

TOIMINNAHOJAUKSEN YHTEYS DYSLEKSIAAN AIKUISILLA JA
DYSLEKSIAN MUUTOKSIIN LAPSUUDESTA AIKUISUUTEEN

Miina Hietala
Inka Tikkanen
Pro-gradu tutkielma
Psykologian laitos
Jyväskylän yliopisto
Toukokuu 2022

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Psykologian laitos

HIETALA, MIINA & TIKKANEN, INKA: Toiminnanohjauksen yhteys dysleksiaan aikuisilla ja dysleksian muutoksiin lapsuudesta aikuisuuteen

Pro-gradu tutkielma, 34 s, liitteet 1 s.

Ohjaaja: Jarmo Hämäläinen

Psykologia

Toukokuu 2022

TIIVISTELMÄ

Tutkimus on toteutettu osana Niilo Mäki Instituutin ja Jyväskylän Yliopiston *Tarkkaavuus- ja lukipulmien päällekkäistyminen – taitoprofiilit ja aivotason mekanismit* -tutkimusta. Tutkimuksessamme tarkastelemme dysleksian tason muutosta pitkittäisasetelmassa lapsuudesta aikuisuuteen. Lisäksi tutkimuksessa selvitetään toiminnanohjauksen yhteyttä dysleksian tasoon ja sen mahdolliseen muutokseen. Tarkastelu keskittyy toiminnanohjauksen osa-alueista inhibitioon, toiminnasta toiseen vaihtamiseen sekä kognitiiviseen kontrolliin. Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet näillä taidoilla olevan mahdollisesti yhteyttä dysleksian tasoon.

Tutkimukseen osallistui 30 tutkittavaa, joiden lapsuudessa todetun dysleksian muutosta seurattiin pitkittäisasetelmassa, sekä 20 aikuisuuden mittapisteessä tutkittua kontrollia. Lapsuusajan dysleksiaryhmän lukutaidon muutosta tarkasteltiin ristiintaulukoinnilla ja χ^2 -testillä. Lapsuusajan dysleksiaryhmän ja kontrollien, sekä dysleksiaryhmästä muodostettujen *Säilynyt dysleksia-* ja *Helpottanut dysleksia-*ryhmien välisiä eroja kognitiivisessa kontrollissa, inhibitiossa ja toiminnasta toiseen vaihtamisessa tarkasteltiin Mann-Whitneyn U-testillä.

Lapsuusajan dysleksiaryhmään kuuluneista yli kolmasosalla (36,7 %) dysleksia oli helpottunut niin, että he eivät aikuisuudessa täyttäneet enää dysleksialle asetettuja kriteerejä. Vastaavasti yli puolella (63,3 %) dysleksia oli säilynyt. Lapsuuden dysleksian taso ei vaikuttanut sen helpottamiseen tai säilymiseen aikuisuudessa. Tutkittavien ja kontrollien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa toiminnanohjauksen osataidoissa. Sen sijaan kognitiivinen kontrolli näytti olevan yhteydessä dysleksian säilymiseen tai helpottamiseen lapsuusajan dysleksiaryhmän sisällä. Vastaavaa eroa ei ollut inhibitiossa tai vaihtamisessa.

Tutkimuksemme perusteella vaikuttaisi siltä, että toiminnanohjauksen korkeamman tason toiminnoista kognitiivinen kontrolli on yhteydessä dysleksian helpottamiseen, mutta samanlaista yhteyttä ei voida tämän tutkimuksen mukaan tunnistaa alemman tason toiminnanohjauksen taidoista, kuten inhibitiosta ja vaihtamisesta. Dysleksian helpottamisen taustalla vaikuttaa myös muita tekijöitä, joiden yhteys dysleksian tasoon voi olla suurempi.

Avainsanat: dysleksia, lukemisen vaikeus, oppimisvaikeus, toiminnanohjaus, inhibitio, toiminnasta toiseen vaihtaminen, kognitiivinen kontrolli

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	1
1.1 Dysleksia ja sen kehitys	1
1.2 Toiminnanohjaus ja sen kehitys	4
1.3 Dysleksian ja toiminnanohjauksen yhteydestä.....	7
1.4. Tutkimuskysymykset ja hypoteesit	9
2. MENETELMÄT	10
2.1 Tutkittavat	10
2.2 Mittarit.....	11
2.2.1 Lapsuuden lukutaitomittarit	11
2.2.2. Aikuisuuden lukutaitomittarit	12
2.2.3 Toiminnanohjauksen mittarit	13
2.3 Analyysit	14
3. TULOKSET	15
4. POHDINTA	20
4.1. Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitukset	23
4.2. Johtopäätökset ja jatkotutkimuksen tarve	25
LÄHTEET	28
LIITTEET	35

1. JOHDANTO

Dysleksia eli lukemisen erityisvaikeus on yksi tutkituimmista oppimisvaikeuksista (Vellutino, Fletcher, Snowling & Scanlon, 2004). Sen syitä ja mekanismeja on tutkittu jo vuosikymmenien ajan ja niistä on luotu kattavia teorioita (Vellutino ym., 2004). Toiminnanohjauksen tutkimus on puolestaan ollut vähäisempää, ja muun muassa toiminnanohjauksen muutoksista elämänpolulla tarvitaan lisää tutkimusta (Friedman ym., 2007). Lisäksi etenkin toiminnanohjauksen ja sen eri osa-alueiden yhteyttä dysleksiaan ei ole vielä tutkittu paljon (Christopher ym., 2012). Jonkin verran tutkimusta on toiminnanohjaukseen sisältyvän inhibition yhteydestä dysleksiaan, ja tulokset viittaavat positiiviseen korrelaatioon heikon lukutaidon ja heikon inhibition välillä (ks. Christopher ym., 2012; Peng ym., painossa). Lisäksi esimerkiksi ADHD ja dysleksia esiintyvät usein yhtä aikaa (Pennington, 2006), ja ADHD:n oireita voidaan selittää heikoilla toiminnanohjaustaidoilla, joten myös lukivaikeuden yhteydessä voisi olettaa esiintyvän toiminnanohjauksen vaikeuksia (Närhi, Karhu, Klenberg, Paananen & Puustjärvi, 2019). Tässä tutkimuksessa keskitymme toiminnanohjauksen ja dysleksian väliseen yhteyteen pitkäaikaistutkimusasetelmassa.

1.1 Dysleksia ja sen kehitys

Dysleksia on tarkan ja sujuvan lukutaidon oppimisen vaikeus (Aro & Lerkkanen, 2019). Sen syynä eivät ole yleinen heikko kykytaso, aistiongelmat, kulttuuritausta tai opetuksen puutteet (Aro & Lerkkanen, 2019; Bruck, 1998). Dysleksian taustalla ovat näiden tekijöiden sijaan etenkin ongelmat sanantunnistuksessa ja kielen äänteellisen tason hallinnassa (Bruck, 1998) sekä muut kielelliset ongelmat, jotka vaikuttavat kirjoitetun ja puhutun kielen vastaavuuksien oppimiseen ja siten teknisen lukutaidon kehitykseen (Aro & Lerkkanen, 2019). Vaikeuksia ilmenee muun muassa lukemisen nopeudessa ja tarkkuudessa, mikä taas voi vaikeuttaa luetun ymmärtämistä (Bruck, 1998).

Dysleksian yleisyydestä on monenlaisia arvioita, jotka vaihtelevat määrittelytavan mukaan. Suomessa dysleksian diagnoosina käytetään ICD-10-tautiluokituksen oppimiskyvyn häiriöihin lukeutuvaa diagnoosia *lukemiskyvyn häiriö* (Aro & Lerkkanen, 2019). Sen kriteerinä on muun muassa vähintään kahden keskihajonnan verran keskitasoa heikompi suoriutuminen lukemistarkkuudessa tai luetun ymmärtämisessä (Aro & Lerkkanen, 2019). Globaalisti dysleksian diagnoosin rajana pidetään usein myös vähintään -1,5 keskihajonnan eroa lukemisen tarkkuudessa verrattuna keskitasoon (Hulme & Snowling, 2018). Käytännössä Suomessa dysleksia diagnosoidaan virallisesti melko

harvoin, sillä diagnoosi ei ole edellytys tuen saamiselle, ja tästä syystä dysleksian esiintyvyyttä nimenomaan suomalaisessa väestössä on haastavaa arvioida (Aro & Lerkkanen, 2019). Vellutinin ym. (2004) katsausartikkelin mukaan sitä ilmenee noin 10–15 prosentilla kouluikäisistä lapsista.

Dysleksia on yleensä melko pysyvä ominaisuus, joka ilmenee jo lapsuudessa ja jatkuu usein nuoruuteen ja aikuisuuteen asti (ks. Eloranta, Närhi, Eklund, Ahonen & Aro, 2018; Scarborough, 1984; Vellutino ym., 2004). Suomen kielessä dysleksia voidaan tunnistaa yleensä noin 8–9-vuotiaana, jolloin taidon pitäisi alkaa sujuvoitua (Aro & Lerkkanen, 2019; Lohvansuu ym., 2021). Lapsuudessa todettu dysleksia voi myös ratketa (resolve) ajan kanssa, tai se voi tulla ilmi vasta myöhemmin, kuten teini-iässä. (Lohvansuu ym., 2021). Korhonen (1995) mainitsee katsauksessaan, että englannin kieltä puhuvilla diagnoosin vasta myöhemmässä iässä saaneiden osuus voi olla jopa 40 %, mutta tutkimus aiheesta on vähäistä. Myös dysleksian helpottamisesta aikuisuudessa on hyvin vaihtelevaa tietoa. Esimerkiksi Eloranta ym. (2018) mainitsevat katsauksessaan, että prosentuaalinen osuus, joilla dysleksia on helpottanut, vaihtelee tutkimuksesta riippuen 7–60 prosentin välillä. Heidän oman pitkittäistutkimuksensa mukaan lukusujuvuus koheni yli puolella tutkittavista niin paljon, että dysleksian kriteerit eivät täytyneet enää aikuisuudessa.

Aikuisillakin dysleksian oireena korostuvat sanan tunnistuksen vaikeudet sekä muut siihen liittyvät kielen ja lukemisen heikkoudet (related literacy and language-based skills) (Vellutino ym. 2004). Kuitenkaan ei ole selvää tietoa niistä kognitiivisista mekanismeista, joiden takia dysleksia usein säilyy aikuisuuteen (Eloranta ym., 2018). Eniten siihen vaikuttavista mahdollisista tekijöistä on tutkittu fonologisia taitoja ja nopeaa nimeämistä, joiden heikko taso on yhteydessä dysleksian säilymiseen (Eloranta ym., 2018). Dysleksian helpottamiseen vaikuttavia tekijöitä voivat puolestaan olla kehityksen mukana paranevat kognitiiviset taidot (van Viersen, de Bree & de Jong, 2019). Vaihtoehtoisena selityksenä on se, että kognitiiviset haasteet pysyvät, mutta tilalle kehittyy kognitiivisiin vahvuuksiin perustuvia kompensoivia strategioita (van Viersen, ym. 2019). Lisäksi dysleksian kehityskulkuun voivat vaikuttaa lapsuuden ja nuoruuden aikaiset kokemukset, kuten aikaiset tukitoimet ja motivoiva vuorovaikutus vertaisten, opettajien ja vanhempien kanssa (Eloranta ym., 2018).

Vellutino ym. (2004) kokoavat meta-analyttisessä artikkelissaan tutkimustietoa dysleksian perimmäisistä syistä. Heidän lähtökohtanaan on ajatus siitä, että lukutaito rakentuu kahdesta komponentista ja niiden osataidoista, jotka ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Komponentit ovat sanantunnistus ja kielellinen ymmärrys, jotka puolestaan vaativat useita taitoja, kuten leksikaalista tietoutta, fonologista dekodeausta ja työmuistin toimintoja (Vellutino ym. 2004). Heikkous jossakin osataidossa johtaa heidän näkemyksensä mukaan usein myös muiden osataitojen ja komponenttien kehityksen rajoittumiseen. Näistä komponenteista Vellutinin ym. (2004) mukaan dysleksian taustalla

vaikuttaa enemmän heikko sanantunnistus, joka johtuu vaikeuksista kirjoitetun tekstin dekodauksessa (difficulty in learning to decode print). Sanantunnistuksen taito korostuu etenkin lukemaan oppimisen alkuvaiheessa, jolloin se on voimakkaammin yhteydessä luetun ymmärtämiseen kuin kielellisen ymmärryksen komponentti (Vellutino ym. 2004). Kielellinen ymmärrys puolestaan ennustaa hyvin luetun ymmärtämistä myöhemmissä lukemaan oppimisen vaiheissa (Vellutino ym. 2004).

Myös Hulmen ja Snowlingin (2013) näkemys on samankaltainen. Heidän mukaansa dysleksia johtuu heikkouksista kirjaintietoudessa (letter knowledge), foneemitietoisuudessa (phoneme awareness) ja nopeassa nimeämisessä (rapid automatized naming, RAN). Nopean nimeämisen ja kirjaintietouden yhteys toisiinsa ja lukemaan oppimiseen on vielä epäselvä, mutta sen uskotaan perustuvan aistien väliseen assosiatiiviseen oppimiseen (Hulme & Snowling, 2013).

