, missä määrin työmuistia ja inhibitiota tukemalla voidaan edistää tai ehkäistä kielellisiä vaikeuksia ja oppimisvaikeuksia. Tämä tarjoaa arvokasta tietoa haasteiden varhaiseen tunnistamiseen ja tukitoimien suunnitteluun. Tutkimus on osa FinnBrain-syntymäkohorttitutkimusta ja aineisto muodostuu eri osatutkimusten tuottamasta aineistosta (Karlsson ym., 2018). Tutkimuksessa käytettävässä aineistossa tutkittavien joukkoa ei ole rajattu vain tyypillisesti kehittyviin tai lapsiin, joilla on kielellisiä vaikeuksia. Tutkimuksessa on mukana koko kielenkehityksen jatkumo, mikä tarjoaa kattavan kuvan työmuistin, inhibition ja kielenkehityksen välisestä yhteydestä.

1.1 Tyypillinen kielenkehitys viiteen ikävuoteen asti

Lapsen kieli alkaa kehittyä jo kohdussa ja se kehittyy nopeasti ensimmäisten ikävuosien aikana (Korpilahti, 2012). Kielenkehitys ei ole tasaista vaan siinä voidaan havaita nopean kehityksen vaiheita. Kieli kehittyy tyypillisesti valtaosalla lapsista vaiheittain saavuttaen kielenkehityksen vaiheet samassa järjestyksessä. Kielenkehitys on kuitenkin hyvin yksilöllistä ja lasten taidoissa voi olla merkittävästi vaihtelua samanikäisilläkin lapsilla (Savinainen-Makkonen & Kunnari, 2009; Stolt & Salmi, 2020). Tyypillisessä kehityksessä esikielellinen vaihe alkaa syntymästä ja päättyy noin vuoden ikään, jolloin lapsi tyypillisesti tuottaa ensimmäiset sanansa (Gillis, 2016). Esikielellinen kehitys voidaan jakaa viiteen vaiheeseen, joita ovat fonaatio, kujertelu, laajennus sekä kanonisen jokelluksen ja varioivan jokelluksen vaiheet (Törölä, 2009). Aivojen ja hermoverkostojen kehittymisen ja kypsymisen lisäksi kielen ja puheen kehittymisen taustalla

on myös vanhemman ja lapsen välinen vuorovaikutus (Bruner, 1975; Mundy & Newell, 2007; Paavola-Ruotsalainen & Rantalainen, 2020). Vuorovaikutuksessa muiden ihmisten kanssa lapsi oppii vuorottelua ja muiden ihmisten aloitteisiin reagoimista.

Lapset alkavat tuottaa ensimmäisiä sanoja tyypillisesti noin vuoden ikäisenä (Fenson ym., 1994; Nelson, 1973). Kehitys on kuitenkin yksilöllistä ja osa lapsista tuottaa ensisanansa jo 8–10 kuukauden iässä, kun taas jotkut tuottavat ensimmäiset sanansa vasta lähempänä puolentoista vuoden ikää (Kunnari & Savinainen-Makkonen, 2012). Puheen ymmärtämisen kehitys alkaa ennen ensisanojen tuottoa, noin yhdeksän kuukauden iässä, ja sen kehittyminen on pidemmällä tuottavaan kieleen verrattuna (Benedict, 1979; Stolt ym., 2008). Ensimmäisten sanojen tuottohetkellä lapset ymmärtävät keskimäärin jo noin 80 sanaa (Savinainen-Makkonen & Kunnari, 2009). Aluksi sanavarasto kasvaa hitaasti ja ensimmäisen 5–6 kuukauden aikana tuottava sanasto kasvaa noin 50 sanaa. Kun tämä niin sanottu ensisanojen kausi on ohitettu, kielenkehityksessä ilmenee sanapyrähdys ja sanoja aletaan omaksua usein hyvin nopeasti (Barrett, 1995).

Kahden vuoden iässä aktiivinen tuottava sanavarasto on tyypillisesti kehittyneillä jo noin 270–300 sanaa ja he ymmärtävät kieltä runsaasti (Kunnari & Savinainen-Makkonen, 2012a). Kahden ikävuoden jälkeen sanavarasto voi laajentua jopa kymmenen sanan päivävauhtia (Savinainen-Makkonen & Kunnari, 2009). Yksilöllinen vaihtelu on kuitenkin tässä iässä vielä suurta. Kielenkehitys etenee sanaston kasvamisesta sanojen yksinkertaiseen yhdistelyyn ja pikkuhiljaa monimutkaisempiin ilmaisiin. Aluksi lauseet ovat sähkösanomatyyllisiä sisältäen vain tärkeät sanat, eikä sanajärjestys vielä ole kehittynyt tavanomaiseksi (Savinainen-Makkonen & Kunnari, 2009). Yhdyslauseiden kehitys alkaa kahden vuoden iässä aluksi ilmaisemalla sivulauseen sisältö vain yhdellä sanalla ja kehittyy tästä useampaan sanaan ja kahteen kokonaiseen lauseeseen (Surakka, 2020). Savinainen-Makkosen ja Kunnarin (2009) mukaan lapsen fonologisten taitojen kehittyessä samanaikaisesti kehittyvät myös muiden kommunikointikeinojen, kuten katseen, ilmeiden ja eleiden käyttö.

Tässä tutkimuksessa tutkitaan kielellisiä taitoja viiden vuoden iässä. Tyypillisesti kehittyneellä 5-vuotiaalla puhe on selkeää lukuun ottamatta muutamia mahdollisia äännevirheitä. Tämän ikäiset lapset käyttävät kieliopillisesti virheettömiä lauseita, osaavat sanojen taivutuksen, ymmärtävät monimutkaisempia lauseita, osaavat neuvottelun ja verbaalisen suostuttelun keinot ja kerrotut tarinat etenevät johdonmukaisesti (Korpilahti ym., 2014; Savinainen-Makkonen & Kunnari, 2009). Viisivuotiaat lapset leikkivät roolileikkejä ja lapsilla on taidot neuvotella leikin

etenemisestä ja säännöistä (Cohen, 2018). Viisivuotiaan kielellisistä taidoista tulisi huolestua, jos hän käyttää lyhyitä lauseita kommunikoimiseen, hänellä on ongelmia sosiaalisessa keskustelussa tai ongelmia tuottamisessa tai ymmärtämisessä (Hoff, 2013). Viisivuotiaille epätyypillisiä piirteitä fonologisissa taidoissa ovat useamman kuin yhden konsonantin puuttuminen, ongelmat tavujen pituuden hallinnassa, äännevirheet sekä sanojen typistyminen (Kunnari ym., 2012). Hoffin (2013) mukaan huolta aiheuttaa myös haasteet ymmärtää moniosaisia ohjeita. Silloin, kun lapsen kielellisten taitojen kehitys poikkeaa muusta ikätasoisesta kognitiivisesta kehityksestä, voidaan puhua kehityksellisestä kielihäiriöstä (Kehityksellinen kielihäiriö: Käypä hoito, 2019; Leonard, 2014). Kehityksellinen kielihäiriö vaikuttaa laajasti lapsen kielelliseen toimintakykyyn, osallistumiseen ja vuorovaikutukseen. Sitä eivät selitä muut neurologiset sairaudet tai vammat eivätkä aistitoimintojen poikkeavuudet. Kehityksellisessä kielihäiriössä esiintyy vaikeuksia kielellisessä ymmärtämisessä, tuottamisessa tai molemmissa. Haasteita voi esiintyä niin fonologian, morfologian, sanaston, syntaksin tai pragmatiikan osa-alueilla (Kunnari & Laasonen, 2022).

1.2 Eksekutiiviset funktiot

Eksekutiiviset funktiot muodostuvat joukosta erilaisia kognitiivisia prosesseja, jotka mahdollistavat oman toiminnan ja käyttäytymisen säätelemisen (Diamond, 2013). Eksekutiivisiin funktioihin kuuluvat toiminnot liittyvät keskeisesti tavoitteellisen toiminnan toteuttamiseen (Diamond, 2013; Lezak, 1995). Niiden avulla ihminen pystyy suuntaamaan, ohjaamaan ja ylläpitämään omaa toimintaansa (Diamond 2013; Jurado & Rosselli, 2007). Eksekutiiviset funktiot ovat hyvin kompleksinen käsite johtuen siihen kuuluvista useista erilaisista toiminnoista ja taidoista (Jurado & Rosselli, 2007). Niiden osa-alueiden toiminnot ovat vahvasti kytkeytyneitä toisiinsa, ja toiminnan suorittaminen edellyttääkin lähes aina osa-alueiden tiivistä yhteistyötä. Toimintojen päällekkäisyyden vuoksi osa-alueiden erottelu ei ole yksiselitteistä, mikä on johtanut lukuisiin erilaisiin määritelmiin eksekutiivisista funktioista. Eksekutiivisten funktioiden käsitteellä ei ole yhtä yleisesti hyväksyttyä määritelmää (Jurado & Rosselli, 2007).

Eksekutiivisia funktioita määritellään perinteisesti sen pohjalta, mitä osa-alueita siihen katsotaan kuuluvaksi. Eksekutiivisiin funktioihin kuuluvista osa-alueista ja niiden keskinäisistä suhteista on kuitenkin erilaisia näkemyksiä (Kaushanskaya ym., 2017). Eksekutiivisten funktioiden osa-alueet voidaan nähdä useamman osa-alueen muodostamana kokonaisuutena (*non-unitary construct*) tai yhtenä osa-alueet yhdistävänä kokonaisuutena (*unitary construct*)

(Anderson, 2002; Miyake ym., 2000). Perinteisemmän näkemyksen mukaan eksekutiiviset funktiot ajatellaan muodostuvan yhdestä osa-alueesta, mutta myöhemmin on esitetty myös kahden, kolmen tai neljän komponentin malleja (Jurado & Rosselli, 2008). Molemmista näkemyksistä on kuitenkin vahvaa tutkimusnäyttöä (Lehto ym., 2003; Miyake ym., 2000). Tämän vuoksi on esitetty nämä kaksi näkemystä yhdistävää selitysmallia, jolloin eksekutiiviset funktiot näyttäytyisivät varhaislapsuudessa osa-alueet yhdistävänä kokonaisuutena (Garon ym., 2008). Vasta myöhemmin kehityksen myötä osa-alueet alkaisivat eriytyä ja toimisivat itsenäisinä, mutta vahvasti toisiinsa yhteydessä olevina osa-alueina.

Tässä tutkimuksessa eksekutiiviset funktiot nähdään kolmen eri osa-alueen muodostamana kokonaisuutena, jonka osa-alueet ovat Diamondin (2006; 2013) näkemystä mukaillen itsenäisiä, mutta toisiinsa vahvasti yhteydessä olevia osa-alueita. Mallissa huomioidaan myös eksekutiivisten funktioiden rakentuminen suhteessa toisiinsa sekä kehittyminen kasvun ja kehityksen myötä (Diamond, 2006). Eksekutiivisten funktioiden kolme osa-aluetta ovat työmuisti, inhibitio ja kognitiivinen joustavuus (Diamond, 2013). Työmuistilla tarkoitetaan kykyä pitää mielessä informaatiota ja samanaikaisesti prosessoida sitä. Työmuistia tarvitaan kaikessa tiedonkäsittelyä vaativissa toiminnoissa, kuten esimerkiksi lukemisessa, erilaisten tehtävien suorittamisessa ja oppimisessa. Inhibitio tarkoittaa puolestaan kykyä kontrolloida toimintaa esimerkiksi vaimentamalla toimintaa häiritseviä ulkoisia tai sisäisiä ärsykeitä. Inhibitiokyky mahdollistaa huomion kiinnittämisen ja keskittymisen haluttuun asiaan tai tehtävään. Kognitiivisen joustavuuden taidot taas mahdollistavat joustavan toiminnan. Sen avulla voidaan sujuvasti vaihtaa tehtävästä toiseen sekä sopeutua muuttuviin tilanteisiin. Helpoimmista kognitiivisen joustavuuden tehtävistä lasten on havaittu suoriutuvan 2,5 vuoden iässä, kun taas työmuistin ja inhibition osa-alueiden kehittymisestä on havaittu merkkejä jo lapsen ensimmäisen elinvuoden ajalta. Diamondin (2006; 2013) mukaan jo 8–12 kuukauden ikäiset lapset ovat tutkimuksissa osoittaneet kykyä tavoitteellisen toiminnan suunnitteluun ja toteuttamiseen. Toiminnan suorittamiseksi he pystyivät pitämään tavoitteen mielessä riittävän pitkään (työmuisti) ja inhiboida edellisen tehtävän suorittamiseen käytettyä toimintamallia uuden tehtävän suorittamiseksi (Diamond, 2013).

Tämän tutkimuksen aineistossa eksekutiivisia funktioita mitattiin Spin the pots- ja Snack delay -tehtävillä 2,5 vuoden mittapisteessä. Näiden tehtävien voidaan ajatella mittaavan työmuistia ja inhibitiota. Nämä eksekutiivisten funktioiden osa-alueet on valittu siksi, että eksekutiivisista funktioista työmuisti ja inhibitiokontrolli kehittyvät ensin (Diamondin 2006; 2013). Kognitiivisen joustavuuden eriytyminen muista osa-alueista alkaa vasta kahden ja kolmen

ikävuoden välillä (Garon ym., 2008; Diamond 2006), jonka vuoksi sitä ei ole mitattu tässä ikäpisteessä. Aikaisemmissa tutkimuksissa eksekutiivisten funktioiden osa-alueista työmuistilla on havaittu vahva yhteys kielenkehityksen eri osa-alueisiin (Daneman & Merikle, 1996; Peng ym., 2018). Inhibition ja kognitiivisen joustavuuden merkitys kielenkehitykselle on myös tärkeä (Filipe ym., 2013). Tutkimusnäyttö antaa kuitenkin viitteitä siitä, että inhibitiokontrolli olisi kognitiivista joustavuutta tärkeämpi osa-alue kielenkehitykselle (Pauls & Archibald, 2016). Valituista eksekutiivisten funktioiden osa-alueista työmuisti ja inhibitiio ovat lisäksi vahvasti yhteydessä toisiinsa molempien osa-alueiden tukiessa toisiaan. Toiminnan toteuttamiseksi on samanaikaisesti pystyttävä pitämään tavoite mielessä ja keskittymään kyseisen toiminnan kannalta olennaisiin tekijöihin, mikä edellyttää toimintaa häiritsevien ärsykkeiden inhibointia (Diamond, 2013).

1.2.1 Työmuisti

Työmuisti on yksi kognitiivisen psykologian keskeisimmistä ja tutkituimmista käsitteistä (Adams ym., 2018; Cowan, 2017). Työmuisti on kestoaltaan ja kapasiteetiltaan rajallinen tiedon säilytys- ja prosessointijärjestelmä, jonka avulla eri aistikanavien kautta saapuvaa tietoa on mahdollista pitää lyhytkestoisesti aktiivisena mielessä tiedonkäsittelyä ja yhdistelyä varten (Cowan, 2017). Työmuisti voidaan jakaa kielelliseen ja ei-kielelliseen työmuistiin (Diamond, 2013). Kielellistä työmuistia käytetään kielellisen informaation vastaanottamisessa ja prosessoinnissa, kun taas ei-kielellisessä työmuistissa käsitellään ja ylläpidetään visuaalista eli näköhavaintojen kautta saapuvaa informaatiota. Työmuistilla on lukuisissa tutkimuksissa osoitettu olevan keskeisen rooli kognitiivisessa ja kielellisessä prosessoinnissa (Baddeley, 2003; Gathercole ym., 1992; Shipstead ym., 2015). Se mahdollistaa toiminnan tai tehtävän kannalta olennaisen tiedon kontrolloinnin, prosessoinnin ja ylläpitämisen, mikä on yksi oppimisen edellytyksistä. Työmuistin heikkoutta voi esiintyä osana erilaisia neuropsykiatrisia tai kielellisiä häiriöitä. Tutkimusten mukaan esimerkiksi lapsilla, joilla on kielihäiriö, on havaittu sekä kielellisen työmuistin että ei-kielellisen visuospatiaalisen työmuistin heikkoutta (Archibald & Gathercole, 2006; Daneman & Merikle, 1996).