Näistä dysleksian taustalla vaikuttavista syistä on muodostettu useita teorioita, kuten Vellutinin ym. (2004) *fonologisen koodauksen teoria*. Vellutino ym. (2004) uskovat, että alkutekijät fonologisen koodauksen vaikeuksille ovat peräisin aivojen rakenteen ja etenkin aivojen toiminnan eroavaisuuksista, jotka pohjautuvat sekä ympäristön että geenien vaikutuksiin. Heidän mukaansa nimenomaan nämä fonologiset vaikeudet ovat pääsyynä dysleksiaan. Fonologisten taitojen tärkeydestä kertoo myös se, että pseudosanatehtävien on todettu erottelevan hyvin ihmiset, joilla on tai ei ole dysleksiaa (Scarborough, 1984). Oikeinlukutehtävissä suorituksen yläraja saavutetaan yleensä jo kouluiässä, joten sitä vanhemmilla pseudosanojen lukutehtäviä voidaan pitää sensitiivisempinä ja luotettavampina mittareina (Eloranta ym. 2018). Tämä johtunee siitä, että pseudosanojen luku vaatii tavallista enemmän fonologisia taitoja, ja dysleksian yhteydessä ne ovat heikommat. Tästä syystä heikomman lukutaidon omaavilla tehtävä vaatii kompensatoristen keinojen käyttöä (Bruck, 1998). Se ilmenee tehtävän hitaana suorittamisena ja virheiden suurempana määränä (Bruck, 1998; Scarborough, 1984).

Lukemisen hitauden on todettu olevan pysyvä ominaisuus dysleksian yhteydessä (Eklund, Torppa, Aro, Leppänen & Lyytinen, 2015). Bruck (1998) on esittänyt hitauden johtuvan siitä, että henkilöt, joilla on dysleksia, joutuvat turvautumaan tehtävän kannalta huonompiin strategioihin. Hänen mukaansa tässä voi olla olennaista niin kutsuttu "dual route" -teoria, jonka mukaan sanantunnistuksessa tarvitaan fonologista ja leksikaalista strategiaa, joista fonologinen on tehokkaampi pseudosanojen lukemisessa. Dysleksia vaikeuttaa kuitenkin tämän strategian käyttöä, jolloin joudutaan turvautumaan hitaampaan leksikaaliseen strategiaan (Bruck, 1998).

Dysleksian syistä on esitetty myös muun muassa Penningtonin (2006) *multi deficit model* -teoria. Teorian taustalla on havainto siitä, että useilla kehityksellisillä häiriöillä, kuten dysleksialla, autismin kirjon häiriöillä ja ADHD:lla eli aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriöllä on keskenään osittain

samoja riskitekijöitä, mikä johtaa monesti niiden komorbiditeettiin (Pennington, 2006). Riskitekijöitä voi ilmetä useilla tasoilla, kuten genetiikassa, aivojen toiminnassa ja sosio-emotionaalisessa ympäristössä (Pennington 2006). Myös toiminnanohjauksen taidot voivat olla yksi tekijä esimerkiksi dysleksian ja ADHD:n taustalla (Närhi, ym 2019). Penningtonin (2006) mukaan yksittäisen kognitiivisen kyvyn puutteellisuuteen perustuvat teoriat eivät olekaan riittäviä selittämään dysleksiaa.

1.2 Toiminnanohjaus ja sen kehitys

Toiminnanohjaus on neuropsykologinen yläkäsite korkeamman tason kognitiivisille taidoille, joiden avulla kontrolloidaan omia ajatuksia, tunteita ja käyttäytymistä. Nämä taidot rakentuvat erillisistä osataidoista, jotka ovat toisistaan riippuvaisia (Alexander & Stuss, 2000; Stuss & Alexander, 2000; Vilkki & Saunamäki, 2015). Toiminnanohjaus pitää sisällään useita kykyjä kuten kyvyn ennakoida, suunnitella ja valita tavoitteeseen sopiva toimintastrategia (Vilkki & Saunamäki, 2015). Toiminnanohjaus vastaa suunnittelusta ja päätöksenteosta etenkin uudennlaisissa tilanteissa, joissa rutiinomaiset toiminnot ovat joko häiritseviä tai riittämättömiä (Kuikka, Pulliainen & Salo, 2008; Vilkki & Saunamäki, 2015). Tutkimusten mukaan toiminnanohjauksen taidot ovat keskeinen perusta uuden tiedon prosessoinnille ja oppimiselle (Blair & Razza, 2007; Nayfeld, Fuccillo & Greenfield, 2013; White, Alexander & Greenfield, 2017).

Yksilöiden toiminnanohjauksen taidot eroavat toisistaan. Erot yksilöiden välillä perustuvat ikään ja kehitysvaiheeseen sekä ympäristötekijöihin (Andersson, 2002; Miyake & Friedman, 2012). Keskushermoston kypsyessä toiminnanohjaus tulee yhä eriytyneemmäksi, nopeammaksi ja tehokkaammaksi (Nigg, 2017). Tutkimuksissa on voitu todeta, että jo varhaisista toiminnanohjauksen taidoista voidaan ennustaa kyseisten taitojen tasoa aikuisuudessa (Diamond, 2013; Friedman, 2007; Miyake & Friedman 2012). Friedmanin, ym. (2008) tutkimuksen mukaan yksilölliset erot perustuvat lähes kokonaan perimään ympäristövaikutusten sijaan. Vahva perinnöllisyys ei kuitenkaan tarkoita, etteikö ympäristöllä tai taitojen harjoittelulla voisi olla vaikutusta (Friedman ym., 2008; Diamond, 2013).

Toiminnanohjauksen taidot kehittyvät lapsuudessa ja läpi nuoruuden aina varhaisaikuisuuteen asti (Andersson, 2002). Kehitystä tapahtuu merkittävästi etenkin neljän ja kuuden ikävuoden välillä (Närhi ym., 2019). Yhdeksästä kahteentoista ikävuoteen mennessä tiedonkäsittelyn, kognitiivisen joustavuuden ja tavoitteiden asettamisen taidot ovat jo hyvin kehittyneet (Andersson, 2002). Monet taidoista eivät kuitenkaan ole täysin vakiintuneita ennen varhaisaikuisuutta, sillä esimerkiksi

ikävuosien 11 ja 13 välillä tapahtuu usein kehityksellistä regressiota, joka heikentää muun muassa yksilön itsesäätelyä ja strategisten päätösten tekemistä (Andersson, 2002).

Toiminnanohjauksen keskeisinä osa-alueina on pitkään pidetty inhibitiota, työmuistia ja kognitiivista joustavuutta (Diamond, 2013). Jaottelu perustuu Baddeleyn (1996) sekä Miyaken, Friedmanin, Emersonin, Witzkiin ja Howerterin (2000) teorioihin. Baddeleyn (1996) teoriassa toiminnanohjauksen kyvyt jaetaan neljään kategoriaan, jotka ovat (1) inhibitio, (2) työmuistin sisällön päivittäminen, (3) ajattelu- ja toimintatapojen sujuva vaihtaminen sekä (4) useammasta samanaikaisesta tehtävästä suoriutuminen. Miyaken ym. (2000) tutkimuksen mukaan useasta samanaikaisesta tehtävästä suoriutuminen ei kuitenkaan kuulu muiden osa-alueiden muodostamaan kokonaisuuteen. Nykyään toiminnanohjauksen tärkeimpiä osa-alueita katsotaankin olevan vain kolme (inhibitio, työmuistin päivittäminen, toimintatapojen sujuva vaihtaminen) (Miyake & Friedman, 2012). Niiden katsotaan olevan perusta, jolle muut korkeamman tason säätelytoiminnot rakentuvat (Davidson, Amso, Anderson & Diamond, 2006; Närhi ym., 2019). Korkeamman tason säätelykeinoja ovat muun muassa suunnittelu ja päätöksenteko (Collins & Koechlin, 2012; Diamond, 2013; Espy, 2004). Yksi esimerkki korkeamman tason säätelystä on erityisesti Braverin (2012) tutkima kognitiivinen kontrolli, joka myös rakentuu näistä kolmesta toiminnanohjauksen osataidosta.

Tässä tutkimuksessa noudatamme Miyaken ym. (2000) toiminnanohjaustaitojen jaottelua (inhibitio, työmuistin päivittäminen, vaihtaminen). Keskitymme niistä inhibitioon ja toimintatapojen sujuvaan vaihtamiseen, joita on tutkittu verrattain vähän lukutaidon yhteydessä, toisin kuin työmuistia, josta on jo enemmän tutkimustietoa. Tästä syystä emme tarkastele tutkimuksessamme työmuistia. Se on kuitenkin liitetty aiemman tutkimuksen perusteella vahvasti lukutaitoon ja dysleksiaan (Swanson, 2012). Inhibition ja vaihtamisen lisäksi tarkastelemme tutkimuksessamme kognitiivista kontrollia, joka on yksi korkeamman tason toiminnanohjaustaidoista. Kognitiivisen kontrollin yhteyttä akateemisiin taitoihin, kuten lukutaitoon, ei ole juurikaan tarkasteltu (Kubota ym., 2020).

Inhibitio eli häiritsevän toiminnan ehkäiseminen on yksi keskeisimpänä pidetty toiminnanohjauksen kyky. Inhibition voidaan kuvailla olevan kykyä poissulkea ärsykeitä, jotka ovat epäolennaista tai ylimääräistä tehtävän suorittamisen tai tavoitteeseen pääsemisen kannalta (Baddeley, 1996). Häiriöt voivat olla ajatuksia, aistiärsykeitä tai käyttäytymistä (Baddeley, 1996). Tutkimusten mukaan inhibitio ei ole yksittäinen kyky, vaan rakentuu useammasta erillisestä osa-alueesta (ks. Friedman & Miyake, 2017; Nigg, 2000). Se pitää sisällään muun muassa itsehillinnän ja häiriöiden hallinnan (Diamond, 2013). Itsehillinnällä tarkoitetaan houkutusten vastustamista ja impulsiivisen käyttäytymisen välttämistä (Diamond, 2013). Häiriöiden hallinta puolestaan tarkoittaa

tarkkaavuuden suuntaamista olennaisiin ärsykkeisiin ja epäolennaisten ärsykkeiden huomiotta jättämistä. (Diamond, 2013.)

Vaihtaminen on kykyä siirtyä toiminnasta, ajattelutavasta tai toimintastrategiasta toiseen (Baddeley, 1996). Vaihtamiseen viitataan myös termein kognitiivinen joustavuus, huomion siirtäminen (attention shifting) tai tehtävästä toiseen siirtyminen (task switching). Jokaiseen tehtävään kuuluu omia toimintamalleja ja sääntöjä, jotka otetaan käyttöön tehtävää suoritettaessa. Suoriutuminen on hitaampaa ja sisältää enemmän virheitä heti toimintastrategian vaihtamisen jälkeen (Allport, Styles & Hsieh, 1994). Tätä heikentynyttä suoriutumista kutsutaan vaihtamisen kustannukseksi (switch cost) (Rogers & Monsell, 1995). Tutkimuksissa on todettu, että mitä tutumpi tehtävä on, mitä enemmän sitä on harjoitellut tai jos tehtävään on saanut valmistautua, sitä nopeammaksi siirtymä muodostuu ja sitä helpompi tehtävä on suorittaa (Koch, Poljac, Müller & Kiesel, 2018). Toiminnasta toiseen vaihtaminen ei voi täysin automatisoitua, vaan se vaatii kognitiivista kontrollia ja muita toiminnanohjauksen taitoja, kuten työmuistia ja inhibitiota (Davidson ym., 2006).

Kognitiivisessa kontrollissa keskeisenä on taito säädellä ajatuksia ja toimintaa tavoitteiden mukaisesti (Braver, 2012; Miller & Cohen, 2001). Osana kognitiivisen kontrollin tutkimuksiaan Braver (2012) on luonut kaksoismekanismimallin, joka erottelee kaksi eri tavoitteesta riippuvaa toimintatapaa. Braverin (2012) kaksoismekanismimalli osoittaa, että erot kognitiivisessa kontrollissa, voisivat liittyä laadulliseen eroon proaktiivisen ja reaktiivisen toimintatavan välillä. Proaktiivinen eli ennakoiva hallintatapa kuvastaa tiedon jatkuvaa ja ennakoivaa ylläpitoa työmuistissa tavoitteen saavuttamiseksi, kun taas reaktiivinen hallintatapa perustuu tavoitteen uudelleen aktivointiin ärsykkeiden pohjalta (Braver, 2012). Proaktiivinen toimintatapa on usein hyödyllinen tehtävässä suoriutumisessa, mutta se kuormittaa työmuistia (Braver, 2012). Toimintastrategian valintaan onkin huomattu vaikuttavan myös muut kognitiiviset kyvyt, kuten juuri työmuistin kapasiteetti (Cooper, Gonthier, Barch & Braver, 2017). Vastoin Chiewin ja Braverin (2017) havaintoja kahdesta vastakkaisesta toimintatavasta, Mäki-Marttunen, Hagenin ja Espesethin (2019a) tutkimuksen mukaan proaktiivinen ja reaktiivinen toimintastrategia voivat olla käytössä myös samanaikaisesti. Toimintatapojen valinta on tilannekohtaista ja siihen vaikuttavat muun muassa yksilön kehitysvaihe, taipumukset ja persoonallisuus (Braver, 2012). Lisäksi tutkimukset viittaavat siihen, että terveet (non clinical) aikuiset suosivat proaktiivista toimintastrategiaa (Braver, 2012). Myös motivaation sekä tehtävän kuormittavuuden on havaittu vaikuttavan toimintastrategian valintaan niin, että jos tehtävään liittyy palkinto, korostuu proaktiivinen toimintatapa (Locke & Braver, 2008; Mäki-Marttunen ym., 2019a), ja jos kognitiivinen kuorma lisääntyy, korostuu puolestaan reaktiivisuus (Mäki-Marttunen ym., 2019a; Mäki-Marttunen, Hagen & Espeseth, 2019b).