Työmuistin kehittyminen alkaa heti syntymän jälkeen ja se jatkuu aina nuoruusikään asti, jonka jälkeen kehitys alkaa tasaantua (Anderson ym., 2001; Garon ym., 2008). Työmuistin kehitys tapahtuu vaiheittain ja sen voidaan ajatella heijastelevan aivojen rakenteellista ja toiminnallista kypsymistä (Anderson, 2002; Garon ym., 2008). Kyky pitää mielessä asioita kehittyy jo ensimmäisten elinkuukausien aikana (Diamond, 2013). Pienet lapset pystyvät pitämään

mielessä yhdestä kahteen yksikköä kerrallaan (Diamond, 2013; Garon ym., 2008) ja työmuistin sisältöjen päivittäminen onnistuu 9–12 kuukauden iässä (Diamond, 1985). Työmuistin kapasiteetin ja keston kehittyminen tapahtuu hitaammin pidemmän ajan kuluessa. Kielellisen työmuistin kapasiteetin on havaittu kasvavan 2–3 yksiköstä kuuteen yksikköön ikävuosien 4 ja 12 välillä, kun taas ei-kielellisen työmuistin kapasiteetti kasvoi neljästä neljääntoista muistettavaan yksikköön ikävuosien 5 ja 11 välillä (Gathercole, 1998; Wilson ym., 1987). Iän myötä kehittyvät myös työmuistia tukevat muut kognitiiviset prosessit, kuten prosessointinopeus sekä kyky yhdistää tietoa jo olemassa olevaan tietoon (Chi, 1976; Miller, 1997). Tiedonkäsittelyn tehostuminen mahdollistaa työmuistin kapasiteetin hyödyntämisen paremmin, mikä myös vapauttaa työmuistin kapasiteettia muuhun prosessointiin.

1.2.2 Inhibitio

Inhibitiota määritellään tutkimuskirjallisuudessa eri tavoin. Se voidaan nähdä kattoterminä kuvaamaan mekanismeja ja prosesseja, jotka hillitsevät tai vaimentavat hermostoon, käyttäytymiseen tai ajatuksiin liittyvää toimintaa (Clark, 1996). Inhibitorisia prosesseja voidaan määritellä sen mukaan, mihin kehon osa-alueisiin tai toimintoihin ne vaikuttavat. Neuraalinen inhibitio viittaa hermoston tasolla tapahtuvaan toiminnan säätelyyn, kun taas kognitiivinen inhibitio säätelee ja ohjaa ajattelua (Clark, 1996). Behavioraalisella inhibitiolla tarkoitetaan käyttäytymiseen ja toimintaan liittyvää inhibitiota (Barkley, 1997). Barkley (1997) on jakanut behavioraalisesta inhibition kolmeen eri toimintoon, joita ovat totuttujen toimintamallien estäminen, käynnissä olevan toiminnan pysäyttäminen sekä häiritsevien ärsykkeiden vaimentaminen tai estäminen. Inhibitiokyky mahdollistaa tarkkaavuuden ja toiminnan säätelyn lisäksi sisäisten toimintamallien ja ulkoisten houkutusten vastustamisen (Barkley, 1997; Diamond, 2013). Inhibitio vaikuttaa laaja-alaisesti ihmisen toimintaan ja inhibitiokontrolliin liittyvät heikkoudet on yhdistetty erilaisiin kehityksellisiin ja neuropsykiatrisiin häiriöihin, kuten aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriöön (ADHD) ja autismikirjon häiriöön (Geurts ym., 2004). Lisäksi inhibitiokontrollin heikkoutta on havaittu lapsilla, joilla on kehityksellinen kielihäiriö (Pauls & Archibald, 2016).

Kuten muiden eksekutiivisten funktioiden osa-alueiden, myös inhibitiokyvyn kehityksen ajatellaan mukailevan aivojen rakenteellista ja toiminnallista kehitystä (Garon, 2008). Inhibitiokyky kehittyy vaiheittain ja sen kehittyminen alkaa heti ensimmäisen ikävuoden aikana. Ensimmäiset merkit varhaisesta inhibitiosta on havaittavissa 6–7 kuukauden iästä alkaen (Diamond, 1985; Holmboe ym., 2018), jolloin kyky tukahduttaa hallitsevia ärsykeitä

ja pysäyttää meneillään oleva toiminta alkaa kehittyä. Eräs varhaisimpia inhibitiokyvyn ilmenemismuotoja on se, kun vanhemman tekemän vuorovaikutusaloitteen jälkeen lapsi pystyy lopettamaan käynnissä olevan kiinnostavan toiminnan. Vähitellen inhibitiokyvyn kehittyessä ärsykkeiden aiheuttamia reaktioita opitaan hallitsemaan paremmin (Garon ym., 2008). Inhibitiokyky kehittyy merkittävästi varhaislapsuudessa, mutta inhibition taso vaikuttaisi kuitenkin vakiintuvan jo melko varhain (Bialecka-Pikul ym., 2018; Carlson ym., 2004; Cuevas & Bell 2014; Garon ym., 2008; Kochanska ym., 2000). Kochanskan ja kollegoiden (2000) tutkimuksessa yksilöllisten erojen tehtäväsuoriutumisessa havaittiin pysyvän samana 22 ja 33 kuukauden ikäpisteiden välillä. Aiemmin mitattu inhibitiokyky näyttäisi ennustavan samankaltaista suoriutumista vielä vuosienkin päästä (Eigsti ym., 2006; Kloo & Sodian, 2017). Inhibitiokyvyn kehittyminen jatkuu nuoruusvuosiin asti (Garon ym., 2008; Eigsti ym., 2006; Luna ym., 2004).

1.3 Työmuisti ja inhibitio kielenkehityksen ennustajana

Tutkimukset ovat osoittaneet, että työmuistin ja inhibition kehitys liittyy läheisesti kielenkehitykseen (Daneman & Merikle, 1996; Filipe ym., 2013). Vahvasta yhteydestä huolimatta näkemys niiden välisestä syy-seuraussuhteesta on edelleen avoin. Selkeää kuvaa kehityspolkujen suunnasta ei ole pitkittäistutkimusten vähäisyyden vuoksi selvillä (Shokrkon & Nicoladis 2022). Kokonaiskuvan piirtymistä vaikeuttavat erot siinä, miten näitä kykyjä on tutkimuksissa operationalisoitu ja arvioitu (Bishop & Adams, 1991; Jurado & Rosselli, 2007). Bishop ja Nation (2014) ovat esittäneet kolme vaihtoehtoista hypoteesia eksekutiivisten funktioiden ja kielenkehityksen väliselle yhteydelle: 1) eksekutiiviset funktiot ennustavat kielenkehitystä 2) kielenkehitys ennustaa eksekutiivisia funktioita sekä 3) kaksisuuntainen yhteys eksekutiivisten funktioiden ja kielenkehityksen välillä.

Näistä kaikista edellä mainituista hypoteeseista on olemassa tutkimusnäyttöä (Daneri & Blair, 2017; Fush & Day, 2011; Hughes & Ensor, 2007; Kuhn ym., 2014; Lee ym., 2023; Miller & Marcovitch, 2015; Newbury ym., 2016; Romeo ym., 2022). Tässä tarkastelussa keskitytään eksekutiivisiin funktioihin kielenkehityksen ennustajana. Tutkimusten mukaan eksekutiiviset funktiot voisivat luoda perustan varhaiselle kielenkehitykselle sen oletuksen perusteella, että hyvät eksekutiivisten funktioiden taidot helpottavat kielen oppimista (Adams & Gathercole, 1995; Blain-Brière ym., 2014). Eksekutiivisten funktioiden on ajateltu mahdollistavan keskittymisen sosiaalisen ja kielellisen ympäristön eri puoliin. Vanhemman käyttäessä katsekontaktia ja katseen suuntaamista ohjatakseen lapsen huomion tiettyyn kohteeseen tai

tapautumaan, lapsen on pystyttävä suuntaamaan huomionsa kielelliseen ärsykkeeseen, siirtämään tarkkaavuuttaan visuaalisten ärsykkeiden välillä ja yhdistämään tietoa useista lähteistä.

Työmuistin on jo pitkään ajateltu olevan keskeinen tekijä kielellisessä ymmärtämisessä. Työmuistin avulla lapsi pystyy pitämään mielessä kuultuja sanoja sekä yhdistelemään sanojen merkityksiä ja sanahahmoja toisiinsa (Diamond, 2014; Gathercole & Baddeley, 1989). Työmuistikapasiteetin on osoitettu olevan yhteydessä kykyyn käsitellä pitkiä ja monimutkaisia lauserakenteita (Adams & Gathercole, 1995; Baddeley, 2003). Kielellisen työmuistikapasiteetin on havaittu ennustavan melko luotettavasti puheen ymmärtämistä tyypillisesti kehittyvillä lapsilla ja nuorilla (Daneman & Merikle, 1996). Ilman riittävää työmuistikapasiteettia puhujan voi olla vaikeaa pitää mielessään lauseen rakenne, muistaa jo sanotut sanat ja suunnitella tulevia ilmauksia (Adams & Gathercole, 1995). Lisäksi työmuisti mahdollistaa useista eri aistikanavista saapuvan tiedon yhdistelemisen ja prosessoinnin. Newburyn ja kollegoiden (2016) pitkittäistutkimuksessa tutkittiin kolmen varhaisen prosessoinnin mittarin ennustavaa yhteyttä kielellisiin taitoihin. He havaitsivat kielellisen työmuistin, fonologisen lyhytkestoisen työmuistin ja prosessointinopeuden ennustavan myöhempiä ymmärtämisen taitoja 2–4-vuotiailla lapsilla. Myös inhibitiolla on tärkeä rooli ymmärtämisen taitojen kehittämisessä. Inhibitiotaitojen on ajateltu auttavan lasta havaitsemaan ympäristöstä vihjeitä, jotka ovat tärkeitä kielen ja sosiaalisen vuorovaikutuksen oppimiselle. Näitä vihjeitä ovat esimerkiksi erilaiset ilmeet ja eleet sekä prosodiset ja foneemiset vihjeet, jotka auttavat ymmärtämään ja tulkitsemaan viestintää. Lisäksi inhibitiokyky mahdollistaa huomion kiinnittämisen kielellisiin rakenteisiin ja säännönmukaisuuksiin. Inhibitiokontrollin on osoitettu tukevan keskittymistä olennaiseen kielelliseen informaatioon ja auttavan häiritsevien ärsykkeiden sivuuttamisessa (Green, 1998; Miyake ym., 2000).

Työmuistilla ja inhibitiolla on osoitettu olevan merkittävä rooli myös puheen tuottamisessa. Vahvat työmuisti- ja inhibitiotaidot tukevat tarkoituksenmukaista, joustavaa ja tehokasta puheen tuottamista (Bock, 1982; Gathercole ym., 2005). Työmuisti tukee puheen suunnittelua ja toteutusta, sillä se mahdollistaa kielellisten yksiköiden ylläpitämisen ja käsittelyn puheen aikana (Diamond, 2014; Gathercole & Baddeley, 1990; Just & Carpenter, 1992). Mitä paremmin lapsi osaa pitää mielessään ja käsitellä puhuttuja sanoja, sitä tarkempaa hänen puheentuotonsa on riippumatta hänen kronologisesta iästään, sanavaraston koosta tai auditiivisen erottelun taidoistaan (Waring ym., 2019). Työmuistin ja fonologisen lyhytkestoisen muistin on havaittu 3–4-vuotiailla lapsilla korreloivan heidän kykyynsä tuottaa

rakenteellisesti monimutkaisempia lauseita sanojen määrän, syntaksin ja sanaston laajuuden huomioiden (Adams & Gathercole, 1995). Sundqvistin ja kollegoiden (2016) pitkittäistutkimuksessa 9 kuukauden iässä mitatun työmuistin havaittiin ennustavan tuottavaa kieltä 16 kuukauden iässä. Vastaavanlainen yhteys on löydetty myös hieman vanhemmilla lapsilla. Newburyn ja kollegoiden (2016) tehdyssä tutkimuksessa kielellinen työmuisti, fonologinen lyhytkestoinen työmuisti ja prosessointinopeus kahden vuoden iässä ennusti tuottavan kielen tasoa neljän vuoden iässä. Inhibitiokyvyllä on puhetta tuottaessa puolestaan tärkeä rooli häiritsevän tiedon torjumisessa, epäolennaisten tai väärin sanavaihtoehtojen estämisessä (Arbuckle ym., 2000; Barkley, 1997). Heikentyneellä inhibitiokyvyllä ei kyetä tehokkaasti estämään vääriä äännevaihtoehtoja tai tuottamaan äännettä tarkoituksenmukaisesti, jolloin myös puhe voi olla epäselvää (Arbuckle ym., 2000; Levy & Anderson, 2002). Myös työmuistin on raportoitu olevan yhteydessä parempaan ääntämisen tarkkuuteen (Torrington Eaton & Ratner, 2016).

Pitkittäistutkimuksissa työmuistin ja inhibition on havaittu ennustavan myös muita kielenkehityksen osa-alueita, kuten sanavarastoa ja lukemisen taitoja (Lee ym., 2023; Gandolfi & Viterbori ym., 2020; Gandolfi ym., 2021). Lee ja kumppanit (2023) ovat havainneet eksekutiivisten funktioiden osa-alueista varhaisen työmuistin ja inhibition ennustavan myöhempää kieltä. He tutkivat, miten lauseiden prosessointikyky vaikuttaa eksekutiivisten funktioiden ja ymmärtävän sanaston yhteyteen. Tutkimuksen tulosten mukaan työmuisti ja inhibitiio olivat yhteydessä myöhempään sanastoon eikä lauseiden prosessointikyvyllä ollut vaikutusta niiden väliseen yhteyteen. Gandolfin ja kollegoiden (2021) tutkimuksessa inhibition havaittiin olevan yhteydessä kielellisiin taitoihin. Tutkimuksessa tarkasteltiin pitkittäissuhdetta varhaisten inhibitiokykyjen ja myöhemmän lukemaan oppimisen valmiuksien välillä. Inhibitiokontrolli oli tutkimuksessa jaettu reaktion estämisen (*response inhibition*) ja häiriön tukahduttamisen (*interference suppression*) osa-alueisiin. Keskeisenä löydöksenä inhibition osa-alueista häiritsevien ärsykkeiden estäminen huomattiin olevan yhteydessä sekä fonologiseen tietoisuuteen että varhaiseen ortografiseen tietoon jopa silloin, kun lasten varhainen tuottava sanasto kontrolloitiin. Myös Gandolfin ja Viterborin (2020) tutkimuksessa huomattiin 2–2;8-vuotiaiden lasten inhibitiotaitojen ennustavan morfosyntaktisia taitoja vuoden päästä.

Lapsilla, joilla on heikot työmuisti- ja inhibitiotaidot, voi esiintyä haasteita kielen oppimisessa. Esimerkiksi kielihäiriöisillä lapsilla on havaittu työmuistin ja inhibitiokontrollin poikkeavuuksia, mikä voi vaikeuttaa sanaston laajentumista ja kieliopillisten rakenteiden

omaksumista (Leonard, 2014). Kielihäiriöisillä lapsilla on tutkimuksissa ilmennyt muun muassa kielellisen työmuistin ja ei-kielellisen visuospatiaalisen työmuistin heikkoutta (Archibald & Gathercole, 2006; Daneman & Merikle, 1996). Työmuistin kapeuden on havaittu aiheuttavan lasten välisiä kielellisiä eroja (Graf Estes ym., 2007). Heikon inhibitiokontrollin on havaittu olevan yhteydessä pragmatiikan eli sosiaalisen kielenkäytön haasteisiin, kuten liialliseen puheliaisuuteen ja taipumukseen tuottaa tarpeetonta informaatiota puheessa (Arbuckle ym., 2000). Tätä esiintyy etenkin lapsilla, joilla on ADHD (Green ym., 2014). Myös autismikirjon lapsilla saattaa olla erityisiä vaikeuksia inhibitiokontrollissa ja kognitiivisessa joustavuudessa, mikä voi vaikuttaa pragmatiikan kehittymiseen (Geurts ym., 2004). Inhibition haasteet estävät ympäristön ärsykkeiden huomiotta jättämisen, mikä voi näkyä esimerkiksi jaetun tarkkaavuuden haasteina ja kielen rakenteiden hallinnan vaikeuksina. Edellä esiteltyt tutkimukset viittaavat siihen, että eksekutiiviset funktiot ja kielenkehitys ovat vuorovaikutuksessa keskenään ja eksekutiiviset funktiot voisivat osaltaan selittää yksilöllisiä eroja kielellisissä taidoissa. Lisäksi tähän yhteyteen voivat vaikuttaa myös muut ympäristön taustamuuttajat, joiden suhdetta kieleen, työmuistiin ja inhibitioon tarkastellaan lähemmin seuraavassa kappaleessa.

1.4 Eksekutiivisten funktioiden ja kielenkehityksen taustatekijät

Kielenkehitykseen ja eksekutiivisiin funktioihin vaikuttaa moninainen joukko taustatekijöitä, jotka voivat toimia sekä riskitekijöinä että suojaavina tekijöinä lapsen kehityksessä (Laasonen & Park, 2022). Nämä taustatekijät voivat paitsi itsessään muokata kielen ja eksekutiivisten funktioiden kehityskulkua, myös säädellä näiden taitojen välistä yhteyttä. Eksekutiivisten funktioiden ja kielenkehityksen välisen yhteyden taustalla olevat mekanismit eivät ole vielä täysin selviä, mutta tutkimuskirjallisuuden perusteella niitä ovat muun muassa lapsen sukupuoli, äidin koulutusaste, äidin ikä lapsen syntymähetkellä sekä äidin raskausviikkojen määrä.

Sukupuolen merkitys kielenkehitykseen näkyy jo pienillä lapsilla, koska tutkimusten mukaan jo hyvin varhaisessa vaiheessa tyttöjen sanaston kehitys on nopeampaa kuin pojilla (Berglund ym., 2005; Bouchard ym., 2009). Kuitenkin vanhemmilla lapsilla erot kielellisissä taidoissa tyttöjen ja poikien välillä vähenevät (Bello ym., 2012; Lange ym., 2016). Eksekutiivisten funktioiden ja sukupuolen välisestä yhteydestä on tehty useita kansainvälisiä tutkimuksia, joista etenkin Yhdysvalloissa tehdyt tutkimukset viittaavat siihen, että naisilla on paremmat eksekutiivisten funktioiden taidot kuin miehillä (Fush & Day, 2011; Mulder ym., 2014).

Klenbergin ja kollegoiden (2001) tutkimuksen mukaan tytöillä on paremmat eksekutiivisten funktioiden taidot kuin pojilla, mutta erot vähenevät lasten kasvaessa. Toisaalta kaikissa tutkimuksissa sukupuoleen liittyviä eroja ei ole havaittu (Gestsdottir ym., 2014; Slot & von Suchodoletz, 2018). Grissom ja Reyes (2019) totesivatkin katsauksessaan, että merkittäville eroille eksekutiivisten funktioiden ja sukupuolen välillä on vain vähän tukea.

Ympäristöön liittyvistä taustamuuttujista sosioekonomisella asemalla on todettu olevan selkeä yhteys eksekutiivisten funktioiden taitoihin (Noble ym., 2007; St. John ym., 2019). Lisäksi kielen on havaittu säätelevän eksekutiivisten funktioiden ja sosioekonomisen aseman välistä yhteyttä (Hughes ym., 2009). Klenberg ja kollegat (2001) totesivat, että vanhempien koulutuksella ja eksekutiivisilla funktioilla on vahvempi yhteys kuin tarkkaavaisuudella, joka nähtiin eksekutiivisista funktioista erillisenä osa-alueena. Äidin koulutustason on tutkimuksissa osoitettu vaikuttavan sekä kielenkehitykseen että lapsen neurokognitiiviseen kehitykseen, kuten eksekutiivisiin funktioihin (Dollaghan ym., 1999; Morales ym., 2024). Mitä korkeammin äiti on kouluttautunut, sitä paremmin lapsi ymmärtää ja tuottaa kieltä (Dollaghan ym., 1999; Zambrana ym., 2012). Moralesin ja kumppaneiden (2024) pitkittäistutkimuksessa selvisi kuitenkin, että äidin koulutustaso vaikuttaa enemmän lapsen kielenkehitykseen kuin eksekutiivisiin funktioihin. Äidin koulutusaste voi ympäristön vaikutuksen lisäksi ilmentää myös geneettistä taustamuuttujaa (Klenberg, 2001). Äidin iän on myös todettu olevan yhteydessä lapsen kielelliseen kehitykseen (Muluk ym., 2014). Lisäksi raskausviikkojen määrällä ja lapsen keskosuudella on havaittu olevan vaikutusta lapsen kielelliseen tasoon (Putnick ym., 2017). Myöhemmillä raskausviikoilla syntyneiden lasten on todettu suoriutuvat paremmin tuottavaa ja ymmärtävää kieltä mittaavista testeistä (Snijders ym., 2020). Keskosuudella eli raskausviikkojen vähäisemmällä määrällä on havaittu olevan myös negatiivista vaikutusta eksekutiivisiin funktioihin (Luu ym., 2011; O’Meagher ym., 2020).

1.5 Yhteenveto

Kielen kehittyminen edellyttää kykyä kiinnittää huomiota, pitää mielessä asioita ja yhdistellä tietoa monista eri lähteistä sekä siirtää tarkkaavuutta ärsykkeiden välillä. Teoreettisesti on perusteltua olettaa, että eksekutiivisten funktioiden osa-alueista työmuisti ja inhibitio ovat keskeisessä roolissa kielellisen informaation prosessoinnissa ja kielellisten taitojen oppimisessa. Työmuisti ja inhibitio valikoituvat tutkittaviksi osa-alueiksi siksi, että tässä tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita varhaisten eksekutiivisten funktioiden yhteydestä kielenkehitykseen ja ne kehittyvät aiemman tutkimustiedon mukaan ensimmäisenä

eksekutiivisten funktioiden osa-alueista. Työmuistin tai inhibition ja kielen välisestä suhteesta on runsaasti tutkimusta, mutta kausaalisuhte on edelleen avoin. Tähän asti tehdyistä tutkimuksista suuri osa on poikkileikkaustutkimuksia, jotka rajoittavat mahdollisuuksia tehdä johtopäätöksiä syy-seuraussuhteista. Pitkittäistutkimus tarjoaa luotettavamman tavan selvittää työmuistin tai inhibition ja kielenkehityksen yhteyden välistä suuntaa. Lisäksi suuri osa tutkimuksista tarkastelee kielellisten taitojen vaikutusta eksekutiivisten funktioiden kehitykseen. Nämä tutkimusaukot luovat tarpeen tarkastella, missä määrin työmuisti ja inhibitio vaikuttavat kausaalisesti kielenkehitykseen. Tässä tutkimuksessa huomioidaan myös erilaisia taustatekijöitä, jotka voivat vaikuttaa kielen ja työmuistin tai inhibition kehitykseen sekä niiden väliseen suhteeseen. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, ennustavatko varhainen työmuisti ja inhibitio kielenkehitystä lapsuudessa taustatekijät huomioiden, ja siten täydentää aikaisempaa alan tutkimusta.

2 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää eksekutiivisten funktioiden ja kielenkehityksen välistä yhteyttä. Tutkimuksessa tarkastellaan, onko eksekutiivisten funktioiden osa-alueista varhainen työmuisti ja inhibitio yhteydessä myöhempään kielelliseen taitotasoon. Työmuisti ja inhibitio on valittu tarkasteltaviksi osa-alueiksi Diamondin (2013) mallin mukaisesti. Syy-seuraussuhteen selvittämiseksi tutkimuksessa hyödynnetään pitkittäistutkimusasetelmaa, jonka avulla on mahdollista päästä lähemmäksi kausaalista selityssuhdetta. Tutkimusaihe on tärkeä, sillä työmuistin ja inhibition ennustaessa myöhempää kielenkehitystä, voitaisiin niitä tarkastelemalla ennustaa kielenkehityksen kulkua myöhemmin. Ennustavan suhteen selvittäminen auttaa selittämään, ovatko kielelliset haasteet seurausta heikoista työmuistin ja inhibition taidoista. Tutkimuskysymykset ovat

1. Ennustaako 2,5 vuoden iässä mitattu työmuisti kielellisiä taitoja 5 vuoden iässä?
2. Ennustaako 2,5 vuoden iässä mitattu inhibitio kielellisiä taitoja 5 vuoden iässä?

Aiemmissa tutkimuksissa työmuistin kapeuden on osoitettu aiheuttavan lasten välisiä kielellisiä eroja (Graf Estes ym., 2007) ja myös inhibition on osoitettu vaikuttavan kielellisiin taitoihin (Pauls & Archibald, 2016). Tämän perusteella oletuksena on, että parempi varhainen taitotaso valituissa eksekutiivisten funktioiden osa-alueissa ennustaa parempaa taitotasoa myöhemmissä kielellisissä taidoissa. Tutkimusnäyttö aiheesta varhaislapsuuden osalta on vielä vähäistä. Tutkimus tarjoaa arvokasta tietoa siitä, määrittelevätkö työmuistin ja inhibition rajoitteet myöhempiä kielellisiä taitoja sekä millainen vaikutus kielenkäyttötilanteissa esiintyvillä ympäristön häiriötekijöillä on kielenkehitykseen. Tulokset auttavat ymmärtämään, millainen aikuisen ja lapsen kommunikaatio tukee ja hyödyttää kielen oppimista eli auttaisiko lapsen kielenkehitystä esimerkiksi se, että lapselle puhuttaessa käytettäisiin lyhyitä ja selkeitä lauseita. Tulokset voivat auttaa kehittämään varhaisen tuen keinoja kielenkehitykseen lapsille, joilla on tarkkaavuuden haasteita.

3 Menetelmät

Pro gradu -tutkielmassa käytettävä aineisto on osa FinnBrain syntymäkohorttitutkimuksen aineistoa. FinnBrain-syntymäkohortti on mittava suomalainen seurantatutkimus, jonka pääasiallisena tarkoituksena on tutkia raskaudenaikaisen ja varhaisen stressialtistuksen terveysvaikutuksia lasten kehitykseen ja terveyteen (Karlsson ym., 2018). FinnBrain-tutkimus on monitieteellinen tutkimuskokonaisuus, joka muodostuu useista eri osatutkimuksista. FinnBrain-tutkimuksen osallistujat ovat entisen Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin ja Ahvenanmaan alueelta rekrytoituja perheitä (Karlsson ym., 2018). Rekrytointi tapahtui 12. raskausviikolla järjestettyjen ultraäänikäyntien yhteydessä vuosina 2011–2015. Tutkimuskutsun saaneista yhteensä 66 % allekirjoitti suostumuslomakkeen ja tutkimukseen osallistui yhteensä yli 10 000 henkilöä. Osallistujista äitejä on 3808 ja heidän puolisoitaan 2623. Lapsia tutkimuksessa on mukana yhteensä 3837. Tutkimusaineistoa kerätään pääasiassa kyselylomakkeiden avulla, mutta sitä kerätään myös eri osatutkimusten järjestämiltä tutkimuskäynneiltä. Tässä Pro gradu -tutkielmassa käytetään aineistoa, joka on peräisin kehityspsykologisesta sekä kielen ja puheen osatutkimuksista.

Tässä Pro gradu -tutkielman aineistossa mukana olevat osallistujat kuuluvat osaksi FinnBrain-tutkimuksen fokuskohorttia eli tapaus-verrokki-ryhmää. Fokuskohortti on osa laajempaa kohorttia, joka muodostettiin raskaudenaikaiselle stressille altistuneiden ja altistumattomien äitien vertailemiseksi (Karlsson ym., 2018). Fokuskohortti muodostettiin ensimmäisten viidensadan vastaajan kyselylomakkeiden kokonaispistemäärien perusteella, joiden avulla kartoitettiin raskaudenaikaisen stressin määrää. Raskaudenaikaisen stressin määrän kartoittamiseksi äidit täyttivät kolme eri kyselylomaketta, joiden avulla tutkitaan masennus- ja ahdistuneisuusoireilua. Kokonaispistemäärä muodostettiin Edinburgh Postnatal Depressive Scale (EPDS; Cox ym., 1987), Symptom Checklist-90 (SCL-90; Derogatis ym., 1973; Holi ym., 1998) ja Pregnancy related Anxiety Questionnaire (PRAQ-R; Huizink ym., 2004; Huizink ym., 2016) kyselylomakkeiden pistemääristä. Tapausryhmään valikoituvat ne äidit, jotka kuuluivat kokonaispistemäärän perusteella alimpaan ja ylimpään 25. persentiiliin. Korkeampi pistemäärä indikoi korkeampaa stressitasoa, jolloin tapausryhmän muodostivat ylimpään persentiiliryhmään kuuluvat äidit. Alimpaan persentiiliryhmään kuuluvat äidit muodostivat puolestaan verrokkiryhmän. Tapausryhmään katsottiin kuuluvaksi automaattisesti ne äidit, jotka raportoivat käyttävänsä raskaudenaikaista SSRI-masennuslääkettä. Kaikista FinnBrain-tutkimukseen osallistuneista äideistä tapausryhmään kuului 20 % äideistä ja verrokkiryhmään

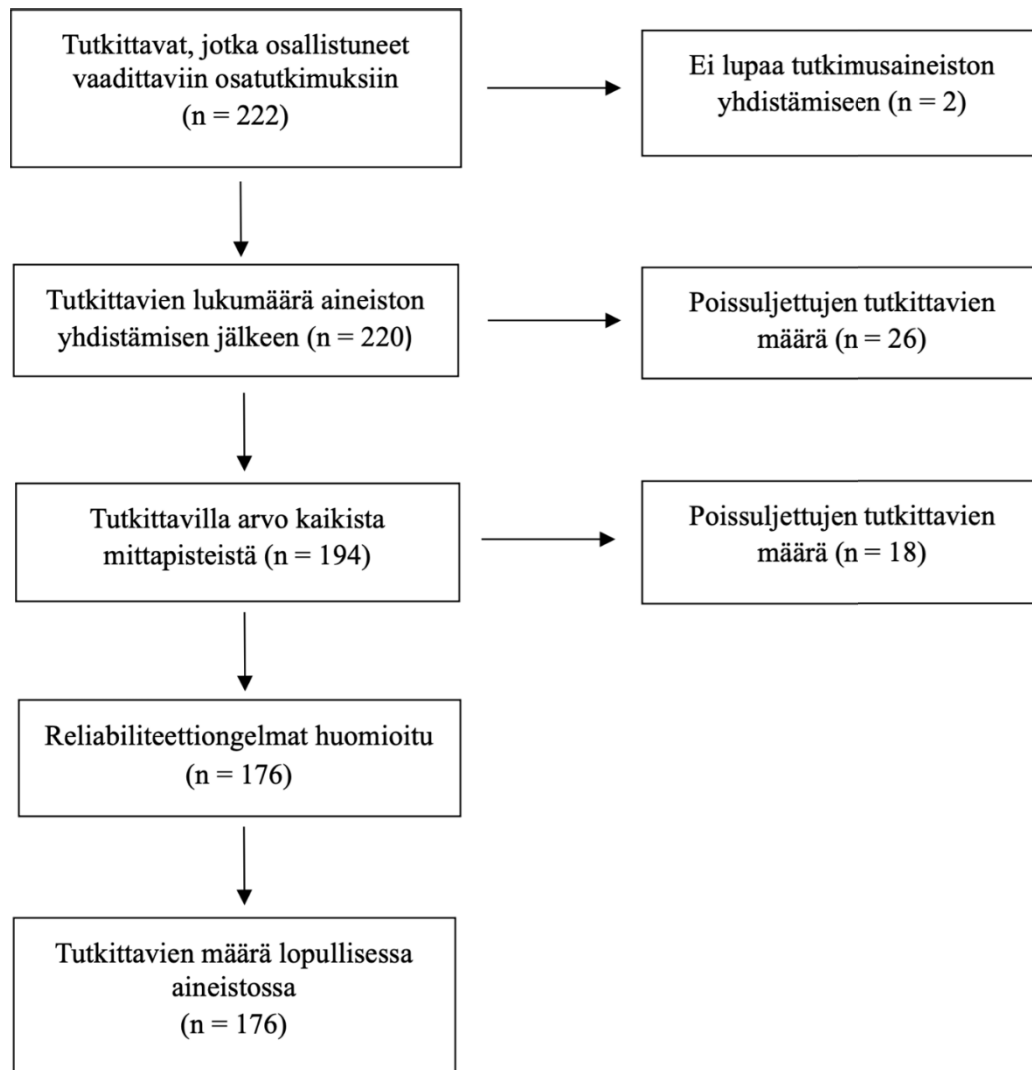
27 % äideistä. Tutkimuksen fokuskohorttiin kuuluvat lapset luokiteltiin kuuluvaksi tapaus- tai verrokkiryhmään sen perusteella, kumpaan ryhmään äiti kuului. Aineistossa on mukana tutkittavia myös varsinaisen fokuskohortin ulkopuolelta eli niin kutsutusta rikasteryhmästä.