1.3 Dysleksian ja toiminnanohjauksen yhteydestä

Eri kognitiivisten taitojen vaikutuksista dysleksiaan ja sen pysyvyyteen on vaihteleva määrä tutkimustietoa. Eniten on tutkittu fonologisia taitoja ja nopeaa nimeämistä, joilla vaikuttaa olevan selvä yhteys dysleksiaan (Eloranta ym., 2018). Myös prosessointinopeus ja työmuisti on liitetty lukutaitoon ja lukemisenvaikeuteen (Peng ym., painossa; Swanson, 2012). Dysleksian ja toiminnanohjauksen yhteyttä taas on tutkittu verrattain vähän ja tulokset ovat osittain ristiriitaisia (Booth, Boyle & Kelly, 2010). Pengin ym. (painossa) kattavan meta-analyysin mukaan heikkoudet lukutaidossa ja kognitiivisissa taidoissa, kuten toiminnanohjauksessa voivat muodostaa negatiivisen kehän, joka ylläpitää lukemisen vaikeutta dysleksiassa. Heidän meta-analyysinsä mukaan dysleksiaan liittyi kontroleja merkittävästi alhaisempi suoriutumistaso esimerkiksi inhibitiota ja vaihtamista mittaavissa tehtävissä. Myös useissa muissa tutkimuksissa on havaittu lukemisen vaikeuden olevan yhteydessä heikompaan suoriutumiseen erilaisissa toiminnanohjauksen tehtävissä (Booth ym., 2010).

Smith-Spark, Henry, Messer, Edvardsdottir ja Zięcik (2016) tarkastelivat dysleksian ja itse raportoitujen toiminnanohjauksen haasteiden yhteyttä aikuisuudessa, ja huomasivat, että osallistujat, joilla oli todettu lukivaikeus, raportoivat verrokkeja useammin haasteita toiminnanohjauksessa arkielämässään. Haasteet painottuivat metakognitiivisiin prosesseihin, kuten työmuistiin, suunnitteluun ja toiminnan tarkkailuun (Smith-Spark ym., 2016). Myös esimerkiksi dysleksian ja ADHD:n, eli aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriön, komorbiditeetin on havaittu olevan noin 25–40 prosenttia (Pennington, 2006). Tämä voi olla viite myös dysleksian ja toiminnanohjauksen yhteydestä, sillä ADHD:n oireita on selitetty muun muassa heikommilla tai hitaammin kehittyvillä toiminnanohjauksen ja itsehillinnän taidoilla (Närhi ym., 2019).

Toiminnanohjauksen mahdollisia vaikutusmekanismeja lukutaidon kehitykseen on tarkasteltu Christopherin ym. (2012) tutkimuksessa. Heidän mukaansa inhibition kehittyminen ensimmäisen ja neljännen luokka-asteen välillä ennustaa tilastollisesti merkitsevästi lukemisen ja oikeinkirjoituksen taitotasoa neljännellä luokalla. Juuri tässä lukemaan oppimisen vaiheessa lasten uskotaan tarvitsevan vahvasti toiminnanohjaustaitoja lukemisen tueksi, sillä kielen dekodaus on vielä haastavaa ja siksi häiritsevää informaatiota ja ärsykeitä täytyy tukahduttaa (suppress) (Christopher ym., 2012). Pengin ym. (painossa) meta-analyysissä todettiin inhibition olevan erityisen tärkeää myös luetun ymmärtämiselle juuri samasta syystä, sillä harhaanjohtavia representaatioita täytyy tukahduttaa selkeän ymmärryksen muodostumiseksi.

Lisäksi haasteita voi olla muissakin toiminnanohjauksen osa-alueissa, kuten vaihtamisessa (Smith-Spark ym., 2016). Vaihtaminen on myös tärkeää lukemiselle, sillä se auttaa käsittelemään semanttista

ja fonologista informaatiota yhtäaikaaisesti ja joustavasti (Peng ym., 2022). Vaihtaminen mahdollistaa myös useista lähteistä saadun tiedon yhdistelemisen ja erilaisten metakognitiivisten strategioiden, kuten päättelyn ja tiivistämisen, käyttämisen (Peng ym., painossa). Ne ovat tärkeitä lukutaidon kannalta, sillä sujuva lukeminen vaatii monien prosessien samanaikaista hallintaa (Aro & Lerkkanen, 2019). Nämä strategiat voivat toimia kompensatorisina keinoina, jotka helpottavat suoriutumista lukutaidon haasteista huolimatta (Peng ym., painossa).

Oikein hyödynnettyjen toimintastrategioiden vaikutuksen ovat huomanneet muuan muassa Rasamimanana, Barbaroux, Colé ja Besson (2020). Heidän mukaansa osa aikuisista, joilla on dysleksia, käyttää mahdollisesti tietoisia kompensatiokeinoja lukemiensa sanojen semanttisen tiedon tarkempaan analysointiin, mikä auttaa heitä ymmärtämään lukemaansa hyvin dysleksiasta riippumatta. Myös muun muassa Werthin (2019) tutkimuksessa kompensatoristen taitojen harjoittelu (luettavan tekstin jakaminen osiin) auttoi kehittämään lukutaitoa. Tämän kaltaiset taidot voivat olla heikompia toiminnanohjauksen ollessa puutteellista, jolloin myös lukutaito jää heikoksi. Esimerkiksi Närhen ym. (2019) mukaan heikommat toiminnanohjauksen taidot altistavat epäonnistumiselle kouluoppimisessa, mikä vaikeuttaa entisestään tarkkaavuuden säätelyä ja pitkäkestoista oppimisen eteen ponnistelua.

Kognitiivisen kontrollin yhteydestä dysleksiaan ei ole juuri tutkimustietoa, mutta yleisesti tiedetään, että metakognitiivisen reflektion ja toiminnanohjaustaitojen harjoittelu, kuten tehtävän vaatimusten ja mahdollisten kontrollikeinojen arviointi ennen tehtävää, saattavat parantaa proaktiivisen kontrollin hyödyntämistä (Pozuelos ym., 2019). Kognitiivisen kontrollin harjoittelu voi siis olla mahdollista, ja kasvava proaktiivisen toimintatavan käyttö on keskeinen tekijä lasten kognitiivisten taitojen kehityksessä (Diamond, 2013). Kubotan ym. (2020) mukaan proaktiivinen toimintatapa ennusti suoriutumista akateemisia taitoja vaativissa tehtävissä kuten lukemisessa ja matematiikassa. Heidän tutkimuksessaan proaktiivisen kontrollin indeksi ennusti merkittävästi lukusuoriutumista. Heidän mukaansa tutkimus akateemisten taitojen ja proaktiivisen toimintatavan yhteyksistä on vielä kuitenkin lähes olematonta (Kubota ym., 2020).

Dysleksian ja toiminnanohjauksen lupaavista yhteyksistä huolimatta, aiheesta on kuitenkin myös toisen suuntaisia tuloksia, kuten Van der Sluisin, de Jongin ja Van der Leijin (2004) tutkimuksessa. Heidän tutkimuksessaan 4–5-luokkalaisilla lapsilla lukivaikeuden ja inhibition välillä ei löydetty yhteyttä. Lapset, joilla oli lukivaikeus, pärjäsivät inhibitiota ja vaihtamista vaativissa tehtävissä yhtä hyvin kuin verrokkit, joilla ei ollut lukivaikeutta (Van der Sluis ym., 2004). Nykyinen tutkimustieto toiminnanohjaustaitojen yhteydestä dysleksiaan on edelleen niukkaa (Christopher ym., 2012), ja etenkin aikuisilla tätä yhteyttä on tutkittu vain vähän (Smith-Spark ym., 2016).

1.4. Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella lukutaidon kehitystä lapsuudesta aikuisuuteen sekä kognitiivisen kontrollin, inhibition ja vaihtamisen taitojen vaikutusta lukusujuvuuteen. Tarkastelemme lapsuudessa ja aikuisuudessa mitattuja muuttujia, jotka testaavat lukutaitoa, sekä aikuisuudessa mitattuja toiminnanohjauksen osa-alueita. Tutkimuskysymyksemme ovat:

1. *Onko dysleksiassa muutosta lapsuudesta aikuisuuteen?*
2. *Onko toiminnanohjauksen osataitojen (inhibitio, kognitiivinen kontrolli, vaihtaminen) ja dysleksian välillä yhteyttä aikuisuudessa?*
3. *Onko toiminnanohjaus aikuisena yhteydessä lukivaikeuden muutokseen tultaessa lapsuudesta aikuisuuteen?*

Oletamme aiemman kirjallisuuden perusteella dysleksian olevan melko pysyvä ominaisuus (ks. Bruck, 1998; Scarborough, 1984). Oletamme sen ilmenevän vielä aikuisuudessakin suurimmalla osalla niistä tutkittavista, joilla se on ollut lapsuudessa, sillä esimerkiksi Bruckin (1998) mukaan se säilyy noin 95 prosentilla ja Swansonin (2012) mukaan noin 70 prosentilla. Aiemman tutkimuksen perusteella oletamme kuitenkin, että lapsuudessa todettu dysleksia voi myös ratketa ajan kanssa (Lohvansuu ym., 2021). Oletamme lapsuuden lukutaidon tason vaikuttavan dysleksian helpottamiseen tai säilymiseen aikuisuudessa niin, että lukutaidon merkittävä heikkous ennustaisi dysleksian säilymistä, sillä suurempien lukemisen vaikeuksien tiedetään olevan yhteydessä myös vaikeuksien pysyvyyteen (Aro & Lerkkanen, 2019).

Aiempaan kirjallisuuteen nojaten odotamme, että tutkimamme toiminnanohjauksen osataidot ovat ainakin suuntaa antavasti yhteydessä dysleksiaan, niin, että hyvät toiminnanohjauksen taidot liittyvät parempaan suoriutumiseen lukunopeutta mittaavissa tehtävissä (ks. Christopher ym., 2012; Smith-Spark ym., 2016). Oletamme, että tutkimistamme toiminnanohjauksen osataidoista selkeimmin dysleksiaan yhteydessä olisi inhibitio ja heikoimmin vaihtaminen (ks. Smith-Spark ym., 2016). Kognitiivinen kontrolli vaikuttaisi aiempien tutkimusten perusteella olevan yhteydessä lukemiseen, mutta sen osalta tutkimustuloksia liittyen dysleksiaan ei vielä ole (Kubota ym., 2020).

2. MENETELMÄT

Tutkimuksemme on toteutettu osana Niilo Mäki Instituutin ja Jyväskylän Yliopiston *Tarkkaavuus- ja lukipulmien päällekkäistyminen – taitoprofiilit ja aivotason mekanismit* -tutkimusta. Tutkimuksemme tavoitteena oli selvittää lukivaikeuden muutosta pitkittäisasetelmassa lapsuudesta aikuisuuteen. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin toiminnanohjauksen yhteyttä muutokseen. Tarkastelu keskittyi toiminnanohjauksen osa-alueista inhibitioon, toiminnasta toiseen vaihtamiseen sekä kognitiiviseen kontrolliin.

2.1 Tutkittavat

Tutkimukseen osallistuneet rekrytoitiin Jyväskylän kaupungin perheneuvolan ja Niilo Mäki Instituutin ylläpitämän Lastentutkimusklinikan henkilörekisteristä. Klinikka tarjoaa neuropsykologista arviointia ja ohjausta lapsille, joilla on oppimisvaikeuksia. Rekisterissä on tietoja lapsena tehdyistä neuropsykologisista testeistä, joiden perusteella tutkimukseen osallistuneet valittiin. Tutkimukseen valittiin henkilöitä, joiden ikä oli nykyään yli 20 vuotta ja joiden tulos WISC-R-älykkyystestissä (WISC-R; Wechsler, 1974) oli yli 80. Kaikki tutkittavat olivat kaukasialaisia ja puhuivat äidinkielenään suomea.

Tutkimuksen ulkopuolelle rajattiin sellaiset henkilöt, joilla oli dysleksian lisäksi muita oppimisen vaikeuksia. Poissulkukriteereinä olivat myös heikentynyt kuulo, korjaamaton heikentynyt näkö, neurologiset häiriöt (muut kuin dysleksia), keskushermostoon vaikuttava lääkitys sekä päävammat. Lisäksi tutkittavilta varmistettiin, ettei heillä ole metallia tai tatuointeja kehossaan tai ahtaanpaikankamoa, mitkä voisivat estää MEG (magnetoenkefalografia, eli aivojen magneettikenttämittaus) -tutkimuksen.

Vuosina 2020–2021 tutkimukseen sopiville henkilöille esitettiin kirjeitse tai puhelimitse pyyntö osallistua tutkimukseen. Tutkimukseen osallistui 30 tutkittavaa, jotka muodostavat tässä tutkimuksessa lapsuusajan dysleksiaryhmän. Heistä 19 oli miehiä ja 11 naisia. Tutkittavien ikäjakauma oli 26–40 vuotta ja keski-ikä 31,8 vuotta. Tutkimusta varten muodostettiin myös kontrolliryhmä (N=20), joka kerättiin Digi- ja väestötietoviraston tiedoista. Jokaista tutkittavaa kohden valittiin viisi kontrollihenkilöä, jotka täsmäsivät iän, sukupuolen ja kotikaupungin suhteen seitsemänvuotiaana, eli peruskoulun alussa. Jokaiseen viiteen kontrollihenkilöön oltiin yhteydessä satunnaisessa järjestyksessä, tarkoituksena saada yksi sopiva kontrollihenkilö mukaan tutkimukseen

jokaista tutkittavaa kohden. Kontrolleista 12 oli miehiä ja 6 naisia. Kontrollien ikäjakauma oli 27–43 vuotta ja keski-ikä 33,6 vuotta.