3.1 Tutkittavat

Tutkimuksen sisäänottokriteereinä olivat 1) arvo vähintään toisesta 2,5 vuoden eksekutiivisten funktioiden mittapisteestä (Spin the pots eli työmuisti tai Snack delay eli inhibitio, 2) arvo 5-vuotiaiden kielen mittapisteestä sekä 3) performatiivinen älykkyyssosamäärä (PIQ) suurempi tai yhtä suuri kuin 70. Tutkittavien määrä aineistossa näillä sisäänottokriteereillä oli 222. Tutkimuksen ulkopuolelle jätettiin tutkittavat, joiden vanhemmat eivät olleet antaneet lupaa yhdistää dataa muihin mittapisteisiin. Tämän jälkeen poissulkukriteereinä olivat arvo vain yhdestä mittapisteestä sekä reliabiliteettiongelmat, kuten tutkijan virheet ja vanhemman osallistuminen. Aineistoa läpikäydessä kuulomuuttuja kontrolloitiin, sillä kuuloseula ei ollut mennyt läpi neuvolassa ja testaustilanteessa 21 tutkittavalta. Kuulo voi vaikuttaa kielelliseen suoriutumiseen (Lederberg ym., 2013). Tämän vuoksi tarkasteltiin, eroavatko kuuloseulan läpäisseet ja ei-läpäisseet lapset tilastollisesti merkitsevästi kielimuuttujan suhteen. Tuloksen perusteella ryhmät eivät eronneet toisistaan, $t(174) = -0.31$, $p = .847$, $d = -0.07$, joten kuuloseulan perusteella ei rajattu tutkittavia pois. Poissulkukriteerien mukaan tutkimuksesta poissuljettiin yhteensä 46 tutkittavaa, joten tutkittavien lopulliseksi lukumääräksi jäi 176 tutkittavaa. Tutkittavien rajaaminen on kuvattu Kuvaajassa 1.

Kuvaaja 1

Vuokaavio tutkittavien rajauksesta



FinnBrain-tutkimus muodostuu useista eri osa-tutkimuksista (Karlsson ym., 2018), joten tutkittavista lapsista ja heidän vanhemmistaan oli saatavilla runsaasti taustatietoja. Tässä tutkimuksessa huomioitiin erilaisia taustamuuttujia, joiden on havaittu aikaisemmissa tutkimuksissa olevan yhteydessä kielenkehitykseen. Tällaisia taustamuuttujia olivat tutkittavien lasten sukupuoli, äidin raskausviikkojen määrä, jako tapaus-verrokki-ryhmiin (fokuskohortti) sekä äidin koulutusaste ja ikä lapsen syntymähetkellä. Taulukkoon 1 on koottu taustatietoja tutkittavista.

Taulukko 1

Tutkittavien taustatiedot

		Ka	Kh	Tutkittavat	
				N = 176	%
Sukuoli	tyttö			83	47.2
	poika			93	52.8
Raskausviikot	32.9–42.3 vko	39.9	1.5	176	100
Fokuskoorttijako	tapausryhmä			38	21.6
	verrokkiryhmä			91	51.7
	muu*			47	26.7
Äidin koulutusaste	enintään toinen aste			40	22.7
	ammattikorkeakoulututkinto			52	29.5
	yliopistotutkinto			80	45.5
	tieto puuttuu			4	2.3
Äidin ikä lapsen syntymähetkellä	21–42 v.	31.0	4.3	176	100

*Muu = fokuskoortin ulkopuolinen ryhmä, Ka = keskiarvo, Kh = keskihajonta

3.2 Tutkimusmenetelmät

Tähän tutkimukseen valitut muuttajat ovat kielellinen taitotaso sekä työmuisti ja inhibitiio. Näiden edellä mainittujen muuttajien mittaamiseksi käytetyt mittarit ja menetelmät esitellään tämän kappaleen alaluvuissa. Kaikkien muuttajien mittaukset on suoritettu osana FinnBrain-tutkimusta ja mittaukset on suoritettu FinnBrain-tutkimuksen omissa tutkimustiloissa. Työmuistia ja inhibitiota mitattiin kehityspsykologisella tutkimuskäynnillä 2,5 vuoden mittapisteessä vuosina 2015–2018. Kehityspsykologiset tutkimuskäynnit on suorittanut joko laillistettu psykologi tai maisterivaiheen psykologian opiskelija. Kielellistä taitotasoa mitattiin puheen ja kielen -osatutkimuksen käynnillä viiden vuoden iässä. Tutkimuskäynnit toteutettiin vuosina 2017–2021. Puheen ja kielen osatutkimuksen on suorittanut maisterivaiheen logopedian opiskelija.

3.2.1 Kielellisten taitojen mittaaminen

Lasten kielellisiä taitoja mitattiin Reynell Developmental Language Scales III -testin (RDLS III) suomenkielisellä versiolla. Kielellisten taitojen mittaus suoritettiin viiden vuoden ikäasteessa. RDLS III -testi on strukturoitu arviointimenetelmä, joka on kehitetty lasten kielellisen ymmärtämisen ja tuottamisen arviointiin ja se soveltuu hyvin 2–7-vuotiaiden lasten arviointiin (Kortesmaa ym., 2001). Testi muodostuu kahdesta toisistaan erillisestä kokonaisuudesta, tuottamisen ja ymmärtämisen osiosta. Kielellisen ymmärtämisen osiossa tarkastellaan sanojen ja lauseiden ymmärtämistä sekä kielellistä päättelyä. Kielellisen tuottamisen osiossa arvioidaan sanojen ja lauseiden tuottamista, virkkeiden toistamista sekä lauseiden muokkaamista. Kielitaidot arvioitiin testiohjeissa kuvatulla tavalla. Suomenkielisen version reliabiliteetti on koko testin osalta todettu hyväksi (Kortesmaa ym., 2001). Puheen ymmärtämisen kokonaisuudessa kokonaisreliabiliteetti jää kuitenkin matalaksi kolmessa vanhimmassa ikäryhmässä (5–7 v.), mikä johtuu kattoefektistä. Tämän vuoksi tutkielman analyyseissä käytettiin kokonaispistemäärää. Suurempi testin kokonaispistemäärä kuvastaa vahvempia kielellisiä taitoja lapsella. Kokonaispistemäärän ajatellaan kuvaavan lapsen kielellisiä taitoja kokonaisuudessaan sisältäen sekä kielellisen ymmärtämisen että tuottamisen.

3.2.2 Työmuistin mittaaminen

Tämän tutkimuksen aineistossa työmuistia mitattiin Spin the Pots -tehtävällä (Hughes & Ensor, 2005). Spin the Pots -tehtävän alussa pöydän päällä olevalla tarjottimella oli kahdeksan visuaalisesti erilaista laatikkoa. Tutkijalla oli kuusi erilaista tarraa, joista jokainen piilotettiin eri laatikon alle lapsen nähdessä. Tarrojen piilottamisen jälkeen tarjotin peitettiin silkkihuivilla, jonka jälkeen tarjotinta pyöräytettiin n. 180° ympäri. Lapsen tehtävänä oli löytää kaikki piilotetut tarrat. Jokaisen yrityksen jälkeen laatikot peitettiin uudelleen silkkihuivilla ja tarjotinta pyöräytettiin 180°. Tehtävä päättyi, kun lapsi löysi kaikki tarrat laatikoiden alta tai tarjotinta oli pyöräytetty yhteensä 16 kertaa eli maksimimäärä löytämisyrityksiä täyttyi. Jokainen lapsen käyttämä löytämisyritys arvioitiin sen mukaan, löysikö lapsi tarran vai ei. Kokonaispistemäärä muodostettiin vähentämällä maksimimäärästä löytämisyrityksiä lapsen tekemien virheiden määrä. Maksimipistemäärä tehtävästä on 16 pistettä korkeamman kokonaispistemäärän kuvastaessa parempaa työmuistia lapsella.

3.2.3 Inhibition mittaaminen

Inhibitiota mitattiin tämän tutkimuksen aineistossa mukautetulla Snack Delay -tehtävällä (Kochanska ym., 2000). Snack Delay -tehtävän aikana lapsi istui vastapäätä tutkimuksen tekijää. Pöydällä lapsen edessä oli alusta, jossa oli käden kuvat. Lasta ohjeistettiin asettamaan omat kätensä näiden kuvien päälle. Lisäksi pöydällä oli läpinäkyvä muovikuppi ja soittokello. Ennen tehtävän aloittamista vanhempi sai valita, tarjotaanko lapselle syötäväksi karkkia vai rusinoita. Tutkijan tehtävänä oli piilottaa karkki tai rusina lapsen edessä olevan kupin alle. Lapselle kerrottiin, että kupin alle piilotetun karkin tai rusinan saa syödä soittokellon soittamisen jälkeen. Tehtävä muodostui kuudesta osiosta, joissa odotusaika vaihteli 10–60 sekunnin välillä. Ennen kellon soittamista tutkija nosti soittokelloa yhden tai kaksi kertaa ennalta määritellyissä kohdissa. Ensimmäisten viiden osion aikana kelloa nostettiin kerran odotusajan puolivälissä. Kelloa pidettiin ilmassa siihen asti, kunnes aika oli kulunut loppuun ja tutkija soitti kelloa. Viimeisessä osiossa kello nostettiin 20 sekunnin kohdalla ja sitä pidettiin ilmassa viiden sekunnin ajan. Tämän jälkeen kello laskettiin takaisin alas ja nostettiin uudelleen 40 sekunnin kohdalla. Kelloa pidettiin ilmassa ajan kulumisen loppuun asti. Jokainen osio pisteytettiin asteikolla 0–4 (0 = lapsi syö karkin ennen kuin kello on nostettu, 1 = lapsi syö karkin kellon nostamisen jälkeen, mutta ennen kellon soittoa, 2 = lapsi koskee mukiin ja/tai kelloon ennen kuin kello on nostettu, 3 = lapsi koskee mukiin ja/tai kelloon sen jälkeen, kun kello on nostettu ja 4 = lapsi odottaa, kunnes kello on soinut). Lisäksi lapselle voidaan antaa yksi tai kaksi lisäpistettä sen mukaan, pitääkö lapsi odottamisen aikana yksi vai kaksi kättä alustalla. Maksimipistemäärä tehtävästä on 36 pistettä. Mitä korkeampi pistemäärä, sitä paremmaksi lapsen inhibitiokyky tulkitaan.

3.3 Tilastolliset analyysit

Tutkimusaineiston analyysimenetelmäksi valittiin lineaarinen regressioanalyysi. Sen avulla tarkasteltiin riippuvan muuttujan lineaarista yhteyttä riippumattomista muuttujista tutkimuskysymysten mukaisesti erillisissä analyyseissa. Riippuvana muuttujana oli kielellinen taitotaso (RDLS III) ja riippumattomina muuttujina työmuisti (Spin the pots) ja inhibitio (Snack delay). Analyysien aluksi tarkasteltiin riippuvan muuttujan ja kahden riippumattoman muuttujan normaalisuutta erikseen. Taustamuuttujien vaikutusta riippumattoman ja riippuvan muuttujan väliseen yhteyteen tarkasteltiin niiden taustamuuttujien osalta, jotka olivat tilastollisesti merkitsevässä yhteydessä riippuvaan muuttujaan. Tutkimuksen aineisto analysoitiin neljän lineaarisen regressiomallin avulla. Malleissa 1 ja 2 tarkasteltiin työmuistin

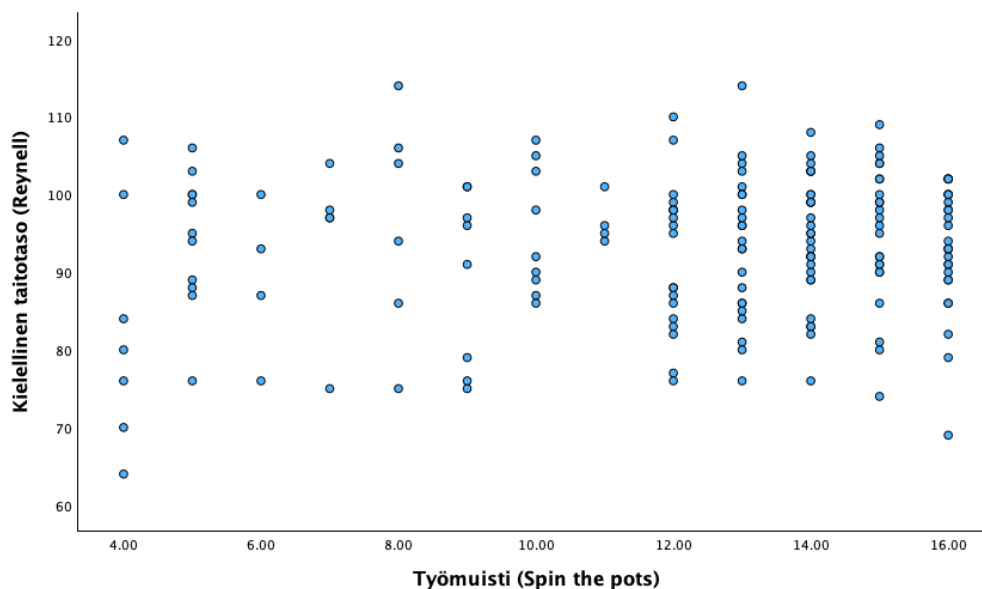
ja kielellisen muuttujan välisiä yhteyksiä, kun taas malleissa 3 ja 4 tarkasteltiin inhibition ja kielellisen muuttujan välisiä yhteyksiä. Aineiston analysointi tapahtui IBM SPSS Statistics 29 -tilastoanalyysiohjelmalla.

3.3.1 Päämuuttujien tarkastelu

Datan jakautumista normaalisti tarkasteltiin, sillä riippuvan muuttujan normaalijakautuneisuus on lineaarisen regressioanalyysin oletus. Kolmogorov-Smirnov-testin mukaan kielimuuttujan jakauma ei ollut normaalisti jakautunut, $p = .003$. Histogrammitarkastelusta ilmeni, että kielimuuttujan jakauma oli voimakkaasti vasemmalle vino. Vinous voi johtua esimerkiksi kattoefektistä RDLS III-testissä 5-vuotiaiden ryhmässä (Kortesmaa ym., 2001). Keskeisen raja-arvolauseen mukaan otoskoko ($N = 176$) oli kuitenkin tarpeeksi suuri tulosten analysoimiseen parametrisin testein. Sirontakuvioiden (Kuva 1 ja 2) perusteella ei ollut mielekästä tulkita riippuvan ja riippumattomien muuttujien välillä olevan selkeää lineaarista yhteyttä.

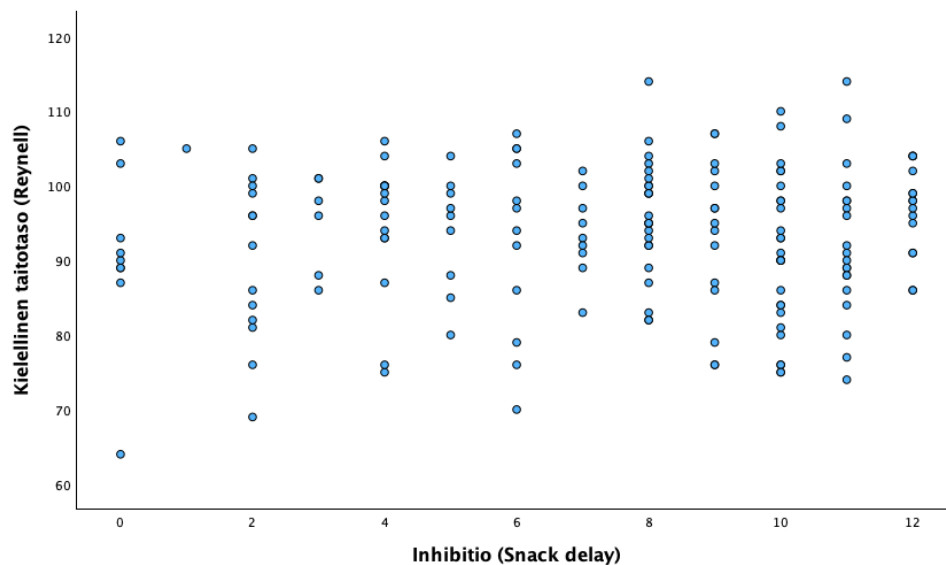
Kuva 1

Sirontakuvio työmuistin (30 kk) ja kielellisen taitotason (5 v.) välisestä yhteydestä



Kuva 2

Sirontakuvio inhibition (30 kk) ja kielellisen taitotason (5 v.) välisestä yhteydestä



Korrelaatioiden tarkasteluun tutkimuksessa käytettiin Pearsonin korrelaatiokerrointa. Työmuistin ja kielellisten taitojen välinen korrelaatio oli pieni, $r(176) = .12$, $p = .105$. Myös inhibition ja kielellisten taitojen välinen korrelaatio oli hyvin pieni, $r(176) = .04$, $p = .576$. Huolimatta pienistä korrelaatioista muuttujien välillä, lineaarista yhteyttä tarkasteltiin, sillä psykologiassa ja logopediassa ollaan kiinnostuneita myös pienistä korrelaatioista tutkittavien ilmiöiden ollessa moniulotteisia. Lineaarinen regressioanalyysi soveltuu myös mahdollisten yhdysvaikutusten tarkasteluun, vaikka korrelaatiot tutkimuksessa tarkasteltavien muuttujien välillä olivat pieniä. Kahden asian yhdysvaikutus voi olla vahva, vaikka kummallakaan ei itsellään olisi kovin vahvaa korrelaatiota riippuvaan muuttujaan.

3.3.2 Taustamuuttujien yhteys riippuvaan muuttujaan

Taustamuuttujista jatkuvia muuttujia ovat äidin ikä (21–42 v.) ja raskausviikot (32.9–42.3 rv.). Sukupuoli on dikotominen muuttuja, kun taas koulutustaso ja fokuskohorttijako ovat kategorisia muuttujia. Sukupuoli on jaettu kahteen eri luokkaan (mies / nainen) ja fokuskohortissa tutkittavat on jaettu tapausryhmään, verrokkiryhmään sekä fokuskohortin ulkopuoliseen ryhmään. Koulutustaso on jaettu kolmeen eri luokkaan (toisen asteen tutkinto / ammattikorkeakoulututkinto / yliopistotutkinto). Jatkuvien taustamuuttujien ja kielellisen muuttujan korrelaatioita tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla. Jatkuvista taustamuuttujista vain raskausviikot korreloivat tilastollisesti merkitsevästi kielellisen muuttujan kanssa, $r(176) = .16$, $p = .040$. Raskausajan pidempi kesto vaikuttaisi olevan siis

yhteydessä parempaan kielellisiin taitoihin viiden vuoden iässä. Äidin iän ja kielellisen muuttujan välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota, $r(176) = .13, p = .094$.

T-testin avulla tarkasteltiin sukupuolen yhteyttä kielelliseen muuttujaan. Sukupuolen ja kielellisen muuttujan välillä havaittiin tilastollisesti melkein merkitsevä tulos ryhmien välillä, $t(160.76) = -1.97, p = .053, d = -0.30$, efektikoon ollessa heikohko. Äidin koulutustason ja fokuskohorttijaon yhteyttä kielelliseen muuttujaan tarkasteltiin yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla. Äidin koulutustasojen ja kielellisen muuttujan väliltä ei löytynyt tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä, $F(2, 171) = 0.96, p = .383, \eta^2 = .01$. Myöskään fokuskohorttijaon ja kielellisen muuttujan väliltä ei löytynyt tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä, $F(2, 175) = 0.04, p = .958, \eta^2 = .001$. Näiden tulosten perusteella regressiomalliin taustamuuttujiksi valittiin raskausviikot ja sukupuoli. Aiempien tutkimustulosten perusteella sukupuolen ja kielen välillä on havaittu yhteys (Berglund ym., 2005; Bouchard ym., 2009). Tämän vuoksi sukupuoli päädyttiin ottamaan mukaan tilastoanalyysiin, vaikka tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Valittujen taustamuuttujien osalta tarkasteltiin myös mahdollisia yhdysvaikutuksia. Taulukossa 2 on esitetty jatkuvien muuttujien tilastolliset tunnusluvut.

Taulukko 2

Valittujen muuttujien kuvailu

	<i>Ka</i>	<i>Keskiarvon keskivirhe</i>	<i>Min-Max</i>	<i>Kh</i>	<i>Vinous</i>	<i>Huipukkuus</i>
Kieli (summapisteet)	93.26	0.71	(64–114)	9.37	-0.53	-0.03
Inhibitio (summapisteet)	7.31	0.26	(0–12)	3.46	-0.52	-0.81
Työmuisti (summapisteet)	12.05	0.27	(4–16)	3.59	-0.91	-0.32
Raskausviikot (viikot)	39.86	0.12	(32.86– 42.29)	1.53	-1.09	2.48

Ka = keskiarvo; Min-Max = vaihteluväli; Kh = keskihajonta

3.4 Tutkimuksen eettisyys

FinnBrain-tutkimus ja kaikki sen osatutkimukset on hyväksytty Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin ja Turun yliopiston eettisissä lautakunnissa. Tutkimuskäynnit ovat osallistujille maksuttomia ja vapaaehtoisia. Tutkimukseen osallistumisen vapaaehtoisuus on tiedotettu tutkimukseen osallistuneille ennen jokaista tutkimuskäyntiä. Osallistuneilta sekä heidän vanhemmiltaan pyydetään ennen tutkimuskäyntiä myös kirjallinen tutkimuslupa. Aineisto on anonymisoitu ja sitä säilytetään tietoturvallisesti Turun yliopiston tiloissa ja verkkolevyillä. Kaikilla aineistoa käsittelevillä on lisäksi salassapitovelvollisuus.

4 Tulokset

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, ovatko kolmenkymmenen kuukauden iässä mitatut työmuisti sekä inhibitio yhteydessä lapsen kielellisiin taitoihin viiden vuoden iässä. Yhteyksiä tarkasteltiin lineaarisen regressioanalyysin avulla molempien riippumattomien muuttujien kohdalla erikseen. Taustamuuttujiksi valittiin taustamuuttujien ja riippuvan muuttujan välisen yhteyden tarkastelun perusteella raskausviikot sekä sukupuoli. Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tarkastelua varten muodostettiin mallit 1 ja 2. Malli 1 muodostui kielimuuttujasta ja työmuistin mittarista. Malli 2 sisälsi edellä mainittujen muuttujien lisäksi valitut taustamuuttujat sekä päämuuttujan ja taustamuuttujien väliset yhdysvaikutustermit. Inhibition osalta muodostettiin mallit 3 ja 4 vastaavalla tavalla. Tutkimuksen tulosten mukaan varhainen työmuisti tai inhibitio eivät ennustaneet myöhäisempää kielellistä taitotasoa.

4.1 Työmuistin ja kielellisten taitojen yhteys

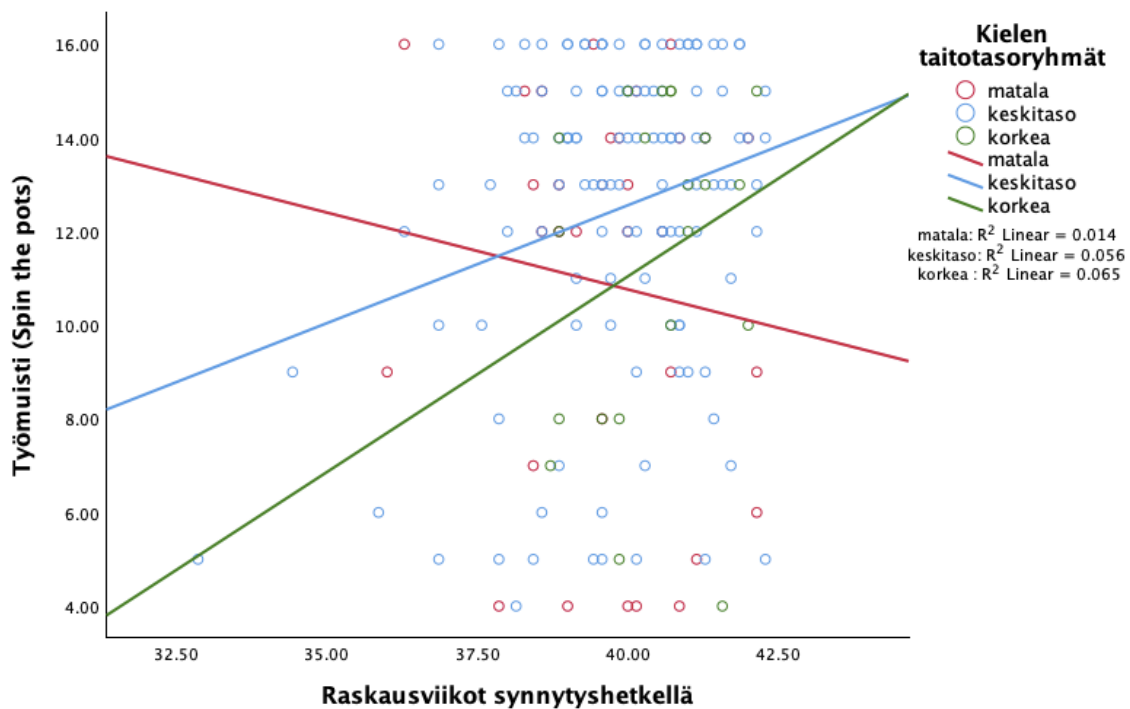
Lineaarisen regression perusteella mallissa 1 suurempi pistemäärä Spin the pots -tehtävästä ei ennustanut tilastollisesti merkitsevästi suurempaa pistemäärää RDLS III -testissä, $B = 0.32$, 95% CI = [-0.07, 0.71], $\beta = 0.12$, $t = 1.63$, $p = .105$. Malli ei ollut tilastollisesti merkitsevästi parempi kuin tyhjä malli, $F(1, 175) = 2.66$, $p = .105$. Mallin selitysaste oli hyvin matala, $R^2_a = .009$. Mallin jäännöstermit eivät jakautuneet symmetrisesti nollan ympärille. Analyysin tulosten pohjalta työmuistilla ei havaittu ennustavaa yhteyttä kielellisiin taitoihin.

Mallissa 2 tarkasteltiin taustamuuttujien vaikutusta työmuistin ja kielellisten taitojen yhteyteen. Mallissa riippuvana muuttujana oli kielelliset taidot. Riippumattomina muuttujina työmuistin mittari, sukupuoli, raskausviikot, työmuistin mittarin ja raskausviikkojen yhdysvaikutustermi sekä työmuistin mittarin ja sukupuolen välinen yhdysvaikutustermi. Malli selitti kielellisiä taitoja tyhjää mallia paremmin, $F(5, 175) = 2.60$, $p = .027$, selitysaste oli matala, $R^2_a = .04$. Regressiomallissa ei havaittu multikollineaarisuutta (VIF < 10 ja TOL > .1). Työmuistilla ($B = 0.05$, 95% CI = [-1.15, 1.24], $\beta = 0.02$, $p = .940$) eikä sukupuolella havaittu mallissa päävaikutusta, $B = 2.48$, 95% CI = [-0.30, 5.26], $\beta = 0.13$, $p = .080$. Työmuistin ja sukupuolen välisestä yhdysvaikutuksesta ei myöskään havaittu viitteitä, $B = 0.16$, 95% CI = [-0.65, 0.97], $\beta = 0.09$, $p = .698$. Raskausviikoilla havaittiin päävaikutus, $B = 1.12$, 95% CI = [0.15, 2.08], $\beta = 0.18$, $p = .024$, eli mitä myöhemmällä raskausviikolla lapsi oli syntynyt, sitä paremmat kielelliset taidot hänellä oli. Lisäksi havaittiin viitteitä työmuistin ja raskausviikkojen välisestä yhdysvaikutuksesta, $B = 0.22$, 95 % CI = [-0.01, 0.45], $\beta = 0.15$, $p = .059$. Tulos oli melkein

tilastollisesti merkitsevä, joten jatkovertailuksi tehtiin sirontakuvio (Kuva 5), josta voidaan tarkastella tarkemmin, onko yhdysvaikutus nähtävissä ja minkä suuntainen se on. Tätä varten tutkittavat luokiteltiin kielen taitotason perusteella kolmeen ryhmään RDLS III -testissä suoriutumisen mukaan. Matalaan kielen taitotasoryhmään sisällytettiin ne lapset, jotka jäivät alle 1.25 keskihajonnan päähän 5-vuotiaiden normiaineiston pistemäärien keskiarvosta (n = 32). Korkean kielitason ryhmään kuuluvat lapset, joiden pistemäärä ylitti 1.25 keskihajonnan (n = 21). Loput lapset sisällytettiin keskimmäiseen ryhmään (n = 123). Kuvan perusteella kielen korkeassa taitotasoryhmässä vaikuttaisi siltä, että mitä ennenaikaisemmin lapsi on syntynyt, sitä heikompi työmuistin taso hänellä on. Keskimmäisessä ryhmässä yhteys näyttäisi olevan hieman heikompi kuin korkean kielitason ryhmässä. Heikossa ryhmässä yhteys näyttäisi olevan negatiivinen, mikä tarkoittaa sitä, että ennenaikaisesti syntyneillä lapsilla työmuistin taso näyttäisi olevan myöhemmin syntyneitä lapsia parempi. Tämä voi kuitenkin johtua esimerkiksi mittausvirheestä. Lisäksi tulosten tulkinnassa tulee huomioida tutkittavien vähäinen määrä korkeassa ja matalassa kielen taitotasoryhmässä.

Kuva 5

Raskausviikkojen ja työmuistin välinen yhteys kolmessa eri kielen taitotasoryhmässä



4.2 Inhibition yhteys kielellisiin taitoihin

Lineaarisen regression perusteella mallissa 3 suurempi pistemäärä Snack delay -tehtävästä ei ennustanut tilastollisesti merkitsevästi suurempaa pistemäärää RDLS III -testissä, $B = 0.12$, 95% CI = [-0.29, 0.52], $\beta = 0.04$, $t = 0.56$, $p = .576$. Malli ei ollut tilastollisesti merkitsevästi parempi kuin tyhjä malli, $F(1, 175) = 0.314$, $p = .576$. Mallin selitysaste oli erittäin matala, $R^2_a = -.004$. Mallin jäännöstermit eivät jakaudu symmetrisesti nollan ympärille. Analyysin tulosten pohjalta lasten inhibitiokyvyllä ei olisi yhteyttä heidän myöhempään kielelliseen taitotasoonsa.

Mallissa 4 tarkasteltiin taustamuuttujien vaikutusta inhibition ja kielellisten taitojen yhteyteen. Mallissa riippuvana muuttujana oli kielelliset taidot. Riippumattomina muuttujina inhibition mittari, sukupuoli, raskausviikot, inhibition mittarin ja raskausviikkojen yhdysvaikutustermi sekä inhibition mittarin ja sukupuolen välinen yhdysvaikutustermi. Malli ei ollut tilastollisesti merkitsevästi parempi kuin tyhjä malli, $F(5, 175) = 1.93$, $p = .093$. Mallin selitysaste oli hyvin matala, $R^2_a = .03$. Regressiomallissa oli havaittavissa multikollineaarisuusongelmaa johtuen inhibition ja interaktiotermin välisestä korrelaatiosta $r(176) = .95$, $p < .001$. Mallissa korkein TOL-arvo oli .097 ja korkein VIF-arvo 10.315. Inhibitiolla ei ollut päävaikutusta, $B = 0.65$, 95% CI = [-0.63, 1.94], $\beta = 0.24$, $p = .315$. Sukupuolellakaan ei ollut mallissa päävaikutusta, $B = 2.59$, 95% CI = [-0.24, 5.41], $\beta = 0.14$, $p = .073$ eli muuttujien välisessä yhteydessä ei näyttäisi olevan eroja tyttöjen ja poikien välillä. Raskausviikoilla havaittiin päävaikutus, $B = 0.93$, 95% CI = [0.01, 1.84], $\beta = 0.15$, $p = .047$, eli mitä myöhemmällä raskausviikolla lapsi oli syntynyt, sitä paremmat kielelliset taidot hänellä oli. Kummallakaan taustamuuttujalla ja inhibitiolla ei ollut viitteitä yhdysvaikutuksesta eli raskausviikoilla tai sukupuolella ei havaittu moderaattorivaikutusta inhibition ja kielellisten taitojen väliseen yhteyteen. Yhdysvaikutusten lukuarvot sukupuolen ja inhibition välillä olivat, $B = -0.41$, 95% CI = [-1.22, 0.41], $\beta = -0.24$, $p = .324$, lukuarvojen ollessa raskausviikkojen ja inhibition välillä $B = -0.17$, 95% CI = [-0.48, 0.15], $\beta = -0.08$, $p = .303$.