2.2 Mittarit

Kokonaisuudessaan *Tarkkaavuus- ja lukipulmien päällekkäistyminen – taitoprofililit ja aivotason mekanismit* -tutkimus sisälsi kognitiivisten taitojen mittausta, aivokuvantamista (MEG), puhelinhaastattelun ja muun muassa koulutustaustaan ja työllistymiseen liittyvien kyselylomakkeiden täyttämistä. Tutkimukseen sisältyi kaksi tai kolme mittauskertaa riippuen tutkittavien aikatauluista. Meidän tutkimuksemme keskittyy näistä ainoastaan kognitiivisten taitojen mittaamiseen. Tarkastelemme niistä lukutaitoa sekä toiminnanohjauksen taitoja. Kognitiiviset testit tehtiin Jyväskylän yliopiston laboratoriotiloissa Kärki-rakennuksessa (Mattilanniemi 6) tai etäyhteydellä Zoom-palvelun (Zoom Video Communications Inc., San Jose, Yhdysvallat) välityksellä. Tutkimuskertaan varattiin aikaa noin 3 tuntia, jonka aikana oli mahdollista pitää taukoja.

Yliopiston eettinen toimikunta antoi puoltavan lausunnon tutkimukselle. Tutkittavilta saatiin kirjallinen suostumus, ja lapsuudessa saatujen tulosten tutkimuskäyttöön oli saatu vanhempien lupa. Tutkittavat saivat sähköpostitse tietoa tutkimuksen tuloksista, ja heillä oli mahdollisuus pyytää omia tutkimustuloksiaan ja heistä kerättyjä tietoja.

2.2.1 Lapsuuden lukutaitomittarit

Klinikalla käytetyt lukutaidon testit ovat vaihdelleet vuosien aikana, joten kaikkia lapsuudessa tehtyjä mittauksia ei ole toteutettu samalla testillä. Käytetty testi riippuu siitä, milloin lapsi on vierailut klinikalla. Lukutaitoa ja dysleksiaa on arvioitu lukunopeuden mittarilla joko Misku- (Niilo Mäki Instituutti, 1992, julkaisematon) tai ÄRPS-lukutestillä (Niilo Mäki Instituutti, 1994, julkaisematon). Lukunopeuden z-arvo laskettiin molemmissa testeissä suomalaisen vertailuryhmän perusteella.

Misku (Niilo Mäki Instituutti, 1992, julkaisematon) on 8–12 -vuotiaille ikänormitettu lukutehtävä, jonka vertailuryhmä on kerätty Keski-Suomesta. Testissä lasta pyydetään lukemaan ääneen yhden sivun mittainen tarina niin nopeasti ja virheettömästi, kuin hän kykenee. Tehtävän suorittamisnopeutta käytetään lukunopeuden mittarina.

ÄRPS (Niilo Mäki Instituutti, 1994, julkaisematon) on 2.–4. luokan oppilaille kehitetty lukutaidon testipatteristo, jonka vertailuryhmä on Keski-Suomesta. Lukutaitotehtävässä lasta pyydetään lukemaan ääneen yhden sivun mittainen tarina mahdollisimman nopeasti ja virheettömästi. Tietyissä

ajassa (yksi minuutti 2-luokkalaisille, kaksi minuuttia 3- ja 4-luokkalaisille) luettujen sanojen määrä toimii lukunopeuden mittarina.

Koska tutkittaville on tehty eriäviä testejä, lukutaitoa ei voida käyttää tutkimuksessa jatkuvana muuttujana. Lapsella katsottiin olevan dysleksia, jos suoriutuminen oli vähintään -1.5 keskihajontaa alle vertailuryhmän keskiarvon kummassa tahansa testissä. Vakavan dysleksian rajana pidettiin -2.5 keskihajontaa keskiarvosta.

2.2.2. Aikuisuuden lukutaitomittarit

Lukunopeutta käytettiin lukutaidon mittarina myös aikuisuuden mittauksissa. Suomen kielen kaltaisissa kielissä, joissa kirjain-äännevastaavuus on korkea ja lukemisen tarkkuus opitaan jo nuorena, lukunopeus on parempi mittari lukutaidolle kuin tarkkuus (Eloranta ym., 2018; Korhonen, 1995). Lukunopeutta tutkittiin aikuisuudessa *Vinnittäjiä tenkoja* -pseudosanojen lukutehtävällä (Nevala, Kairaluoma, Ahonen, Aro & Holopainen, 2006) ja *Tunturilappi*-tekstin lukutehtävällä (Leinonen ym., 2001).

Pseudosanatestissä tutkittavan tuli lukea ääneen 38 pseudosanasta koostuva teksti mahdollisimman nopeasti ja tarkasti. Pseudosanat muodostettiin vaihtamalla oikeista sanoista konsonanteja ja vokaaleja, säilyttäen kuitenkin sanojen rakenne ja pituus. Vastaavasti *Tunturilappi*-tehtävässä tutkittavaa pyydettiin lukemaan annettu 213 oikeasta sanasta koostuva teksti ääneen mahdollisimman nopeasti ja tarkasti.

Molemmat tehtävät standardoitiin JLD23-aineiston (Jyväskylä Longitudinal Study of Dyslexia) (Lohvansuu ym., 2021) keskiarvojen ja keskihajontojen mukaan. Myös JLD23-tutkimuksessa (Lohvansuu ym., 2021) testeinä käytettiin *Tunturilappi*- ja *Vinnittäjiä tenkoja* -lukutehtäviä. Aineisto valittiin vertailuarvoksi siksi, että se vastasi riittävän hyvin oman tutkimuksemme verrokkeja (ks. Liite 1), mutta oli määrältään suurempi (N=61). Suurempi kontrollihenkilöiden määrä mahdollisti lukusujuvuuden tason luotettavamman arvioinnin. Tehtävien standardoitujen muuttujien korrelaatio tarkistettiin Pearsonin korrelaatiokertoimella ($r = .859$, $p < .001$). Koska korrelaatio osoitti tehtävien mittaavan samaa asiaa, luotiin standardoiduista muuttujista yhteinen lukutaitotasoa kuvaava keskiarvosummamuuttuja (Cronbachin α ,921), josta käytämme jatkossa nimitystä lukutaitosummamuuttuja.

2.2.3 Toiminnanohjauksen mittarit

Toiminnanohjausta ja siihen liittyviä taitoja tutkittiin vain aikuisuudessa. Mittareina käytettiin AX-CPT- (Braver, 2012), Go/No-go- (Bezdjian, Baker, Lozano & Raine, 2010) ja Trail making (Bowie & Harvey, 2006) -testejä, joista kaksi ensimmäistä suoritettiin tietokoneella ja Trail making joko tietokoneella tai paperilla.

Kognitiivista kontrollia mittaavassa AX-CPT-testissä (Braver, 2012) tutkittaville esitetään peräkkäisiä ärsykeitä ja tarkastellaan heidän kykyään reagoida niihin toivotulla tavalla. Tehtävä suoritetaan tietokoneella, ja tutkittavia ohjeistetaan painamaan tiettyä näppäimistön näppäintä, kun vihjeärsykettä (A) seuraa tietty toinen ärsyke (X), ja painamaan toista näppäintä, kun vihjeärsykettä (A) seuraa jokin muu ärsyke (Y) tai kun vihjeärsyke (B) tai molemmat (B, Y) ovat vääriä. Käytetyssä testissä oli siis neljä erilaista vihjeärsykeyhdistelmää (AX, AY, BX ja BY).

Tehtävässä suoriutuminen on yhteydessä kognitiivisen kontrollin proaktiivisuuteen ja reaktiivisuuteen (Gonthier, Macnamara, Chow, Conway, & Braver, 2016), joita Braver (2012) käsittelee toiminnanohjauksen kaksoismekanismimallissaankin. Proaktiivisen lähestymistavan käyttäminen vähentää virheellisten reaktioiden määrää silloin, kun väärää vihjettä (B) seuraa oikea ärsyke (X), mutta toisaalta se lisää virheiden määrää, kun oikeaa vihjettä (A) seuraakin väärä ärsyke (Y) (Gonthier ym., 2016). Tämä johtuu siitä, että proaktiivisessa tavassa henkilö valmistautuu jo seuraavaan vaiheeseen, toisin kuin reaktiivisessa tavassa, jossa henkilö reagoi vasta nähtyään lopullisen ärsykkeen (Gonthier ym., 2016). Kognitiivisen kontrollin mittarina käytettiin Proactive Behavioral Indexiä (Braver, Paxton, Locke & Barch, 2009), jolla tarkastellaan AY- ja BX-osuuksien virheiden tai reaktioaikojen suhdetta. Valitsimme suhteen tarkasteluun reaktioajat, mikä mahdollisti myös virheettömien suoritusten sisällyttämisen analyysiin. Pienemmän suhdearvon voidaan katsoa heijastavan proaktiivista toimintatapaa (Mäki-Marttunen ym., 2019a).

Go/No-go -testillä (Bezdjian ym., 2010) taas testataan inhibitiota, eli kykyä olla reagoimatta ärsykkeeseen. Testissä tutkittavan tulee tuottaa nopea motorinen reaktio (go) kun hänelle esitetään tietokoneen näytöllä tietty ärsyke, ja pidättää reaktiota (no-go), kun kyseessä ei ole oikea ärsyke. Tässä tutkimuksessa go-ärsykkeenä toimi näytölle ilmestynyt sininen soikio, jolloin tutkittavan tuli painaa tietokoneen näppäimistön tiettyä näppäintä mahdollisimman nopeasti, ja no-go -ärsykkeenä oranssi soikio, jolloin tutkittavan tuli välttää reaktiota. Tehtävässä go-käskyjä on verrattain enemmän, jotta reagoiminen automatisoituisi ja reaktion pidättäminen vaikeutuisi. Tässä tutkimuksessa käytämme inhibition mittarina no-go -osioissa tehtyjen virheiden prosentuaalista määrää. Pieni virheiden määrä no-go -osioissa osoittaa hyvää inhibitiota (Bezdjian ym., 2010).

Toiminnasta toiseen vaihtamista mittaavassa Trail making -testissä (TMT) (Bowie & Harvey, 2006) taas tutkittava yhdistää mahdollisimman nopeasti numeroita ja kirjaimia oikeassa järjestyksessä. Tässä tutkimuksessa testin A-osuus koostuu 25 kirjaimesta, jotka tulee yhdistää viivalla aakkosjärjestyksessä (A-Z). B-osassa on kirjainten lisäksi myös numeroita, ja tutkittavan tehtävänä on yhdistää niitä vuorotellen numero- ja aakkosjärjestyksessä. Molempien osioiden tekemiseen kulunut aika sekä mahdolliset virheet kirjataan ylös. Tehtävästä saadut pisteet määräytyvät kuluneen ajan mukaan. Osa tutkittavista suoritti testin paperilla paikan päällä, kun taas osa osallistui siihen etäyhteydellä tietokoneella.

Trail making -testi mittaa kognitiivisten kykyjen joustavuutta (fluid cognitive abilities) (Salthouse, 2011), ja etenkin tehtävässä, jossa yhdistetään vuorotellen numeroita ja kirjaimia, johdonmukainen suoritus edellyttää hyviä toiminnanohjauksen taitoja. Trail making -testin A- ja B-osioiden kuluneen ajan erotusta tai suhdetta on käytetty kuvaamaan kognitiivista joustavuutta eli toiminnasta toiseen vaihtamista (Arbuthnott & Frank, 2000). Tässä tutkimuksessa käytämme TMT-B:n ja TMT-A:n suhdearvoa vaihtamisen mittarina. Mitä pienempi osioiden välinen suhde on, sen sujuvampaa vaihtaminen on ollut. A-osio toimii testissä lähtötilanteena, johon B-osiota verrataan, ja jonka perusteella on tarkoitus poissulkea muun muassa motorisen nopeuden, visuaalisen havaintokyvyn sekä aakkosten sujuvan osaamisen vaikutus testitulokseen (Arbuthnott & Frank, 2000).

2.3 Analyysit

Tutkimuksen analyysit suoritettiin IBM SPSS statistics (versio 26) -ohjelmistolla (IBM, New York, Yhdysvallat). Tutkimuksessa tarkasteltiin lukivaikeuden pysyvyyttä lapsuudesta aikuisuuteen sekä aikuisuuden lukivaikeuden ja toiminnanohjauksen yhteyttä. Tutkittavien määrä eri analyyseissä vaihteli 17–49 välillä, sillä kaikilta tutkittavilta ei ollut saatavilla kaikkien testien tuloksia. Jakaumien vinouden vuoksi analyyseihin valittiin epäparametriset menetelmät. Toisen ja kolmannen tutkimuskysymyksen efektikoot tarkastettiin epäparametrisella efektikoon laskurilla (CLES) (Lenhard & Lenhard, 2016).

Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä tarkasteltiin lapsuuden dysleksiassa tapahtunutta muutosta ristiintaulukoinnin avulla ja lapsuuden dysleksian tason vaikutusta aikuisuuden dysleksian tasoon χ^2 -testillä (ks. Taulukko 1). Kontrollihenkilöt jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Ryhmien välisten erojen merkitsevyys tarkastettiin lisäksi Fischerin tarkka testin avulla. Lapsuuden lukutaitomuuttujana pidettiin Misku- tai ÄRPS-testien standardoitujen arvojen perusteella luokiteltuja lukemisvaikeuden tasoja: vakava dysleksia (< -2,5 kh) ja dysleksia (-1,5 - -2,5 kh).

Aikuisuuden lukutaitotasojen määrittelyn mittarina käytettiin lukutaitotasosummamuuttujan arvoihin perustuvia lukutaidon tasoluokkia. Aikaisemmin muodostetun lukutaitosummamuuttujan perusteella tutkittavat jaettiin kolmeen luokkaan sen mukaan, kuinka paljon heidän tuloksensa erosivat vertailuryhmän (JLD23) keskiarvosta: vakava dysleksia ($< -2,5$ kh), dysleksia ($-1,5 - -2,5$ kh) ja ei dysleksiaa ($> -1,5$ kh).

Toisessa tutkimuskysymyksessä tarkasteltiin toiminnanohjauksen ja lukunopeuden yhteyttä epäparametrisella Mann-Whitneyn U-testillä. Testillä verrattiin lapsuusajan dysleksiaryhmän ja kontrolliryhmän saamien sijalukujen keskiarvoa eri toiminnanohjauksen osataidoissa aikuisuudessa. Toiminnanohjauksen muuttujina olivat tulokset AX-CPT - sekä Go/No-go - ja Trail Making - testeissä. Kognitiivista kontrollia edusti AX-CPT-testissä BX- ja AY-osioiden reaktioaikojen välinen suhde (Braver ym., 2009), inhibitiota Go/no-go - testissä no-go-osiossa tehtyjen virheiden prosentuaalinen määrä (Bezdjian ym., 2010) ja vaihtamista Trail Making -testin B- ja A-osioiden välinen suhde (Arbuthnott & Frank, 2010). AX-CPT-tehtävässä kaksi tutkittavaa rajattiin analyysien ulkopuolelle, sillä heillä oli BX-osuudessa vain yksi oikea reaktio, mikä poikkesi muista huomattavasti. Heidän jättämisensä aineistoon olisi vääristänyt tuloksia. Trail Making -tehtävien välistä suhdetta tarkasteltaessa aineistosta jouduttiin poistamaan tulokset 8 tutkittavalta, sillä heillä A-osioon oli kulunut enemmän aikaa kuin B-osioon, mikä voi johtua heikosta aakkosten osaamisesta, eikä testi ole tällöin heidän kohdallaan mitannut toiminnasta toiseen vaihtamista.

Kolmannessa tutkimuskysymyksessä tarkasteltiin toiminnanohjauksen eri osa-alueiden yhteyttä lukemisvaikeuden pysyvyyteen epäparametrisella Mann-Whitneyn U-testillä (ks. Taulukko 3). Ryhmävertailua varten aineistosta muodostettiin kaksi dysleksian muutosta kuvaavaa ryhmää (*Helpottanut dysleksia* ja *Säilynyt dysleksia*). Ryhmien luokitteluun käytettiin lukutaitosummamuuttujaa. Dysleksian pysyvyyden raja-arvona pidettiin $-1,5$ keskihajontaa JLD23-vertailuryhmän keskiarvosta. Raja-arvon ylittäneet tutkittavat sijoitettiin *Helpottanut dysleksia* -ryhmään ja raja-arvon alittaneet sijoitettiin *Säilynyt dysleksia* -ryhmään. Kontrolliryhmä jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, sillä tarkoitus oli selvittää, onko toiminnanohjaustaidoilla yhteyttä dysleksian mahdolliseen helpottumiseen niillä, joilla oli lapsuudessa todettu dysleksia.

3. TULOKSET

Dysleksian pysyvyyttä tutkittiin tarkastelemalla mahdollisia siirtymiä lukemisen vaikeuden tasossa lapsuuden dysleksiaryhmän joukossa. Dysleksian rajana pidettiin $-1,5$ keskihajontaa JLD23-vertailuryhmän keskiarvosta. Koehenkilöistä ($N=30$), joilla oli lapsuudessa todettu lukemisen

vaikeutta, 36,7 prosentilla dysleksia oli helpottanut ja 63,3 prosentilla ilmeni edelleen vaikeutta aikuisuudessa.

Lapsuuden ja aikuisuuden lukemisen tasoja verrattiin ristiintaulukoinnin avulla (ks. Taulukko 1). Lapsuuden lukutaitotasoryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ($p = .364$) eli tuloksen mukaan lapsuuden lukutaitotasojen ei voida todeta vaikuttavan lukutaidon tasoon aikuisena. Ristiintaulukoinnista voidaan huomata, että muutoksia tutkittavien lukunopeudessa on kuitenkin tapahtunut niin, että lapsuuden dysleksian tasosta huolimatta aikuisuuteen tullessa dysleksiassa on voinut tapahtua jonkinasteista helpottumista tai heikkenemistä.

TAULUKKO 1. Lapsuuden (L) ja aikuisuuden (A) dysleksian tasojen välisten siirtymien ristiintaulukointi ja χ^2 -testi (N=30).

		Dysleksia (L)	Vakava dysleksia (L)
Ei dysleksiaa (A)	N	8	3
	%	47,1	25,0
Dysleksia (A)	N	5	3
	%	29,4	25,0
Vakava dysleksia (A)	N	4	7
	%	23,5	50,0
Yhteensä	N	17	13
	%	100	100

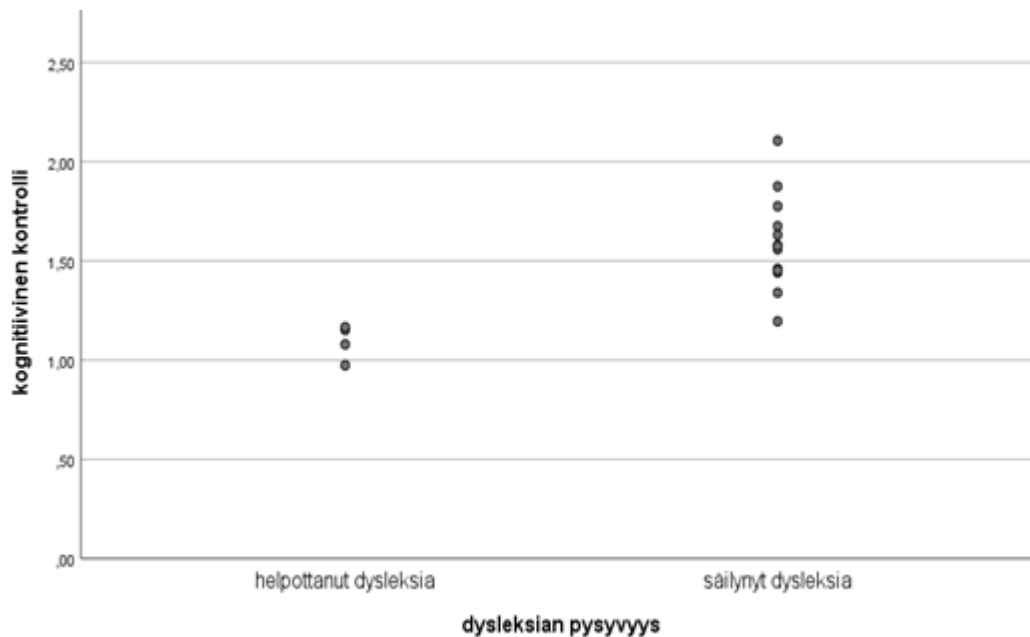
$\chi^2 = 3,113$
Vapausasteet 2
P = .268

Toisessa tutkimuskysymyksessä tarkasteltiin toiminnanohjaustaitojen yhteyttä dysleksiaan aikuisuudessa. Lapsuusajan dysleksiaryhmän ja kontrolliryhmän keskiarvot olivat kaikissa toiminnanohjauksen osa-alueissa hyvin lähellä toisiaan (Taulukko 2). Mann-Whitneyn U-testin mukaan ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Efektikoot olivat keskiuuret.

TAULUKKO 2. Toiminnanohjauksen osa-alueiden keskiarvot, keskihajonnat ja mediaanit lapsuusajan dysleksiaryhmässä ja kontrolleilla sekä Mann-Whitneyn U-testi.

	Lapsuusajan dysleksiaryhmä				Kontrollit				p	d
	ka (kh)	Md	sijalukujen ka	N	ka (kh)	Md	sijalukujen ka	N		
Kognitiivinen kontrolli	1,47 (0,30)	1,46	15,18	17	1,30 (0,22)	1,28	10,33	9	.125	0,69
Inhibitio	8,22 (5,85)	6,38	25,81	29	7,77 (7,08)	4,26	23,83	20	.628	0,52
Vaihtaminen	1,77 (0,52)	1,82	18,00	20	1,78 (0,65)	1,55	16,79	14	.726	0,51

Kolmannessa tutkimuskysymyksessä kontrollihenkilöt jätettiin analyysien ulkopuolelle, ja tarkasteltiin lapsuusajan dysleksiar ryhmästä muodostettujen *Helpottanut dysleksia*- ja *Säilynyt dysleksia* -ryhmien eroja toiminnanohjauksen osataidoissa. Mann-Whitneyn U-testin mukaan ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero kognitiivisessa kontrollissa ($p=.003$) niin, että *Helpottanut dysleksia* -ryhmä sai alhaisempia tuloksia (Kuvio 1), mikä viittaa proaktiivisen kontrollin suosimiseen. Efektikoon mukaan vaikutus oli suuri ($d=0,95$). Muissa toiminnanohjauksen osa-alueissa *Helpottanut dysleksia* -ryhmän keskiarvo oli vastaavasti pienempi, mutta tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä ei ollut. Efektikoot olivat keskiuuret. Ryhmien toiminnanohjaustaitojen kuvailevat luvut on esitetty Taulukossa 3.



Kuvio 1. *Helpottanut dysleksia* (N=4) ja *Säilynyt dysleksia* (N=13) -ryhmien pistemäärät kognitiivisessa kontrollissa.

TAULUKKO 3. Toiminnanohjaus osataitojen keskiarvot, keskihajonnat ja mediaanit dysleksian pysyvyyden mukaan ja Mann-Whitneyn U-testi.

	Helpottanut dysleksia				Säilynyt dysleksia				p	d
	ka (kh)	Md	sijalukujen ka	N	ka (kh)	Md	sijalukujen ka	N		
Kognitiivinen kontrolli	1,09 (0,09)	1,11	2,50	4	1,59 (0,24)	1,57	11,00	13	.003**	0,95
Inhibitio	6,38 (5,12)	4,26	12,32	11	9,34 (6,11)	7,45	16,64	18	.814	0,64
Vaihtaminen	1,74 (0,35)	1,71	11,00	10	1,80 (0,67)	1,82	10,00	10	.193	0,53

Huom. ** p < 0.01

4. POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, tapahtuuko lapsuudessa todetussa dysleksiassa muutosta aikuisuuteen tultaessa ja onko toiminnanohjauksen osataidoilla yhteyttä mahdolliseen muutokseen. Dysleksian tasossa ilmeneviä muutoksia tutkittiin pitkittäistutkimusasetelmassa vertaamalla lapsuuden aikaista lukunopeutta ja yli 20-vuotiaana arvioitua lukunopeutta. Lisäksi tarkasteltiin toiminnanohjauksen osataitoja aikuisuudessa kolmella eri tehtävällä, ja niistä saatujen tulosten yhteyttä dysleksiaan sekä sen mahdolliseen muutokseen. Tutkimustulosten perusteella lapsuuden dysleksian tason merkitystä aikuisuuden dysleksian tasolle ei voitu todeta. Lapsuusajan dysleksiaryhmän ja kontrolliryhmän välillä ei todettu tilastollisesti merkitsevää eroa toiminnanohjauksen osataidoissa. Tutkittavien välillä, joilla lukemisvaikeus oli helpottanut, ja joilla oli edelleen lukemisen vaikeutta, oli tilastollisesti merkitsevä ero kognitiivisessa kontrollissa. Muiden toiminnanohjauksen osa-alueiden suhteen ei löytynyt tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä.

Otoksessamme yli kolmasosalla (36,7 %) dysleksia oli helpottunut niin, että he eivät aikuisuudessa täyttäneet enää dysleksialle asetettuja kriteerejä. Vastaavasti yli puolella (63,3 %) dysleksia oli säilynyt. Tämä näyttäisi puoltavan aiempaa tutkimusta ja teoriaa siitä, että vaikka dysleksia on melko pysyvä ominaisuus, joka usein jatkuu aikuisuuteen, se voi toisaalta myös helpottua tai ratketa (Torppa, Eklund, van Bergen & Lyytinen, 2015). Esimerkiksi myös Elorannan ym. (2018) pitkittäistutkimuksessa dysleksia oli ratkennut yli puolella.