5 Pohdinta

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli tarkastella eksekutiivisten funktioiden ja kielenkehityksen välistä yhteyttä FinnBrain-syntymäkohorttitutkimuksessa. Tutkimusnäyttö eksekutiivisten funktioiden ja kielenkehityksen välisestä yhteydestä on ollut tähän mennessä vielä hajanaista ja osittain ristiriitaista (Shokrkon & Nicoladis 2022). Aikaisempi tutkimus eksekutiivisten funktioiden ja kielen välisestä yhteydestä on suurelta osin poikkileikkaustutkimuksia ja toisaalta pitkittäistutkimuksissa on keskitytty tarkastelemaan sitä, ennustaako kielellinen taitotaso myöhempiä eksekutiivisten funktioiden tasoa (Gooch ym., 2016; Kuhn ym., 2014; Shokrkon & Nicoladis, 2022). Näiden tutkimusaukkojen pohjalta syntyi tarve tarkastella sitä, missä määrin varhaiset eksekutiivisten funktioiden osa-alueet ovat yhteydessä myöhempään kielenkehitykseen. Tarkemmin sanottuna tutkimuksessa selvitettiin eksekutiivisten funktioiden osa-alueista varhaisen työmuistin ja inhibition yhteyttä myöhempään kielenkehitykseen. Työmuisti ja inhibitiio valikoituivat eksekutiivisten funktioiden osa-alueista tutkittaviksi siksi, että ne lähtevät kehittymään ensimmäisenä syntymän jälkeen (Diamond, 2013). Tutkimuksessa työmuistia ja inhibitiota mitattiin tutkittavien ollessa 2,5 vuoden ikäisiä, kun taas kielellistä taitotasoa mitattiin tutkittavilta viiden vuoden iässä. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös eri taustamuuttujien vaikutusta muuttujien väliseen yhteyteen eli vaikuttiko työmuisti tai inhibitiio eri tavalla myöhempisiin kielellisiin taitoihin riippuen valituista taustamuuttujista. Tutkimuksessa näiden eksekutiivisten funktioiden osa-alueiden yhteyttä kielenkehitykseen tarkasteltiin tutkimuskysymysten mukaisesti erikseen.

Tutkimuksesta saatujen tulosten mukaan varhaisella työmuistilla tai inhibitiolla ei havaittu yhteyttä kielelliseen taitotasoon viiden vuoden iässä. Tutkimuksen tulokset eivät tukeneet hypoteeseja. Taustamuuttujista kielenkehitykseen yhteydessä olivat lapsen sukupuoli sekä äidin raskausviikkojen määrä, jotka huomioitiin tutkimuksen tilastollisissa analyyseissa. Taustamuuttujista sukupuolella ei havaittu yhteyttä kielelliseen suoriutumiseen, mutta raskausviikkojen määrää tarkasteltaessa yhteys kielelliseen taitotasoon löytyi. Tutkimuksessa työmuistin ja raskausviikkojen välillä havaittiin viitteitä merkitsevää yhteyttä lähestyvistä yhdysvaikutuksesta. Tämä tarkoittaisi, että työmuisti vaikuttaisi kielelliseen taitotasoon eri tavalla sen mukaan, kuinka aikaisin tai myöhään lapsi on syntynyt. Tarkemmassa tarkastelussa eri tasoryhmissä havaittiin erisuuntaisia yhteyksiä työmuistin ja raskausviikkojen välillä.

Korkean kielitason ryhmässä havaittiin positiivinen yhteys raskausviikkojen ja työmuistin välillä.

5.1 Työmuisti ja inhibitio kielenkehityksen ennustajana

Työmuisti on tärkeä osa kielellistä prosessointia sekä kielellistä tuottamista ja vastaanottoa (Baddeley, 2003; Gathercole ym., 1992; Shipstead ym., 2015). Sen avulla pystytään pitämään mielessä sanoja ja lauseita sekä käsittelemään ja yhdistelemään informaatiota jo olemassa olevaan tietoon. Inhibitiolla taas on tärkeä rooli ympäristön ärsykkeiden vaimentamisessa ja tarkkaavuuden kohdentamisessa kielelliseen informaatioon (Green, 1998; Miyake ym., 2000). Aikaisemmissa tutkimuksissa työmuistilla ja inhibitiolla on osoitettu olevan yhteys kielen eri osa-alueisiin (Daneman & Merikle, 199; Pauls & Archibald, 2016; Peng ym, 2018), minkä vuoksi tutkimuksessa oltiin kiinnostuneita varhaisesta työmuistista ja inhibitiosta kielenkehityksen ennustajana. Tämän tutkimuksen tulokset eivät kuitenkaan tue hypoteeseja niistä kielenkehityksen ennustajana itsenäisesti eikä silloin, kun taustamuuttujien vaikutus on kontrolloitu. Näin ollen työmuistin ja inhibition tasoa tarkastelemalla ei voida luotettavasti ennustaa kielenkehityksen kulkua. Tutkimuksen tulokset eivät tukeneet näkemystä siitä, että lapsen kyvyllä poissulkea ulkoisia tai sisäisiä häiritseviä ärsykejä olisi vaikutusta kielenkehitykseen. Lapsen kyvyllä pitää tietoa mielessään tai prosessoida sitä ei myöskään olisi vaikutusta kielelliseen taitotasoon. Näin ollen inhibition tai työmuistin tukemisella esimerkiksi ympäristön häiriötekijöitä minimoimalla tai riittävän lyhyitä ja selkeitä ohjeita antamalla ei tulosten mukaan olisi itsessään vaikutusta kielenkehitykseen.

Tutkimustulokset työmuistin osalta poikkeavat aiemmasta tutkimuksesta, sillä Newburyn ja kollegoiden (2016) tutkimuksessa kahden vuoden iässä mitatun varhaisen työmuistin havaittiin ennustavan myöhempää tuottavaa ja ymmärtävää kieltä. Tässä tutkimuksessa puheen ymmärtämistä ja tuottamista tarkasteltiin heidän tutkimuksestaan poiketen kuitenkin yhtenä kokonaisuutena, joten on mahdollista, että joitain mahdollisia yhteyksiä työmuistin ja kielellisen taitotason väliltä on tämän vuoksi voinut jäädä havaitsematta. Tutkimustuloksiin on voinut vaikuttaa myös työmuistin mittareihin ja mittauspisteiden ajankohtiin liittyvät erot tutkimusten välillä. Tässä tutkimuksessa työmuistia mitattiin Spin the pots -tehtävällä, jonka ajatellaan mittaavan visuaalista työmuistia (Hughes & Ensor, 2005). Newburyn ja kollegoiden (2016) tutkimuksessa työmuistia mitattiin kielellisellä työmuistitehtävällä. On mahdollista, että vain kielellinen työmuisti ennustaa myöhempiä kielellisiä taitoja. Lisäksi heidän tutkimuksessaan kielellisiä taitoja mitattiin neljän vuoden iässä, kun taas tässä tutkimuksessa

kielellisiä taitoja mitattiin viiden vuoden iässä. On mahdollista, että toiminnanohjaustaidoilla olisi merkittävämpi rooli kielen kehityksessä nuoremmalla iällä. Inhibition osalta voi olla mahdollista, että sen ennustava yhteys kielenkehitykseen näkyisikin vasta myöhemmällä iällä. Aiempi tutkimusnäyttö inhibitiosta myöhemmän kielenkehityksen ennustajana osoittaa yhteyden olemassaolon hieman vanhemmilla lapsilla (Pauls & Archibald, 2016). Tämä viittaisi siihen, että inhibition rooli osana kielenkehitystä tulisi esille vasta myöhemmin, kun kielellinen vaatimustaso alkaa lisääntyä.

Tutkimustulos jättää avoimeksi mahdollisuuden sille, että kielenkehitys ennustaisikin myöhempää inhibitiota ja työmuistia, minkä vuoksi muuttujien välinen ennustava yhteys ei noussut esille tässä tutkimuksessa. Tässä tapauksessa kielellinen taitotaso vaikuttaisi myöhempään työmuistin tai inhibition taitotasoon. Tällöin toiminnanohjausta voitaisiin tukea varhaisella kielellisellä kuntoutuksella. Tässä tutkimuksessa kielellistä taitotasoa sekä työmuistin tai inhibition tasoa tarkasteltiin kumpaakin vain yhdessä mittapisteessä, jonka vuoksi tämän suuntaisen yhteyden tarkastelu ei ollut mahdollista. Tutkimuksen perusteella ei voida poissulkea myöskään mahdollisuutta sille, että inhibition tai työmuistin ja kielenkehityksen suhteeseen vaikuttaisi jokin kolmas tekijä. Toiminnanohjaustaidot ja kielenkehitys voisivat mahdollisesti olla yhteydessä toisiinsa esimerkiksi vanhemman ja lapsen välisen vuorovaikutuksen kautta, sillä sen on havaittu olevan tärkeä tekijä molempien muuttujien kehityksessä (Korpilahti, 2012; Kopp, 1982). On myös mahdollista, että inhibition ja työmuistin tukeminen, esimerkiksi ympäristön häiriötekijöiden minimoinnilla tai riittävän lyhyillä ja selkeillä ohjeilla voisi tukea kielenkehitystä muiden mekanismien kautta. Yksinkertaiset ohjeet ja häiriötön ympäristö voivat tukea myös muita taitoja, kuten esimerkiksi tarkkaavuuden kohdentamista oikeisiin asioihin, vaikka sillä ei suoraan olisi vaikutusta kielellisiin taitoihin. Ne voivat auttaa myös vähentämään esimerkiksi lapsen kognitiivista kuormitusta, mikä voi helpottaa kielellistä prosessointia.

5.2 Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitukset

Tämän tutkimuksen keskeisiin vahvuuksiin kuuluu sen suuri ja edustava otoskoko. Aineisto on osa laajaa suomalaista syntymäkohorttitutkimusta, jonka on osoitettu edustavan hyvin suomalaista väestöä (Karlsson ym., 2018). Aineiston suuri otoskoko ja tutkimuksen pitkäaikaisasetelma mahdollistivat lasten kehityksen tarkastelemisen useassa ikäpisteessä. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin samojen lasten dataa 2,5-vuoden iässä sekä viiden vuoden ikäisenä. Tutkimukseen on myös sisällytetty koko kielenkehityksen jatkumo mikä tarkoittaa, ettei

esimerkiksi kielellisiä viiveitä tai kielenkehityksellisiä haasteita kokevia lapsia ole suljettu analyysien ulkopuolelle. Tämä lisää tutkimuksen yleistettävyyttä ja antaa kokonaisvaltaisemman kuvan kielenkehityksestä. Lisäksi tutkimuksen pitkittäisasetelma mahdollistaa muuttujien välisten ennustavien yhteyksien luotettavamman tarkastelun poikkileikkaustutkimuksiin verrattuna. Ennustavan suhteen tarkastelu tarjoaa arvokasta tietoa kielenkehitykseen vaikuttavista tekijöistä.

Tutkimuksella on kuitenkin myös rajoituksia. Yhtenä keskeisenä haasteena voidaan pitää eksekutiivisten funktioiden käsitteen operationalisointia eli sitä, kuinka monimutkainen käsite on muunnettu mitattavaksi tutkimusasetelmassa sekä käsitys siitä, mitä osa-alueita käytetyt inhibition ja työmuistin mittarit mittaavat. On mahdollista, että inhibition ja sen eri osaprosessit, kuten totuttujen toimintamallien estäminen tai käynnissä olevan toiminnan pysäyttäminen, voivat olla eri tavalla yhteydessä kielelliseen taitotasoon. Snack delay -tehtävän on esitetty mittaavan erityisesti impulssikontrollia eli kykyä hillitä välitöntä reaktioita ärsykkeisiin (Kochanska ym., 2000). On mahdollista, että tämä inhibition osa-alue ei olisi niin merkittävä tekijä kielellisessä taitotasossa vaan kielitaitoon liittyisi enemmänkin kyky vaimentaa häiriötekijöitä kuin estää toimintamalleja. Kuten edellä esitettiin, myös työmuisti jakautuu eri osa-alueisiin, joten on mahdollista, että nämä ovat eri tavalla yhteydessä kielelliseen taitotasoon. Tutkimuskirjallisuudessa eksekutiivisten funktioiden osa-alueista ja siitä, miten ne ovat yhteydessä toisiinsa ei ole yhtenäistä näkemystä. Tähän tutkimukseen valitun Diamondin (2013) taustateorian mukaisesti eksekutiivisten funktioiden osa-alueiden ajateltiin olevan erillisiä, mutta toisiinsa yhteydessä olevia osa-alueita. Eksekutiivisten funktioiden rakenteesta on kuitenkin erilaisia näkemyksiä ja erään näkemyksen mukaan eksekutiiviset funktiot näyttäytyisivät varhaislapsuudessa osa-alueet yhdistävänä kokonaisuutena ja vasta myöhemmin kehityksen myötä osa-alueet alkaisivat eriytyä (Garon ym, 2008). Jatkossa voisi olla mielenkiintoista tarkastella myös tätä vaihtoehtoista eksekutiiviset funktiot yhdistävää mallia.

Myös kielenkehityksen arvioinnissa käytetty RDLS III -testi on voinut vaikuttaa tutkimuksen tulosten luotettavuuteen heikentävästi, koska erityisesti vanhemmassa, 5–7-vuotiaiden ikäryhmässä, on havaittavissa kattoefekti (Kortesmaa ym., 2001). Se on saattanut vaikuttaa negatiivisesti testin kykyyn erotella lasten välisiä kielellisiä eroja. Tämä tarkoittaa, että testi on voinut olla monille lapsille liian helppo, eikä se välttämättä ole riittävästi erotellut ikätasoisesti suoriutuvia lapsia niistä, joilla on kielellisiä vaikeuksia. Vaikka testissä arvioidaan sekä kielellistä tuottamista että ymmärtämistä ja sen kokonaispisteitä hyödynnettiin kattavan kuvan

saamiseksi, on syytä pohtia, olisivatko vaihtoehtoiset tai useammat mittarit tarjonneet tarkempaa tietoa. Suomenkielisille lapsille suunnattuja validoituja kielenkehityksen arviointimenetelmiä on kuitenkin toistaiseksi rajallisesti saatavilla. Tutkimuksen aineiston keräämishetkellä vuosina 2015–2018 niitä on ollut vielä rajallisemmin käytössä.

Tutkittavien nuori ikä tuo myös omat haasteensa luotettavuuteen. Pienten lasten arviointi on haastavaa monestakin syystä. Muun muassa lasten keskittymiskyvyn ja vireystilan vaihtelu, motivaation puute sekä tutkimustilanteeseen liittyvä jännitys voivat vaikuttaa tulokseen. Yksittäinen tutkimustilanne ei välttämättä aina heijasta tutkittavan lapsen todellista käyttäytymis- tai osaamistasoa. Tämän tutkimuksen luotettavuutta on kuitenkin pyritty parantamaan sulkemalla pois tutkittavat, joiden kohdalla olisi ollut merkittäviä reliabiliteettiin vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi on huomioitava, että tutkimuksessa käytetyt inhibition ja työmuistin mittarit näin nuorilla tutkittavilla eivät välttämättä myöskään ole onnistuneet tavoittamaan kaikkia niitä osa-alueita, jotka ovat kielenkehitykselle on tärkeitä. Tutkimuksessa käytetyt tehtävät, Spin the Pots ja Snack Delay, ovat kuitenkin aiemman tutkimuskirjallisuuden perusteella tarkoituksenmukaisia myös tämän ikäisten lasten työmuistin ja inhibition mittaamiseen (Garon ym., 2008; Hughes & Ensor 2005; Kochanska ym., 2000; Zimmermann ym., 2021), mikä toisaalta tukee käytettyjen mittareiden valintaa.

5.3 Keskeiset tulokset ja jatkotutkimusehdotukset

Tutkimusten tulosten perusteella näyttäisi siltä, että varhainen työmuisti ja inhibitio eivät ennusta myöhempiä kielellisiä taitoja. Toisin sanoen lasten varhaisessa vaiheessa havaitut työmuistin ja inhibition heikkoudet eivät tämän tutkimuksen mukaan näyttäisi vaikuttavan heidän myöhempään kielelliseen kehitykseensä. Tutkimustulosten perusteella voidaan tehdä vain päätelmä, jonka mukaan inhibition tai työmuistin rooli ei ainakaan yksinään ole riittävä selittämään yhteyttä niiden ja kielenkehityksen välillä. Tutkimuksessa löydetyt korrelaatiot sekä työmuistin että inhibition ja kielenkehityksen välillä olivat joko heikkoja tai erityisen heikkoja. Löydös oli yllättävä suhteessa aiempiin tutkimustuloksiin. Gooch ja kollegat (2016) ovatkin esittäneet, että vaikka toiminnanohjauksen vaikeudet ovat yleisiä kielellisesti heikosti suoriutuvilla lapsilla, toiminnanohjaus ja kielenkehitys seuraisivat erillisiä kehityskulkuja. Tämä voisi tarkoittaa esimerkiksi sitä, että ne saattavat vaatia toisistaan poikkeavia tutkimuotoja. Toisaalta tutkimustulokset jättävät avoimeksi kysymyksen mahdollisesta päinvastaisesta ennustavasta yhteydestä. Tämän suuntaisesta yhteydestä on paljon näyttöä erityisesti poikittaistutkimuksista, joten on siis mahdollista, että kielellinen taitotaso vaikuttaisi

myöhempään työmuistin tai inhibition taitotasoon (Fush & Day, 2011; Hughes & Ensor, 2007; Kuhn ym., 2014). Jatkotutkimuksissa tulisikin tarkastella yhteyden suuntaa päinvastoin. Mikäli kielenkehitys osoittautuisi työmuistia tai inhibitiota ennustavaksi tekijäksi, tulisi arjessa kiinnittää huomiota etenkin lapsen kielelliseen ympäristöön sekä vanhemman ja lapsen väliseen vuorovaikutukseen. Kielellisesti rikas ympäristö on erityisen tärkeä lapsille, joilla on kielenkehityksen haasteita, jotta he saavat riittävästi altistusta kielen säännönmukaisuuksille. Tutkimustuloksen perusteella ei voida poissulkea myöskään mahdollisen kolmannen tekijän vaikutusta ennustavan yhteyden selittäjänä.