Tutkimuksessamme lapsuuden lukutaidon taso ei kuitenkaan hypoteesiemme vastaisesti vaikuttanut dysleksian helpottamiseen tai säilymiseen aikuisuudessa. Kielellisten tekijöiden ohella dysleksiaan voivat vaikuttaa myös monet muut tekijät, jotka saattavat selittää saamaamme tulosta. Dysleksian tason muutoksiin mahdollisesti vaikuttavia muita tekijöitä voivat olla esimerkiksi lapsuuden ja nuoruuden aikaiset kokemukset, kuten aikaiset tukitoimet ja motivoiva vuorovaikutus vertaisten, opettajien ja vanhempien kanssa (Eloranta ym., 2018). Myös kasvaessa kehittyneet toiminnanohjauksen taidot saattavat selittää dysleksian tasossa ilmeneviä muutoksia (van Viersen ym., 2019). Kuitenkaan aiemmankaan tutkimuksen perusteella ei ole vielä selvää tietoa niistä kognitiivisista mekanismeista, joiden takia dysleksia usein säilyy aikuisuuteen (Eloranta ym., 2018). Voidaankin olettaa, että tekijöitä, jotka vaikuttavat dysleksian helpottamiseen tai säilymiseen aikuisuudessa, on useita.

Toisessa tutkimuskysymyksessämme lapsuusajan dysleksiaryhmä ja kontrollit eivät eronneet toisistaan toiminnanohjauksen osataitojen suhteen. Syynä tähän voi olla se, että

kyseiset taidot eivät ole niin vahvasti yhteydessä lukutaitoon, että niissä voitaisiin havaita selkeitä eroja eri tasoilla lukijoilla, tai erot eivät ainakaan ole niin systemaattisia, että ne voitaisiin linkittää lukutaidon tasoon. Esimerkiksi Penningtonin (2006) Multiple deficit -teorian perusteella dysleksiaan voi liittyä kognitiivisten taitojen laaja vaihtelu niin, että joillakin dysleksian yhteydessä ilmenee jonkin tietyn kognitiivisen taidon heikkous, mutta muilla sitä ei välttämättä esiinny (Peng ym., painossa). Peng ym. (painossa) arvioivatkin, että jos jokin kognitiivinen taito osoittaa merkitsevää eroa ryhmien välillä ainoastaan varianssissa, mutta ei keskiarvoissa, olisi se merkki siitä, että kyseinen taito ei ole välttämättä yleinen kognitiivinen markkeri dysleksialle ryhmätasolla. He havaitsivat meta-analyysissään, että toiminnanohjaustaidoista työmuisti ja sen päivittäminen ovat tällaisia yleisiä dysleksiaan yhteydessä olevia taitoja, mutta muissa toiminnanohjauksen osataidoissa on enemmän yksilöiden välistä vaihtelua. Tämä ei tarkoita sitä, etteivätkö nämä osataidot voisi olla yhteydessä dysleksiaan, mutta yhteys ei välttämättä ilmene kaikilla niin, että se voitaisiin havaita ryhmätasolla.

Kolmas tutkimuskysymyksemme tuotti merkitsevän tuloksen toiminnanohjauksen vaikutuksesta dysleksian helpottamiseen. Tutkittavat, joilla dysleksia oli helpottanut aikuisena, erosivat tilastollisesti merkitsevästi kognitiivisessa kontrollissa tutkittavista, joilla dysleksia oli säilynyt. *Helpottaneen dysleksian* ryhmä sai verrattain alhaisempia pisteitä kognitiivista kontrollia mittaavassa tehtävässä, mikä heijastaisi proaktiivisen strategian suosimista. Tulos on odotetun mukainen.

Proaktiivinen toimintatapa perustuu ennakoivaan ja jatkuvaan tiedon sekä tavoitteiden ylläpitoon mielessä (Braver, 2012). Proaktiivisesta toimintatavasta on nähty olevan hyötyä monenlaisten tehtävien suorittamisessa (Braver, 2012). Tutkimuksemme tuloksesta voidaan päätellä, että proaktiivisen toimintatavan suosimisesta olisi hyötyä myös lukutehtävissä suoriutumisessa, ja näin heikon lukutaidon kompensoitumisessa. Aiempien tutkimusten mukaan proaktiivisen kontrollin käyttö kasvaa lapsen kehittyessä (Kubota ym., 2020), ja onkin mahdollista, että proaktiivisen kontrollin kehittyminen on ollut merkittävää niiden lukutaidon kehitykselle, joilla dysleksia oli helpottanut aikuisuuteen tullessa. Van Viersenin ym. (2019) mukaan dysleksian helpottaminen voi perustua joko sille, että heikot lukemisen taustalla olevan kognitiivisen kyvyt kehittyvät tai sille, että muut kognitiiviset vahvuudet tukevat kompensoivien taitojen kehittymistä. Tutkimuksessamme lapsuusajan dysleksiaryhmä ja kontrollit eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi kognitiivisessa kontrollissa, mikä voisi heijastaa sitä, että proaktiivisen toimintatavan vahvuus liittyisi juuri kompensoivien keinojen käyttämiseen, eikä niinkään varsinaisen lukutaidon eroihin.

Proaktiivisen kontrollin yhteys dysleksiaan voi olla monimutkaisempi, ja siihen voi liittyä välittäviä tekijöitä. Aiemmissa tutkimuksissa on osoitettu, että esimerkiksi masennuksen (West, Choi & Travers, 2010) ja skitsofrenian (Edwards, Barch & Braver, 2010) yhteydessä ihmiset ovat taipuvaisempia käyttämään vähemmän proaktiivista kontrollia kuin terveet aikuiset. Esimerkiksi skitsofrenian yhteydessä tämän on ajateltu liittyvän vaikeuteen ylläpitää ja aktivoida tietoa työmuistissa (Braver, Barch & Cohen, 1999). Koska työmuistin vaikeudet on yhdistetty myös dysleksiaan, voisi myös dysleksian olettaa vaikuttavan kognitiivisen strategian valintaan saman suuntaisesti kuin esimerkiksi skitsofrenian. Yhteys proaktiivisen strategian suosimisen ja paremman lukusuoriutumisen välillä voisikin nimenomaan liittyä työmuistiin. Proaktiivinen kontrolli vaatii tiedon ylläpitämistä työmuistissa ja sen hyödyntämistä suorituksen aikana (Braver, 2012). Näin ollen dysleksiaan vahvasti vaikuttava työmuisti (Swanson, 2012) voisi olla proaktiivisen kontrollin välittävä tekijä dysleksiassa niin, että heikkous työmuistin toiminnoissa heijastuisi sekä lukutaitoon että kognitiiviseen kontrolliin reaktiivisen toimintatavan suosimisena proaktiivisen sijaan.

Syynä sille, että vaihtamisella ja inhibitiolla ei voitu todeta olevan vastaavaa yhteyttä dysleksian helpottumiseen, voi olla, että yksittäisten toiminnanohjaustaitojen vaikutus dysleksian asteeseen ei ole yhtä huomattava, kuin korkeamman tason taitojen vaikutus. Tämän suuntaista osviittaa antaa tulos, että vain korkeamman tason kognitiivista kontrollia mitannut tehtävä oli tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä dysleksian helpottumiseen, mutta rajatun taidot (inhibitio, vaihtaminen) eivät. Hypotesimme oli, että etenkin inhibitio olisi selkeästi yhteydessä dysleksian tasoon. Käyttämässämme lukutehtävissä inhibitiotaidosta voisi olettaa olevan hyötyä, sillä Tunturilappi-tehtävässä oli haastavia sanoja, joiden oikein lukeminen vaati malttia lukea sana loppuun asti. Myös pseudosanojen lukutehtävässä vaaditaan samaa kykyä, sillä epäsanoina ei voi ennakoita. Syy ei-merkitseville tuloksille voisi kuitenkin selittyä Pengin ym. (painossa) meta-analyysissään esiin tuomalla inhibition yksilöllisellä vaihtelulla. Peng ym. (painossa) kertovat, kuinka juuri inhibitiokyvyn yksilöllinen taso vaihtelee sitä enemmän, mitä vanhempia tutkittavat ovat. Vaihtelut näissä taidoissa voivat heikentää tuloksia ryhmätason vertailuissa. Omassakin tutkimuksessamme tutkittavien yksilöllinen vaihtelu inhibitiossa oli huomattavasti suurempaa kuin muissa toiminnanohjauksen osataidoissa (ks. Taulukko 2 & Taulukko 3).

Lisäksi aiempi tutkimustieto inhibition ja dysleksian yhteyksistä on myös osittain ristiriitaista. Vaikka monissa tutkimuksissa yhteys on havaittu (ks. Christopher ym., 2012, Borella, Carretti & Pelegrina, 2010), esimerkiksi Van der Sluisin ym., (2004) tutkimuksissa yhteyttä ei löytynyt. Myös vaihtamisen ja dysleksian väliltä löytyy vain vähän aiempaa

tutkimusta. Voikin olla, että vaihtamisen taidolla ei ole huomattavaa yhteyttä dysleksian tasoon. Peng ym. (painossa) kokosivat meta-analyysissään tutkimustietoa vaihtamisen taidosta dysleksiassa ja totesivat, että vaihtaminen mahdollistaa useista lähteistä saadun tiedon yhdistelemisen ja metakognitiivisten strategioiden, kuten päättelyn ja tiivistämisen, käyttämisen. Toinen mahdollinen selitys sille, että tutkimuksessamme vaihtamisen ei ollut yhteydessä dysleksian helpottamiseen, voi johtua siitä, että nämä taidot eivät olleet riittävän keskeisessä roolissa lukutehtävissämme. Vaihtamisen taidot voivat korostua lukunopeuden sijaan muissa lukemisen osa-alueissa, kuten luetun ymmärtämisessä, jota tutkimuksessamme ei mitattu.

4.1. Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitukset

Tutkimus on osa pitkittäistutkimusta, joka antaa kaivattua lisätietoa tällä hetkellä melko niukasti tutkittuun aiheeseen. Pitkittäistutkimusten etuna on se, että niiden avulla pystytään havainnoimaan taitojen muutosta ja vaikutusta toisiinsa pitkällä aikavälillä. Tässä tutkimuksessa lapsuuden dysleksiaryhmää voidaan pitää edustavana. Sen sijaan kontrolliryhmän edustavuus lienee vielä vaillinainen hankkeen aineistonkeruun ollessa vielä kesken. Kontrollien valinta on kuitenkin ollut perusteellista, ja lapsuuden dysleksiaryhmän ja kontrollien vastaavuus tässä vaiheessakin kohtalainen. Tutkimuksen yksi merkittävä rajoitus on kuitenkin pieni otoskoko (tutkittavat N=30, kontrollit N=20) sekä puuttuvat testitulokset joidenkin tutkittavien osalta, mikä johti hyvinkin pieniin otoskokoihin osassa analyyseistä. Efektikoot olivat kuitenkin toisen tutkimuskysymyksen osalta keskikokoisia, kun tarkasteltiin tutkittavien ja kontrollien eroa toiminnanohjauksen osataidoissa. Myös kolmannessa tutkimuskysymyksessä *Helpottuneen dysleksian* ja *Säilyneen dysleksian* -ryhmissä efektikoot inhibition ja vaihtamisen osalta olivat keskikokoisia ja kognitiivisen kontrollin osalta efektikoko oli suuri. Efektikoot on ilmoitettu Taulukoissa 2 ja 3. Hyvät efektikoot viittaavat siihen, että isommalla otoskolla eli suuremman tilastollisen voiman omaavalla tutkimuksella keskisuuret efektikoot saattaisivat tulla tilastollisesti merkitseviksi. Efektin suunta oli kuitenkin oletetun mukainen niin, että paremmat toiminnanohjauksen taidot olisivat yhteydessä parempaan lukunopeuteen kontrolleilla verrattuna lapsuusajan dysleksiaryhmään ja dysleksian helpottamiseen lapsuusajan dysleksiaryhmän sisällä. Lisäksi suurempi kontrollien määrä olisi mahdollistanut myös lukutaidon ja toiminnanohjauksen yhteyksien monipuolisemman tarkastelun. Nyt lukunopeuden ja toiminnanohjauksen korrelaatioita koko aineistossa ei voitu

tutkia, sillä kontrollien määrä riskiryhmään verrattuna ei vastannut luonnollisen populaation suhdetta eikä tilastollisen voiman minimivaatimusta korrelaatioanalyysissä.

Tutkimuksessa käytettävien mittareiden validiteetin arviointi on yksi tutkimuksen luotettavuuden peruste. Tässä tutkimuksessa käytetyt mittarit ovat pääosin tarkoitukseen soveltuvia ja mittaavat haluttua taitoa. Dysleksian määrittelyyn käytetyt lukutehtävät mittasivat lukunopeutta, joka on suomen kielessä lukemisen tarkkuutta parempi mittari aikuisten lukutaidon määrittelyyn (Aro & Lerkkanen, 2019). Käyttämämme toiminnanohjausmittarit ovat myös vakiintuneita ja päteviä mittaamaan tutkimiamme taitoja. Kuitenkin kognitiivista kontrollia mittavan AX-CPT-tehtävän osalta on esitetty kritiikkiä siitä, että joissakin tehtävän osioissa voi ilmetä kattoefektiä, mikä heikentää testin erottelukykä (Gonthier ym., 2016). Näin voi käydä etenkin suoriutumisen oikeellisuuteen perustuvassa tarkastelutavassa (Gonthier ym., 2016). Omassa tutkimuksessamme pyrimme kuitenkin kiertämään tämän ongelman käyttämällä mittarina suorituksen reaktioaikoja juuri siksi, että monet tutkittavat eivät olleet tehneet lainkaan virheitä AY- ja BX-osioissa, eikä oikeellisuuden tarkastelu olisi ollut tällöin yhtä hyvä mittari.