On kuitenkin huomioitava, että tutkimuksen tuloksiin on voinut vaikuttaa se, että tässä tutkimuksessa tutkittiin inhibition ja työmuistin vaikutusta kielenkehitykseen kokonaisuutena. Tämän vuoksi joitain mahdollisia yhteyksiä on voinut jäädä havaitsematta. Eri kielelliset taidot voivat edellyttää erilaisia toiminnanohjauksen tai tiedonkäsittelyn prosesseja, jonka vuoksi tulevaisuudessa tulisikin tarkastella työmuistin ja inhibition yhteyttä kielen eri osa-alueisiin erikseen. Työmuistin ja inhibition on aiemmissa tutkimuksissa havaittu olevan yhteydessä esimerkiksi sanavaraston kokoon, lukemisen taitoihin sekä pragmaattisiin taitoihin (Arbuckle ym., 2000; Blain-Brière ym., 201; Gandolfi & Viterbori ym., 2020; Lee ym., 2023). Näiden tarkastelu myöhemmin olisi tärkeää ja voisi tarjota uusia näkökulmia ilmiöiden väliseen yhteyteen. Lisäksi tässä tutkimuksessa inhibitiota ja työmuistia tarkasteltiin erillisinä osa-alueina. Toiminnanohjauksen osa-alueet ovat kuitenkin vahvasti kytkeytyneitä toisiinsa, joten jatkossa olisi hyvä tarkastella toiminnanohjauksen osa-alueita yhtenä osa-alueena yhdistävänä kokonaisuutena.

Tämä tutkimus täydentää aiempaa tutkimustietoa eksekutiivisten funktioiden ja kielenkehityksen välillä vallitsevasta kompleksisesta yhteydestä. Aiheesta tarvitaan lisää tutkimusta, sillä on tärkeää tunnistaa ja tukea varhain niitä lapsia, joilla on riski jäädä taidoissa jälkeen. Se on tärkeää erityisesti siksi, että tutkimusten perusteella tiedetään, kuinka tärkeitä kielelliset ja toiminnanohjauksen taidot ovat myös muun kasvun ja kehityksen, koulunkäynnin, työelämän ja yksilön elämänlaadun kannalta (Graham, 1997; Spiegel ym., 2021; Ferrier ym., 2014; Forrest ym., 2020; Duncan ym., 2007; Shaul & Schwartz, 2014). Erityisesti pitkittäistutkimuksille on tarvetta, sillä ne mahdollistavat ennustavien yhteyksien tarkastelun. Samanaikainen eksekutiivisten funktioiden ja kielellisten taitojen mittaaminen useammassa eri mittapisteissä mahdollistaisi myös muiden suuntien ennustavien yhteyksien tarkastelun, mikä ei tässä tutkimuksessa ollut mahdollista. Eksekutiivisten funktioiden osa-alueiden ennustavia yhteyksiä tulisikin tarkastella myös suhteessa muihin kielen osa-alueisiin. Laajemman

kokonaiskuvan eksekutiivisten funktioiden vaikutuksesta kielenkehitykseen voisi saada myös mallintamalla niiden polkuja pidemmältä ajalta ja tutkimalla niiden välisiä yhteyksiä, jolloin saataisiin yksittäistä mittausta luotettavampi käsitys sekä eksekutiivisista funktioista että kielenkehityksestä. Tämä tutkimus osoitti, että varhainen työmuisti ja inhibitio eivät ennusta myöhempää kielitaitoa. Tämä viittaa siihen, että yksittäiset toiminnanohjauksen taidot eivät yksinään selitä kielenkehitystä tai suunta voi olla päinvastainen. Kielitaito voi rakentua myös useiden tekijöiden yhteisvaikutuksessa. Tutkimuksen jatkaminen aihepiirin parissa on tärkeää paremman ymmärryksen saavuttamiseksi olemassa olevia teorioita syventäen ja kehittäen.

Lähteet

- Adams, A.-M., & Gathercole, S. E. (1995). Phonological working memory and speech production in preschool children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 38(2), 403–414. <https://doi.org/10.1044/jshr.3802.403>
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71–82. <https://doi.org/10.1076/chin.8.2.71.8724>
- Anderson, V. A., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R., & Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Developmental Neuropsychology*, 20(1), 385–406. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2001_5
- Arbuckle, T. Y., Nohara-LeClair, M., & Pushkar, D. (2000). Effect of off-target verbosity on communication efficiency in a referential communication task. *Psychology and Aging*, 15(1), 65–77. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.15.1.65>
- Archibald, L. M. D., & Gathercole, S. E. (2006). Short-term and working memory in specific language impairment. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 41(6), 675–693. <https://doi.org/10.1080/13682820500442602>
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829–839. <https://doi.org/10.1038/nrn1201>
- Baddeley, A., Papagno, C., & Vallar, G. (1988). When long-term learning depends on short-term storage. *Journal of Memory and Language*, 27(5), 586–595. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(88\)90028-9](https://doi.org/10.1016/0749-596X(88)90028-9)
- Barkley, R. A., & Eisenberg, N. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65–94. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.121.1.65>
- Barrett, M. (1995). Early lexical development. Teoksessa P. Fletcher & B. MacWhinney (toim.), *The handbook of child language* (s. 95-151). NJ: Erlbaum.

- Bello, A., Giannantoni, P., Pettenati, P., Stefanini, S., & Caselli, M. C. (2012). Assessing lexicon: Validation and developmental data of the Picture Naming Game (PiNG), a new picture naming task for toddlers. *International Journal of Language and Communication Disorders, 47*(5), 589–602. <https://doi.org.ezproxy.utu.fi/10.1111/j.1460-6984.2012.00168.x>
- Benedict, H. (1979). Early lexical development: Comprehension and production. *Journal of Child Language, 6*(2), 183–200. <https://doi.org/10.1017/S0305000900002245>
- Berglund, E., Eriksson, M., & Westerlund, M. (2005). Communicative skills in relation to gender, birth order, childcare and socioeconomic status in 18-month-old children. *Scandinavian Journal of Psychology, 46*(6), 485–491. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.2005.00480.x>
- Bishop, D. V. M., & Adams, C. (1991). What do referential communication tasks measure? A study of children with specific language impairment. *Applied Psycholinguistics, 12*(2), 199–215. <https://doi.org/10.1017/S0142716400009140>
- Bishop, D. V. M., Nation, K., & Patterson, K. (2014). When words fail us: Insights into language processing from developmental and acquired disorders. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, 369*(1634), 20120403. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0403>
- Blain-Brière, B., Bouchard, C., & Bigras, N. (2014). The role of executive functions in the pragmatic skills of children age 4–5. *Frontiers in Psychology, 5*(240), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00240>
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development, 78*(2), 647–663. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x>
- Bock, J. K. (1982). Toward a cognitive psychology of syntax: Information processing contributions to sentence formulation. *Psychological Review, 89*(1), 1–47. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.89.1.1>
- Bouchard, C., Trudeau, N., Sutton, A., Boudreault, M-C., & Deneault, J. (2009). Gender differences in language development in French Canadian children between 8 and 30

- months of age. *Applied Psycholinguistics*, 30(4), 685–707.
<https://doi.org/10.1017/S0142716409990075>
- Bruner, J. S. (1975). The ontogenesis of speech acts. *Journal of Child Language*, 2(1), 1–19.
<https://doi.org/10.1017/S0305000900000866>
- Carlson, S. M., Mandell, D. J., Williams, L., & Dannemiller, J. L. (2004). Executive function and theory of mind: Stability and prediction from ages 2 to 3. *Developmental Psychology*, 40(6), 1105–1122. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.6.1105>
- Clark, J. M. (1996). Contributions of inhibitory mechanisms to unified theory in neuroscience and psychology. *Brain and Cognition*, 30(1), 127–152.
<https://doi.org/10.1006/breg.1996.0008>
- Cohen, D. (2018). *The Development of Play* (4. painos). Routledge Taylor & Francis Group.
- Cox, J., Holden, J., & Sagovsky, R. (1987). Detection of postnatal depression. Development of the 10-item Edinburgh Postnatal Depression Scale. *British Journal of Psychiatry*, 150(6), 782–786. <https://doi.org/10.1192/bjp.150.6.782>
- Cuevas, K., & Bell, M. A. (2014). Infant attention and early childhood executive function. *Child Development*, 85(2), 397–404. <https://doi.org/10.1111/cdev.12126>
- Daneman, M., & Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic bulletin & review*, 3(4), 422–433.
<https://doi.org/10.3758/BF03214546>
- Daneri, M. P. & Blair, C. (2017). Bidirectional relations between executive function and expressive vocabulary in kindergarten and first grade. *Estudios de Psicología*, 38(2), 424–450. <https://doi.org/10.1080/02109395.2017.1295577>
- Derogatis, L. R., Lipman, R. S., & Covi, L. (1973). SCL-90: an outpatient psychiatric rating scale--preliminary report. *Psychopharmacology bulletin*, 9(1), 13–28.
- Diamond, A. (1985). Development of the ability to use recall to guide action, as indicated by infants' performance on AB. *Child Development*, 56(4), 868–883.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1985.tb00160.x>

- Diamond, A. (2006). The early development of executive functions. Teoksessa E. Bialystock & F. I. M. Craik (toim.), *Lifespan cognition: Mechanisms of change* (s. 70–95). Oxford University Press.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *The Annual Review of Psychology*, *64*, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diamond, A. (2014). Executive functions: Insights into ways to help more children thrive. *Zero to three*, *35*(2), 9-17.
- Dollaghan, C. A., Campbell, T. F., Paradise, J. L., Feldman, H. M., Janosky, J. E., Pitcairn, D. N., & Kurs-Lasky, M. (1999). Maternal education and measures of early speech and language. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *42*(6), 1432–1443. <https://doi.org/10.1044/jslhr.4206.1432>
- Duncan, G.J., Dowsett, C.J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A.C., Klebanov, P., Pagani, L. S., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H., Duckworth, K., & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, *43*(6), 1428–1446. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1428>
- Eigsti, I. M., Zayas, V., Mischel, W., Shoda, Y., Ayduk, O., Dadlani, M. B., Davidson, M. C., Lawrence Aber, J., & Casey, B. J. (2006). Predicting cognitive control from preschool to late adolescence and young adulthood. *Psychological science*, *17*(6), 478–484. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01732.x>
- Fenson, L., Dale, P. S., Reznick, J. S., Bates, E., Thal, D. J., Pethick, S. J., Tomasello, M., Mervis, C. B., & Stiles, J. (1994). Variability in Early Communicative Development. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *59*(5), 1–185. <https://doi.org/10.2307/1166093>
- Ferrier, D. E., Bassett, H. H., & Denham, S. A. (2014). Relations between executive function and emotionality in preschoolers: Exploring a transitive cognition-emotion linkage. *Frontiers in Psychology*, *5*(5), 487–487. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00487>
- Filipe, M. G., Veloso, A. S., & Frota, S. (2013). Executive functions and language skills in preschool children: The unique contribution of verbal working memory and cognitive flexibility. *Brain sciences*, *13*(3), 470. <https://doi.org/10.3390/brainsci13030470>

- Fischbach, A., Könen, T., Rietz, C. S., & Hasselhorn, M. (2014). What is not working in working memory of children with literacy disorders? Evidence from a three-year-longitudinal study. *Reading & Writing, 27*(2), 267–286.
<https://doi.org/10.1007/s11145-013-9444-5>
- Forrest, C. L., Gibson, J. L., Halligan, S. L., & St Clair, M. C. (2020). A cross-lagged analysis of emotion regulation, peer problems, and emotional problems in children with and without early language difficulties: Evidence from the millennium cohort study. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 63*(4), 1227–1239.
https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-19-00188
- Fush, M. W., & Day, J. D. (2011). Verbal ability and executive functioning development in preschoolers at Head Start. *Developmental Psychology, 47*(2), 404–416.
<https://doi.org/10.1037/a0021065>
- Gandolfi, E., Traverso, L., Zanobini, M., Usai, M. C., & Viterbori, P. (2021). The longitudinal relationship between early inhibitory control skills and emergent literacy in preschool children. *Reading & Writing, 34*(8), 1985–2009. <https://doi.org/10.1007/s11145-021-10131-y>
- Gandolfi, E., & Viterbori, P. (2020). Inhibitory control skills and language acquisition in toddlers and preschool children. *Language Learning, 70*(3), 604–642.
<https://doi.org/10.1111/lang.12388>
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin, 134*(1), 31–60.
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31>
- Gathercole, S. E. (1998). The development of memory. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 39*(1), 3–27. <https://doi.org/10.1017/S0021963097001753>
- Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1989). Evaluation of the role of phonological STM in the development of vocabulary in children: A longitudinal study. *Journal of Memory and Language, 28*(2), 200–213. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(89\)90044-2](https://doi.org/10.1016/0749-596X(89)90044-2)

- Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1990). Phonological memory deficits in language disordered children: Is there a causal connection? *Journal of Memory and Language*, 29(3), 336–360. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(90\)90004-J](https://doi.org/10.1016/0749-596X(90)90004-J)
- Gathercole, S. E., Emslie, H., Willis, C. S., & Baddeley, A. D. (1992). Phonological memory and vocabulary development during the early school years: A longitudinal study. *Developmental Psychology*, 28(5), 887–898. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.28.5.887>
- Gestsdottir, S., von Suchodoletz, A., Wanless, S. B., Hubert, B., Guimard, P., Birgisdottir, F., Gunzenhauser, C., & McClelland, M. (2014). Early behavioral self-regulation, academic achievement, and gender: Longitudinal findings from France, Germany, and Iceland. *Applied Developmental Science*, 18(2), 90–109. <https://doi.org/10.1080/10888691.2014.89487>
- Geurts, H. M., Verté, S., Oosterlaan, J., Roeyers, H., & Sergeant, J. A. (2004). How specific are executive functioning deficits in attention deficit hyperactivity disorder and autism? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(4), 836–854. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00276.x>
- Gillis, S., Koopmans-van Beinum, F., & van der Stelt, J. (2016). The prelinguistic state. Teoksessa P. Jordens & J. A. Lalleman (toim.) *Language Development* (s. 29–56). De Gruyter Mouton.
- Gooch, D., Thompson, P., Nash, H. M., Snowling, M. J., & Hulme, C. (2016). The development of executive function and language skills in the early school years. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 57(2), 180–187. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12458>
- Graf Estes, K., Evans, J. L., & Else-Quest, N. M. (2007). Differences in the nonword repetition performance of children with and without specific language impairment: A meta-analysis. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50(1), 177–195. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2007\)015](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007)015)
- Graham, J. G. (1987). English language proficiency and the prediction of academic success. *TESOL Quarterly*, 21(3), 505. <https://doi.org/10.2307/3586500>

- Green, D. (1998). Mental control of the bilingual lexico-semantic system. *Bilingualism: Language and Cognition*, 1(2), 67– 81.
<https://doi.org/10.1017/S1366728998000133>
- Green, B. C., Johnson, K. A., & Bretherton, L. (2014). Pragmatic language difficulties in children with hyperactivity and attention problems: an integrated review. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 49(1), 15–29.
<https://doi.org/10.1111/1460-6984.12056>
- Grissom, N. M., & Reyes, T. M. (2019). Let’s call the whole thing off: Evaluating gender and sex differences in executive function. *Neuropsychopharmacology Reviews*, 44(1), 86–96. <https://doi.org/10.1038/s41386-018-0179-5>
- Hoff, E. (2014). *Language development* (5. painos). Wadsworth Cengage Learning.
- Holi, M. M., Sammallahti, P. R., & Aalberg, V. A. (1998). A Finnish validation study of the SCL-90. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 97(1), 42–46.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0447.1998.tb09961.x>
- Hughes, C., & Ensor, R. (2005). Executive function and theory of mind in 2 year olds: a family affair? *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 645–68.
https://doi.org/10.1207/s15326942dn2802_5
- Hughes, C., & Ensor, R. (2007). Executive function and theory of mind: Predictive relations from ages 2 to 4. *Developmental Psychology*, 43(6), 1447–1459.
<https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1447>
- Hughes, C., Ensor, R., Wilson, A., & Graham, A. (2010). Tracking executive function across the transition to school: A latent variable approach. *Developmental Neuropsychology*, 35(1), 20–36. <https://doi.org/10.1080/87565640903325691>
- Huizink, A. C., Delforterie, M. J., Scheinin, N. M., Tolvanen, M., Karlsson, L., & Karlsson, H. (2016). Adaption of pregnancy anxiety questionnaire–revised for all pregnant women regardless of parity: PRAQ-R2. *Archives of Women’s Mental Health*, 19(1), 125–132. <https://doi.org/10.1007/s00737-015-0531-2>