Trail making -testiä on yleisesti tulkittu joko sen osioiden välisen erotuksen tai suhteen perusteella (Arbuthnott & Frank, 2000). Arbuthnottin ja Frankin (2000) mukaan suhteen vertailu vastaa paremmin vaihtamisen taitoa, joten käytimme sitä omissa analyyseissämme. Testissä käytetään yleensä A-osiona numeroita ja B-osiona numeroiden ja aakkosten yhdistelmää, mutta siitä on myös muita versioita (Bowie & Harvey, 2006). Tässä tutkimuksessa A-osiona toimivat kirjaimet, mikä mahdollisti aakkosten osaamattomuuden tunnistamisen ja siten joidenkin tutkittavien rajaamisen analyyysien ulkopuolelle, mikä ei olisi ollut mahdollista, jos A-osiona olisi ollut numerot. Onkin hyvä pohtia, miten paljon toiminnanohjausta voi dysleksian yhteydessä tutkia esimerkiksi aakkosten osaamiseen perustuvilla testeillä. Toinen vaihtamista mittaava testi olisi esimerkiksi set-switching -tehtävä, jossa myös motoriset ja havaintoihin perustuvat vaatimukset ovat alhaisemmat, ja se mittaa siten vieläkin tarkemmin vain toiminnanohjausta verrattuna Trail making -tehtävään (Arbuthnott & Frank, 2000).

Toiminnanohjaus on kuitenkin sateenvarjokäsite monenlaisille osittain päällekkäisille taidoille (Davidson ym., 2006), ja niiden tutkimisen tekeekin haasteelliseksi se, että taitoja on vaikea täysin eristää toisistaan sekä se, että tilannetekijät, kuten mieliala ja motivaatio vaikuttavat tehtävissä suoriutumiseen (Kuikka ym., 2008). Arjen toiminnanohjaustaitojen tarkasteluun suositellaankin havainnointia ja haastattelua, joiden on todettu tuovan taitoja esiin realistisemmalla tavalla (Närhi ym., 2019). Haastatteluilla on hyvä ekologinen validiteetti eli kyky mitata tutkittavaa asiaa totuudenmukaisesti, niin kuin se ilmenisi laboratorio-

olosuhteiden ulkopuolella tavallisessa elämässä (Campbell ym., 2014). Kontrolloidummissa olosuhteissa suoritettujen testien käyttö tässä tutkimuksessa on kuitenkin perusteltua, sillä tutkimuksemme kannalta tärkeintä oli hyödyntää erottelukykyisiä, vertailukelpoisia ja tilastolliseen tutkimukseen soveltuvia testejä. Lisäksi tässä tutkimuksessa lapsuusajan dysleksiaryhmä oli kerätty niin, että heillä ei ollut toiminnanohjauksen ongelmia, joten toiminnanohjauksen arviointi haastatteluin ei ollut tarpeen taitojen ollessa todennäköisesti normaalin vaihtelun rajoissa. Koetilanteen erityispiirteet on kuitenkin aina hyvä ottaa huomioon tulosten soveltamisessa käytäntöön.

Reliabiliteetin kannalta tutkimusolosuhteiden tulee olla mahdollisimman samanlaiset kaikilla tutkittavilla. Käyttämiemme mittareiden reliabiliteettiin saattaa vaikuttaa se, että osa tutkittavista suoritti tehtävät laboratoriossa ja osa tietokoneen välityksellä etäyhteydellä. Tämä on voinut vaikuttaa ympäristötekijöihin tutkimuksen aikana. Etäyhteydellä osallistuneet tutkittavat ovat esimerkiksi saattaneet kokea enemmän ulkopuolisia häiriötekijöitä kotiympäristössään verrattuna laboratorio-olosuhteisiin, mikä on voinut vaikuttaa keskittymiskykyyn. Myös tutkittavien vireystila on voinut olla riippuvainen testien suoritustavasta. Paikan päälle testaukseen tulleet ovat voineet matkustaa pitkän matkan ja siten olla väsyneempiä kuin etäyhteydellä osallistuneet. Myös etenkin Trail making -tehtävän suorittaminen tietokoneen hiirtä käyttäen on saattanut olla osalle tutkittavista haastavampaa kuin tehtävän suorittaminen kynällä ja paperilla laboratoriossa, mikä on saattanut vaikuttaa suoritukseen.

4.2. Johtopäätökset ja jatkotutkimuksen tarve

Tässä tutkimuksessa tarkastelimme dysleksian pysyvyyttä lapsuudesta aikuisuuteen, ja toiminnanohjauksen vaikutusta mahdolliseen muutokseen. Toiminnanohjauksen taidoista inhibition ja vaihtamisen ei voida tämän tutkimuksen perusteella nähdä olevan yhteydessä dysleksian helpottamiseen. Kuitenkin kognitiivisen kontrollin yhteys dysleksian helpottamiseen havaittiin. Tutkittavat, joilla dysleksia oli helpottanut, suosivat suhteellisesti enemmän proaktiivista toimintatapaa. Kognitiivinen kontrolli ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa erotellut lapsuuden dysleksiaryhmää ja kontrolleja. Tulokset antavat viitteitä siitä, että proaktiivinen kontrolli ei ole suoraviivaisesti yhteydessä lukutaidon tasoon, mutta se voi auttaa kompensoivien keinojen hyödyntämisessä ja siten dysleksian ratkeamisessa. Kognitiivinen kontrolli kehittyy muiden toiminnanohjaustaitojen vakiintuessa lapsuudesta aina

varhaisaikuisuuteen (Andersson, 2002; Kubota ym., 2020). Proaktiivisen toimintatavan kehittyminen, sen yksilölliset erot ja vaikutukset lukemisenvaikeuden kompensoitumiseen dysleksian yhteydessä vaatisivat jatkotutkimusta.

Toiminnanohjauksen yhteyttä dysleksiaan on syytä tutkia lisää, sillä monet nykyiset tulokset viittaavat niiden välillä olevan yhteyksiä. Tutkimusta tarvitaan esimerkiksi toiminnanohjaustaitojen vaikutuksesta lukutaidon oppimisen alkuvaiheisiin. Nykyään on tiedossa, että toiminnanohjaustaidot ovat tärkeässä roolissa lukemisen sujuvoitumisen vaiheessa (Christopher ym., 2012), ja että heikommat toiminnanohjauksen taidot altistavat epäonnistumiselle kouluoppimisessa vaikeuttaen tarkkaavuuden säätelyä ja pitkäkestoista oppimisen eteen ponnistelua (Närhi ym., 2019). Näin ollen hyvät toiminnanohjauksen kyvyt voisivat tukea lukemisen oppimista ja keskittymistä harjoitteluun.

Lisäksi etenkin pitkittäistutkimusta lukutaidon kehityksestä ja dysleksiasta suomen kieltä puhuvilla tarvitaan (Eloranta ym., 2018). Suurin osa nykyisestä, etenkin lapsuuden ja nuoruuden ylittävästä, tutkimustiedosta on kerätty englannin kieltä puhuvilla (Eloranta ym., 2018). Tätä tietoa ei voida suoraan soveltaa suomen kieleen, sillä eri ortografiat vaikuttavat siihen, miten tietyt lukemisen osa-alueet, kuten sujuvuus ja tarkkuus kehittyvät (Eloranta ym., 2018). Myös aikaisempi tutkimus toiminnanohjauksesta dysleksian yhteydessä on keskittynyt pääasiassa lapsuuteen (Best, Miller, & Jones, 2009; van der Ven, Kroesbergen, Boom, & Leseman, 2013). Kognitioiden kehitys jatkuu kuitenkin pitkään nuoruuteen ja varhaisaikuisuuteen, ja toiminnanohjauksen rakenteet voivat olla aikuisilla erilaisia kuin lapsilla (Best ym., 2009; van der Ven ym., 2013). Esimerkiksi Pengin ym. (painossa) meta-analyysissä yksilölliset erot inhibitiassa kasvoivat ja erot vaihtamisessa pienenivät, kun tarkasteltiin vanhemmilla dysleksiadiagnoosin saaneilla lapsilla tehtyjä tutkimuksia verrattuna nuorempiin lapsiin. Lisäksi Kubotan ym., (2020) mukaan proaktiivisen kontrollin hyödyntäminen on nuorilla lapsilla heikompaa, ja se voi lisääntyä lapsen kasvaessa ja työmuistin kapasiteetin kehittyessä. Tästä syystä tarvitaan lisää tutkimusta toiminnanohjauksen ja dysleksian yhteydestä etenkin aikuisväestössä, sillä lapsilla todettuja tuloksia ei voida sellaisenaan yleistää aikuisiin.

Myös toimintastrategian valintaa ja sen merkityksellisyyttä itse lukutehtävissä tulisi tutkia lisää. Kognitiivisten taitojen kehittyessä työmuisti voi mahdollisesti toimia välittävänä tekijänä dysleksian tason ja toiminnanohjauksen välillä, sillä kognitiivisen kuormittuneisuuden on nähty vaikuttavan reaktiivisen toimintatavan valintaan (Mäki-Marttunen ym., 2019b), mikä voisi viitata juuri työmuistin rooliin yhteyden selittäjänä. Pitkittäistutkimuksen avulla tällaisia moderoinnin vaikutuksia voitaisiin tarkastella. Näiden yhteyksien tutkiminen pelkästään

lapsuudessa tai aikuisuudessa ei tarjoa riittävästi tietoa niiden pitkäaikaisista vaikutuksista toisiinsa. Yhteyksiä löytämällä ymmärrys dysleksian ratkeamiseen vaikuttavista tekijöistä kasvaisi ja tukitoimia voitaisiin kohdentaa paremmin.

Jatkotutkimusta ajatellen olisi tärkeää myös yhtenäistää dysleksian määritelmiä ja kriteereitä (Booth ym., 2010) sekä dysleksian ja toiminnanohjauksen mittausten menetelmiä. Snowlingin, Goulandrisin ja Deftyn (1998) mukaan osa dysleksiaan liittyvien tutkimustulosten vaihtelusta voi selittyä määritelmien vaihtelevuudella. Peng ym. (painossa) sekä Booth ym. (2010) huomauttavat meta-analyyseissään, että myös monet toiminnanohjauksen osa-alueiden mittaukseen käytettävät menetelmät vaihtelevat tutkimusten välillä hyvin paljon. Heidän mukaansa lähinnä vain työmuistin ja sen päivittämisen tutkimiseen käytetään systemaattisemmin samoja testejä. Muissa toiminnanohjauksen taidoissa vaihtelevat testit vaikeuttavat tulosten vertaamista tutkimusten välillä.

Vaihtelevien testimenetelmien ohella myös Multiple deficit -teorian näkemys yksilötason suurista vaihteluista voi tarjota mahdollisen selityksen sille, että yhteydet dysleksiassa ja toiminnanohjauksessa vaihtelevat paljon eri tutkimusten välillä (Peng ym., painossa). Toiminnanohjauksen osataitoja tulisikin jatkossa tutkia lisää etenkin dysleksiaryhmän sisällä, vaikka suuren vaihtelun vuoksi yhteyttä ei löydetäisikään heidän ja kontrollien välisessä vertailussa. Toisaalta selkeämmän kuvan dysleksian ja toiminnanohjauksen yhteydestä kontrollien ja dysleksiaryhmän kesken voisi saada keskittymällä ryhmätason markkereihin, mutta myös muista osataidoista on tärkeää saada lisätietoa. Tarkastelun voisi kohdentaa myös korkeamman tason kykyjen tarkasteluun, kuten kognitiiviseen kontrolliin, jolloin huomioon tulisivat otetuksi useammat sen vaatimat osataidot, eikä yhteyttä vertaltaisi vain yksittäisten osataitojen perusteella, joissa saattaa olla suurta yksilöllistä vaihtelua. Näidenkin osataitojen lisätutkimus on kuitenkin tärkeää.

Tekemämme tutkimus onkin hyödyllinen lisä olemassa olevaan melko vähäiseen tietoon toiminnanohjauksen yhteyksistä dysleksiaan. Sekä dysleksia että toiminnanohjaus ovat laajoja ja kompleksisia käsitteitä, joiden osalta riittää vielä paljon tutkittavaa. Kattavamman tutkimustiedon avulla esimerkiksi dysleksian tukitoimien oikeanlaista kohdentamista voidaan tehostaa. Tässä tutkimuksessa saatuja tuloksia on kuitenkin hyvä pitää suuntaa antavina ja tarkastella niitä kriittisesti muun muassa pienen otoskoon takia.

LÄHTEET

- Allport, A., Styles, E. A., & Hsieh, S. (1994). Shifting intentional set: Exploring the dynamic control of tasks. Teoksessa C. Umiltà & M. Moscovitch (toim.), *Attention and performance 15: Conscious and nonconscious information processing* (s. 421–452). The MIT Press.
- Andersson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71–82.
- Arbuthnott, K. & Frank, J. (2000). Trail Making Test, Part B as a Measure of Executive Control: Validation Using a Set-Switching Paradigm. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 22(4), 518–528.
- Aro, M. & Lerkkanen, M.-K. (2019). Lukutaidon kehitys ja lukemisvaikeudet. Teoksessa T. Ahonen, M. Aro, T. Aro, M.-K. Lerkkanen & T. Siiskonen (toim.), *Oppimisen vaikeudet* (1. painos). (s. 252–289). Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.
- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*, 49A (1), 5–28.
- Best, J. R., Miller, P. H. & Jones, L. L. (2009). Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Developmental Review*, 29(3), 180–200.
- Bezdjian, S., Baker, L. A., Lozano, D. I. & Raine, A. (2010). Assessing inattention and impulsivity in children during the Go/NoGo task. *British Journal of Developmental Psychology*, 27(2), 365–383.
- 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.
- Bowie, C. R. & Harvey, P. D. Administration and interpretation of the Trail Making Test. (2006). *Nature protocols*, 1, 2277–2281.
- Booth J. N., Boyle J. M. E. & Kelly S. W. (2010). Do tasks make a difference? Accounting for heterogeneity of performance of children with reading difficulties on tasks of executive function: findings from a meta-analysis. *British Journal of Developmental Psychology*, 28(Pt 1), 133–176.