- Huizink, A. C., Mulder, E. J. H., Robles de Medina, P. G., Visser, G. H. A., & Buitelaar, J. K. (2004). Is pregnancy anxiety a distinctive syndrome? *Early Human Development*, 79(2), 81–91. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2004.04.014>
- Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: A review of our current understanding. *Neuropsychology Review*, 17(3), 213–233. <https://doi.org/10.1007/s11065-007-9040-z>
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99(1), 122–149. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.1.122>
- Karlsson, L., Tolvanen, M., Scheinin, N. M., Uusitupa, H-M., Korja, R., Ekholm, E., Tuulari, J. J., Pajulo, M., Huotilainen, M., Paunio, T., & Karlsson, H., FinnBrain Birth Cohort Study Group. (2018). Cohort Profile: The FinnBrain Birth Cohort Study (FinnBrain), *International Journal of Epidemiology*, 47(1), 15–16, <https://doi.org/10.1093/ije/dyx173>
- Kaushanskaya, M., Park, J. S., Gangopadhyay, I., Davidson, M. M., & Weismer, S. E. (2017). The relationship between executive functions and language abilities in children: A latent variables approach. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 60(4), 912–923. https://doi.org/10.1044/2016_jslhr-l-15-0310
- Kehityksellinen kielihäiriö (kielellinen erityisvaikeus, lapset ja nuoret). Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Foniatri ry:n ja Suomen Lastenneurologisen Yhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2019. Saatavilla 19.05.2025 <https://www.kaypahoito.fi/hoi50085>
- Klenberg, L., Korkman, M., & Lahti-Nuutila, P. (2001). Differential development of attention and executive functions in 3- to 12-year-old Finnish children: Normal neuropsychological development in the school-age years. *Developmental Neuropsychology*, 20(1), 407–428. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2001_6
- Kloo, D., & Sodian, B. (2017). The developmental stability of inhibition from 2 to 5 years. *British Journal of Developmental Psychology*, 35(4), 582–595. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12197>

- Kochanska, G., Murray, K.T., & Harlan, E.T. (2000). Effortful control in early childhood: Continuity and change, antecedents, and implications for social development. *Developmental Psychology*, 36(2), 220–32. <https://doi.org/10.1037/00121649.36.2.220>
- Kopp, C. B. (1982). Antecedents of self-regulation: A developmental perspective. *Developmental Psychology*, 18(2), 199–214. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.18.2.199>
- Korpilahti, P. (2012). Kuulohavainnot puheen omaksumisen perustana. Teoksessa S. Kunnari & T. Savinainen-Makkonen (toim.), *Pienten sanat: Lasten äänteellinen kehitys* (s. 37–45). PS-kustannus.
- Korpilahti, P., Arikka, H., & Walldén, T. (2014). Puheen ja kielen kehityksen häiriöt. Teoksessa L. Haataja, H. Rantala, H. Pihko, & R. Alen (toim.), *Lastenneurologia*. Duodecim.
- Kortesmaa, M., Fletcher, P., Garman, M., Hughes, A., Letts, C., Sinka, I., Heimonen, K., Merikoski, H., Warna, M.-., Varpela, V., Edwards, S & Psykologien Kustannus Oy, kustantaja. (2001). *Reynellin kielellisen kehityksen testi: käsikirja*. Psykologien kustannus.
- Kuhn, L. J., Willoughby, M. T., Wilbourn, M. P., Vernon-Feagans, L., & Blair, C. B. (2014). Early communicative gestures prospectively predict language development and executive function in early childhood. *Child Development*, 85(5), 1898–1914. <https://doi.org/10.1111/cdev.12249>
- Kunnari, S., & Laasonen, M. (2022). Kehityksellinen kielihäiriö. Teoksessa S. Kunnari & M. Laasonen (toim.), *Lasten kielelliset vaikeudet – Haasteiden tunnistaminen ja kuntoutus* (s. 88–104). PS-kustannus.
- Kunnari, S., & Savinainen-Makkonen, T. (2012). Ensisanojen kausi. Teoksessa S. Kunnari & T. Savinainen-Makkonen (toim.), *Pienten sanat – Lasten äänteellinen kehitys* (s. 83–89). PS-kustannus.
- Kunnari, S., Savinainen-Makkonen, T., & Saaristo-Helin, K. (2012). *Fonologiatesti – Lapsen äänteellisen kehityksen arviointimenetelmä*. Niilo Mäki Instituutti.

- Laasonen, M., & Park, J. (2022). Kielellisten vaikeuksien riski- ja suojaavat tekijät sekä seuraukset. Teoksessa S. Kunnari & M. Laasonen (toim.), *Lasten kielelliset vaikeudet – Haasteiden tunnistaminen ja kuntoutus* (s. 30–44). PS-kustannus.
- Lange, B. P., Euler, H. A., & Zaretsky, E. (2016). Sex differences in language competence of 3- to 6-year-old children. *Applied Psycholinguistics*, 37(6), 1417–1438.
<https://doi-org.ezproxy.utu.fi/10.1017/S0142716415000624>
- Lee, C., Jessop, A., Bidgood, A., Peter, M. S., Pine, J. M., Rowland, C. F., & Durrant, S. (2023). How executive functioning, sentence processing, and vocabulary are related at 3 years of age. *Journal of Experimental Child Psychology*, 233, 105693–105693.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2023.105693>
- Lederberg, A. R., Schick, B., Spencer, P. E., Jaswal, V. K., Eccles, J., & Akhtar, N. (2013). Language and literacy development of deaf and hard-of-hearing children: Successes and challenges. *Developmental Psychology*, 49(1), 15–30.
<https://doi.org/10.1037/a0029558>
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 59–80. <https://doi.org/10.1348/026151003321164627>
- Leonard, L. B. (2014). *Children with Specific Language Impairment* (2. painos). The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9152.001.000>
- Levy, B. J., & Anderson, M. C. (2002). Inhibitory processes and the control of memory retrieval. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(7), 299–305. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(02\)01923-X](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(02)01923-X)
- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment* (3. painos). Oxford University Press.
- Luna, B., Garver, K. E., Urban, T. A., Lazar, N. A., & Sweeney, J. A. (2004). Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood. *Child Development*, 75(5), 1357–1372. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00745.x>

- Luu, T. M., Ment, L., Allan, W., Schneider, K., & Vohr, B. R. (2011). Executive and memory function in adolescents born very preterm. *Pediatrics*, *127*(3), e639–e646. <https://doi.org/10.1542/peds.2010-1421>
- Markman, E. M., & Hutchinson, J. E. (1984). Children’s sensitivity to constraints on word meaning: Taxonomic versus thematic relations. *Cognitive Psychology*, *16*(1), 1–27. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(84\)90002-1](https://doi.org/10.1016/0010-0285(84)90002-1)
- Miller, L. T., & Vernon, P. A. (1997). Developmental changes in speed of information processing in young children. *Developmental Psychology*, *33*(3), 549–554. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.33.3.549>
- Miller, S. E., & Marcovitch, S. (2015). Examining executive function in the second year of life: Coherence, stability, and relations to joint attention and language. *Developmental Psychology*, *51*(1), 101–114. <https://doi.org/10.1037/a0038359>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions of complex ”frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Morales, S., Bowers, M. E., Shuffrey, L., Ziegler, K., Troller-Renfree, S., Hernandez, A., Leach, S. C., McGrath, M., Ola, C., Leve, L. D., Nozadi, S. S., Swingler, M. M., Lai, J.-S., Schweitzer, J. B., Fifer, W., Camargo, C. A., Khurana Hershey, G. K., Shapiro, A. L. B., Keating, D. P., ... Pérez-Edgar, K. (2024). Maternal education prospectively predicts child neurocognitive function: An environmental influences on child health outcomes study. *Developmental Psychology*, *60*(6), 1028–1040. <https://doi.org/10.1037/dev0001642>
- Mulder, H., Hoofs, H., Verhagen, J., van der Veen, I., & Leseman, P. P. M. (2014). Psychometric properties and convergent and predictive validity of an executive function test battery for two-year-olds. *Frontiers in Psychology*, *5*, 733–733. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00733>
- Muluk, N. B., Bayoğlu, B., & Anlar, B. (2014). Language development and affecting factors in 3- to 6-year-old children. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, *271*(5), 871–878. <https://doi.org/10.1007/s00405-013-2567-0>

- Mundy, P., & Newell, L. (2007). Attention, joint attention, and social cognition. *Current Directions in Psychological Science: A Journal of the American Psychological Society*, 16(5), 269–274. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2007.00518.x>
- Nelson, H. D., Nygren, P., Walker, M., & Panoscha, R. (2006). Screening for speech and language delay in preschool children: Systematic evidence review for the US Preventive Services Task Force. *Pediatrics*, 117(2), e298–319
<https://doi.org/10.1542/peds.2005-1467>
- Nelson, K. (1973). Structure and strategy in learning to talk. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 38(1/2), 1–135. <https://doi.org/10.2307/1165788>
- Newbury, J., Klee, T., Stokes, S. F., & Moran, C. (2016). Interrelationships between working memory, processing speed, and language development in the age range 2–4 years. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 59(5), 1146–1158.
https://doi.org/10.1044/2016_JSLHR-L-15-0322
- Noble, K. G., McCandliss, B. D., & Farah, M. J. (2007). Socioeconomic gradients predict individual differences in neurocognitive abilities. *Developmental Science*, 10(4), 464–480. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00600.x>
- O’Meagher, S., Norris, K., Kemp, N., & Anderson, P. (2020). Parent and teacher reporting of executive function and behavioral difficulties in preterm and term children at kindergarten. *Applied Neuropsychology: Child*, 9(2), 153–164.
<https://doi.org/10.1080/21622965.2018.1550404>
- Paavola-Ruotsalainen, L., & Rantalainen, K. (2020). Varhaiset vuorovaikutustaidot. Teoksessa E. Niemitalo-Haapola, S. Haapala, & S. Ukkola (toim.), *Lapsen kielenkehitys: Vuorovaikutuksen, leikin ja luovuuden merkitys* (s. 17–36). PS-kustannus.
- Pauls, L. J., & Archibald, L. M. D. (2016). Executive functions in children with specific language impairment: A meta-analysis. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 59(5), 1074–1086. https://doi.org/10.1044/2016_jslhr-l-15-0174

- Peng, P., Barnes, M., Wang, C., Wang, W., Li, S., Swanson, H. L., & Tao, S. (2018). A meta-analysis on the relation between reading and working memory. *Psychological Bulletin*, *144*(1), 48–76. <https://doi.org/10.1037/bul0000124>
- Putnick, D.L., Bornstein, M.H., Eryigit-Madzwamuse, S., & Wolke, D. (2017). Long-term stability of language performance in very preterm, moderate-late preterm, and term children. *The Journal of Pediatrics*, *181*, 74-79. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.09.006>
- Romeo, R. R., Flournoy, J. C., McLaughlin, K. A. & Lengua, L. J. (2022). Language development as a mechanism linking socioeconomic status to executive functioning development in preschool. *Developmental Science*, *25*(5), e13227. <https://doi.org/10.1111/desc.13227>
- Savinainen-Makkonen, T., & Kunnari, S. (2009). Puheen, kielen ja kommunikoinnin kehitys lapsuudessa. Teoksessa R. Aulanko, A. Iivonen, A. Klippi, M. Vainio, O. Aaltonen, & S. Lähti (toim.), *Puhuva ihminen: puhetieteiden perusteet* (s. 114–121). Otava.
- Shipstead, Z., Harrison, T. L., & Engle, R. W. (2015). Working memory capacity and the scope and control of attention. *Attention, Perception & Psychophysics*, *77*(6), 1863–1880. <https://doi.org/10.3758/s13414-015-0899-0>
- Shokrkon, A., & Nicoladis, E. (2022). The directionality of the relationship between executive functions and language skills: A literature review. *Frontiers in Psychology*, *13*, 848696–848696. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.848696>
- Slot, P. L., & von Suchodoletz, A. (2017). Bidirectionality in preschool children’s executive functions and language skills: Is one developing skill the better predictor of the other? *Early Childhood Research Quarterly*, *42*, 205–214. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2017.10.005>
- Snijders, V. E., Bogicevic, L., Verhoeven, M., & van Baar, A. L. (2020). Toddlers’ language development: The gradual effect of gestational age, attention capacities, and maternal sensitivity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(21), 7926. <https://doi.org/10.3390/ijerph17217926>

- Spiegel, J. A., Goodrich, J. M., Morris, B. M., Osborne, C. M., & Lonigan, C. J. (2021). Relations between executive functions and academic outcomes in elementary school children: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 147(4), 329–351. <https://doi.org/10.1037/bul0000322>
- St. John, A. M., Kibbe, M., & Tarullo, A. R. (2019). A systematic assessment of socioeconomic status and executive functioning in early childhood. *Journal of Experimental Child Psychology*, 178, 352–368. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.09.003>
- Stolt, S., Haataja, L., Lapinleimu, H., & Lehtonen, L. (2008). Early lexical development of Finnish children: A longitudinal study. *First Language*, 28(3), 259–279. <https://doi-org.ezproxy.utu.fi:2443/10.1177/0142723708091051>
- Stolt, S., & Salmi, P. (2020). Sanaston kehitys. Teoksessa E. Niemitalo-Haapola, S. Haapala & S. Ukkola (toim.), *Lapsen kielenkehitys: Vuorovaikutuksen, leikin ja luovuuden merkitys* (s. 77–93). PS-kustannus.
- Sundqvist, A., Nordqvist, E., Koch, F.-S., & Heimann, M. (2016). Early declarative memory predicts productive language: A longitudinal study of deferred imitation and communication at 9 and 16 months. *Journal of Experimental Child Psychology*, 151, 109–119. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.01.015>
- Surakka, M. (2020). Lauseoppia vuorovaikutuksessa. Teoksessa E. Niemitalo-Haapola, S. Haapala, S. Ukkola (toim.) *Lapsen kielenkehitys : vuorovaikutuksen, leikin ja luovuuden merkitys*. PS-kustannus.
- Tonér, S. (2021). *Language and executive functions in Swedish preschoolers*. [väitöskirja, Department of linguistics, Stockholm University] urn:nbn:se:su:diva-192110
- Torrington Eaton, C., & Ratner, N. B. (2016). An exploration of the role of executive functions in preschoolers' phonological development. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 30(9), 679–695. <https://doi.org/10.1080/02699206.2016.1179344>
- Törölä, H. (2009). Ääntelyn kehitys ensimmäisen ikävuoden aikana. Teoksessa R. Aulanko, A. Iivonen, A. Klippi, M. Vainio, O. Aaltonen, & S. Lähti (toim.), *Puhuva ihminen: puhetieteiden perusteet* (s. 107–113). Otava.

Waring, R., Eadie, P., Rickard Liow, S., & Dodd, B. (2017). Do children with phonological delay have phonological short-term and phonological working memory deficits? *Child Language Teaching and Therapy*, 33(1), 33–46.

<https://doi.org/10.1177/0265659016654955>

Waring, R., Rickard Liow, S., Eadie, P., & Dodd, B. (2019). Speech development in preschool children: evaluating the contribution of phonological short-term and phonological working memory. *Journal of Child Language*, 46(4), 632–652.

<https://doi.org/10.1017/S0305000919000035>

Wilson, J. T. L., Scott, J. H., & Power, K. G. (1987). Developmental differences in the span of visual memory for pattern. *British Journal of Developmental Psychology*, 5(3), 249–255. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1987.tb01060.x>

Zambrana, I. M., Ystrom, E., & Pons, F. (2012). Impact of gender, maternal education, and birth order on the development of language comprehension. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 33(2), 146-155.

<https://doi.org/10.1097/DBP.0b013e31823d4f83>

Zimmermann, L., Frank, H. E., Subiaul, F., & Barr, R. (2021). Applying computational modeling to assess age-, sex-, and strategy-related differences in Spin the pots, a working memory task for 2- to 4-year-olds. *Developmental Psychobiology*, 63(1), 42–53.

<https://doi.org/10.1002/dev.22016>