- Borella, E., Carretti, B., & Pelegrina, S. (2010). The specific role of inhibition in reading comprehension in good and poor comprehenders. *Journal of Learning Disabilities, 43*(6), 541–552.
- Braver, T. S. (2012). The variable nature of cognitive control: a dual mechanisms framework. *Trends In Cognitive Sciences, 16*(2), 106–113.
- Braver, T. S., Barch, D. M. & Cohen, J. D. (1999) Cognition and control in schizophrenia: a computational model of dopamine and prefrontal function. *Biological Psychiatry, 46*(3), 312–328.
- Braver, T. S., Paxton, J. L., Locke, H. S., & Barch, D. M. (2009). Flexible neural mechanisms of cognitive control within human prefrontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106*, 7351.
- Bruck, M. (1998). Outcomes of adults with childhood histories of dyslexia. Teoksessa C. Hulme, & R. M. Joshi, (toim.), *Reading and spelling: Development and disorders*, (s. 179–200). Mahwah: New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Publishers.
- Campbell, G. B., Whyte, E. M., Sereika, S. M., Dew, M. A., Reynolds, C. F., & Butters, M. A. (2014). Reliability and validity of the Executive Interview (EXIT) and Quick EXIT among community dwelling older adults. *The American journal of geriatric psychiatry: official journal of the American Association for Geriatric Psychiatry, 22*(12), 1444–1451.
- Chiew, K. S., & Braver, T. S. (2017). Context processing and cognitive control: From gating models to dual mechanisms. Teoksessa T. Egner (toim.), *The Wiley handbook of cognitive control*, (s. 143–166). Wiley Blackwell.
- Christopher, M. E., Miyake, A., Keenan, J. M., Pennington, B., DeFries, J. C., Wadsworth, S. J., Willcutt, E. & Olson, R. K. (2012). Predicting word reading and comprehension with executive function and speed measures across development: A latent variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General, 141*(3), 470–488.
- Collins, A., & Koechlin, E. (2012). Reasoning, learning, and creativity: frontal lobe function and human decision-making. *PLoS biology, 10*(3), e1001293.
- Cooper, S. R., Gonthier, C., Barch, D. M., & Braver, T. S. (2017). The role of psychometrics in individual differences research in cognition: A case study of the AX-CPT. *Frontiers in Psychology, 8*, Article 1482.

- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, *44*(11), 2037–2078.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, *64*, 135–168.
- Edwards, B. G., Barch, D. M. & Braver, T. S. (2010). Improving prefrontal cortex function in schizophrenia through focused training of cognitive control. *Frontiers in human neuroscience*, *4*(32).
- Eklund, K., Torppa, M., Aro, M., Leppänen, P. H. T., & Lyytinen, H. (2015). Literacy skill development of children with familial risk for dyslexia through grades 2, 3, and 8. *Journal of Educational Psychology*, *107*(1), 126–140.
- Eloranta, A.-K., Närhi, V., Eklund, K., Ahonen, T. & Aro, T. (2018). Resolving reading disability—Childhood predictors and adult-age outcomes. *Dyslexia*, *25*(1), 20–37.
- Espy, K. A. (2004). Using Developmental, Cognitive, and Neuroscience Approaches to Understand Executive Control in Young Children, *Developmental Neuropsychology*, *26*:1, 379–384.
- Friedman, N. P., Haberstick, B. C., Willcutt, E. G., Miyake, A., Young, S. E., Corley, R. P. & Hewitt J. K. (2007). Greater attention problems during childhood predict poorer executive functioning in late adolescence. *Psychological Science*. *18*(10), 893–900.
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2017). Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, *86*, 186–204.
- Friedman, N. P., Miyake, A., Young, S. E., DeFries, J. C., Corley, R. P. & Hewitt, J. K. (2008). Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *Journal of Experimental Psychology General*, *137*(2), 201–225.
- Gonthier, C., Macnamara, B. N., Chow, M., Conway, A. R. A. & Braver, T. S. (2016). Inducing proactive control shifts in the AX-CPT. *Frontiers in Psychology*, (7). Artikkelid 1822.
- Hulme, C. & Snowling, M. J. (2013). Learning to read: What we know and what we need to understand better. *Child Development Perspectives*, *7*(1), 1–5.
- Hulme, C. & Snowling, M. J. (2018). Reading disorders and dyslexia. *Current opinion in pediatrics*, *8*(6), 731–735.

- Koch I, Poljac E, Müller H & Kiesel A. (2018). Cognitive structure, flexibility, and plasticity in human multitasking-An integrative review of dual-task and task-switching research. *Psychological Bulletin*, 144(6), 557–583.
- Korhonen T. T. (1995). The persistence of rapid naming problems in children with reading disabilities: a nine-year follow-up. *Journal of Learning Disabilities*, 28(4), 232–239.
- Kubota, M., Hadley, L. V., Schaeffner, S., Könen, T., Meaney, J.-A., Auyeung, B., Morey, C. C., Karbach, J., & Chevalier, N. (2020). Consistent use of proactive control and relation with academic achievement in childhood. *Cognition*, 203. Artikkelid 104329.
- Kuikka, P., Pulliainen, V., & Salo, J. (2008). Toiminnanohjauksen kliinisen arvioinnin haasteet. *Psykologia*, 43(4), 248–260.
- Leinonen, S., Müller, K., Leppänen, P. H. T., Aro, M., Ahonen, T. & Lyytinen, H. (2001). Heterogeneity in adult dyslexic readers: Relating processing skills to the speed and accuracy of oral text reading. *Reading and Writing*, 14(3), 265–296.
- Lenhard, W. & Lenhard, A. (2016). Computation of effect sizes. [viitattu 22.5.2022] Saatavissa: https://www.psychometrica.de/effect_size.html. *Psychometrica*. DOI: 10.13140/RG.2.2.17823.92329.
- Locke H. S. & Braver T. S. (2008). Motivational influences on cognitive control: behavior, brain activation, and individual differences. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 8(1), 99–112.
- Lohvansuu, K., Torppa, M., Ahonen, T., Eklund, K., Hämäläinen, J. A., Leppänen, P. H. T. & Lyytinen, H. (2021). Unveiling the mysteries of dyslexia—Lessons learned from the prospective Jyväskylä longitudinal study of dyslexia. *Brain Sciences*, 11(4), 427–451.
- Miller, E. K. & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167–202.
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions. *Current directions in psychological science*, 21(1), 8–14.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49–100.

- Mäki-Marttunen V, Hagen T, Espeseth T. (2019a). Proactive and reactive modes of cognitive control can operate independently and simultaneously. *Acta Psychologica* (Amst). Volume 199.
- Mäki-Marttunen, V., Hagen, T. & Espeseth, T. (2019b). Task context load induces reactive cognitive control: An fMRI study on cortical and brain stem activity. *Cognitive, Affective and Behavioural Neuroscience*, 19, 945–965.
- Nayfeld, I., Fuccillo, J., & Greenfield, D. B. (2013). Executive functions in early learning: Extending the relationship between executive functions and school readiness to science. *Learning and Individual Differences*, 26, 81–88.
- Nevala, J., Kairaluoma, L., Ahonen, T., Aro, M., & Holopainen, L. (2006). *Lukemis- ja kirjoittamistaitojen yksilötestistö nuorille ja aikuisille. [Individual dyslexia test for youth and adults]*. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, 126(2), 220–246.
- Niilo Mäki Instituutti. (1992). Misku-testi. Neuropsykologinen suoriutuminen: paikallinen normiaineisto Niilo-Mäki Instituutin testistöön (julkaisematon). Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.
- Niilo Mäki Instituutti. (1994). Äänekoski reading performance scale [ÄRPS] -testi. Paikallinen normiaineisto Niilo Mäki Instituutin testistöön (julkaisematon). Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.
- Nigg J. T. (2017). Annual Research Review: On the relations among self-regulation, self-control, executive functioning, effortful control, cognitive control, impulsivity, risk-taking, and inhibition for developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 58(4), 361–383.
- Närhi, V., Karhu, A., Klenberg, L., Paananen, M., & Puustjärvi, A. (2019). Tarkkaavuuden, itsesäätelyn ja toiminnanohjauksen vaikeudet. Teoksessa T. Ahonen, M. Aro, T. Aro, M.-K. Lerkkanen, & T. Siiskonen (toim.), *Oppimisen vaikeudet* (s. 350–373). Niilo Mäki Instituutti.

- Peng, P., Zhang, Z., Wang, W., Lee, K., Wang, T. F., Wang, C. C., Luo, J., & Lin, J. Z. (painossa). A meta-analytic review of cognition and reading difficulties: Individual differences, moderation, and language mediation mechanisms. *Psychological Bulletin*.
- Pennington, B. F. (2006). From single to multiple deficit models of developmental disorders. *Cognition*, *101*(2), 385–413.
- Pozuelos, J. P., Combita, L. M., Abundis, A., Paz-Alonso, P. M., Conejero, Á., Guerra, S. & Rueda, M. R. Metacognitive scaffolding boosts cognitive and neural benefits following executive attention training in children. (2019). *Developmental Science*, *22*(2).
- Rasamimanana, M., Barbaroux, M., Colé, P. & Besson, M. (2020). Semantic compensation and novel word learning in university students with dyslexia. *Neuropsychologia*, *139*. Artikkele 107358.
- Rogers, R. D., & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, *124*(2), 207–231.
- Salthouse T. A. (2011) What cognitive abilities are involved in trail-making performance? *Intelligence*, *39*(4), 222–232.
- Scarborough, H. S. (1984). Continuity between childhood dyslexia and adult reading. *British Journal of Psychology*, *75*(3), 329–348.
- van der Sluis, S., de Jong, P. F., & van der Leij, A. (2004). Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, *87*(3), 239–266.
- Smith-Spark, J. H., Henry, L. A., Messer, D. J., Edvardsdottir, E. & Zięcik, A. P. (2016). Executive functions in adults with developmental dyslexia. *Research of Developmental Disabilities*, (53–54), 323–341.
- Snowling, M., Goulandris, N. & Defty, N. (1998). Development and variation in developmental dyslexia. Teoksessa C. Hulme, & R. M. Joshi, (toim.), *Reading and spelling: Development and disorders*, (s. 201–217). Mahwah: New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Publishers.
- Stuss, D. T. & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. *Psychological Research*, *63*(3–4), 289–298.

- Swanson, H. L. (2012). Adults with reading disabilities: Converting a meta-analysis to practice. *Journal of Learning Disabilities, 45*(1), 17–30.
- Torppa, M., Eklund, K., van Bergen, E. & Lyytinen, H. (2015). Late-Emerging and Resolving Dyslexia: A Follow-Up Study from Age 3 to 14. *Journal of Abnormal Child Psychology, 43*, 1389–1401.
- Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M. J. & Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades? *The Journal of Child Psychology and Psychiatry, 45*(1), 2–40.
- van der Ven S. H., Kroesbergen E. H., Boom J. & Leseman P. P. (2013). The structure of executive functions in children: a closer examination of inhibition, shifting, and updating. *British Journal of Developmental Psychology, 31*(Pt 1), 70–87.
- van Viersen, S., de Bree, E. H., & de Jong, P. F. (2019). Protective factors and compensation in resolving dyslexia. *Scientific Studies of Reading, 23*(6), 461–477.
- Vilkki, J. & Saunamäki, T. (2015). Toiminnanohjauksen häiriöt. Teoksessa teoksessa M. Jehkonen, T. Saunamäki, & L. Hokkanen (toim), *Kliininen Neuropsykologia*. (s. 73–85). Helsinki: Duodecim.
- Wechsler, D. (1974). *Manual for the Wechsler intelligence scale for children - Revised*. New York: Psychological Corp.
- Werth, R. (2019). What causes dyslexia? Identifying the causes and effective compensatory therapy. *Restorative Neurology and Neuroscience, 37*(6), 591–608.
- West, R., Choi, P. & Travers, S. The influence of negative affect on the neural correlates of cognitive control. (2010). *International Journal of Psychophysiology, 76*(2), 107–117.
- White, L. J., Alexander, A., Greenfield, D. B. (2017) The relationship between executive functioning and language: Examining vocabulary, syntax, and language learning in preschoolers attending Head Start. *Journal of Experimental Child Psychology, 164*, 16–31.

LIITTEET

LIITE 1

TAULUKKO 4. Tutkimuksen kontrollien (N=20) ja JLD23 -tutkimuksen kontrollien (N=61) keskiarvot ja keskihajonnat lukutaitoa mittaavissa tehtävissä.

	tutkimuksen kontrollit		JLD23 -tutkimuksen kontrollit	
	ka	kh	ka	kh
Tunturilappi	127,8755	11,06738	135,2190	29,60794
Vinnittäjiä tenkoja	38,7215	7,65080	37,4144	12,61304