

Dyskalkulian kognitiiviset ennustavat tekijät leikki-ikäisillä

Julia Alina von Lerber
Kandidaatintutkielma
Psykologia
Lääketieteellinen tiedekunta
Joulukuu 2022
Ohjaaja: Teija Kujala

Tiivistelmä

Tiedekunta: Lääketieteellinen tiedekunta

Koulutusohjelma: Psykologia

Opintosuunta: Psykologian kandiohjelma

Tekijä: Julia Alina von Lerber

Työn nimi: Dyskalkulian kognitiiviset ennustavat tekijät leikki-ikäisillä

Työn laji: kandidaatintutkielma

Kuukausi ja vuosi: Joulukuu 2022

Sivumäärä: 15

Avainsanat: dyskalkulia, matemaattinen oppimishäiriö, kognitiiviset tekijät, leikki-ikäinen, lapset

Ohjaaja tai ohjaajat: Teija Kujala

Säilytyspaikka: E-thesis, Helsingin yliopisto

Tiivistelmä:

Tavoitteet. Dyskalkulian vaikutukset yksilön elämään ovat merkittävät. Ottaen huomioon sen aiheuttaman haitan myös yhteiskunnallisella tasolla, sen ennustaminen ennaltaehkäisevästi edistäisi hyvinvointia. Ymmärrys dyskalkuliasta on vielä kehittymässä, eikä vakiintuneita tuloksia ole sitä ennustavista tekijöistä. Kognitiivisia ennustavia tekijöitä on tutkittu pitkittäistutkimuksen avulla hyödyntäen jo olemassa olevia kognitiivisia tehtäviä sekä matemaattista kyvykkyyttä mittaavia patteristoja. Varhainen tunnistaminen auttaisi huomioimaan oppimishäiriöstä kärsivät lapset jo ennen koulun alkamista niin, että tukitoimet saataisiin aloitettua mahdollisimman varhain ennen huomattavaa jälkeen jäämistä ikäluokastaan. Tutkielman tavoitteena oli tarkastella kirjallisuutta dyskalkulian kognitiivisista ennustavista tekijöistä leikki-ikäisillä.

Menetelmät. Kirjallisuushaku tehtiin Google Scholarilla käyttämällä hakusanoja ”preschool dyscalculia predictor*” sekä ”(dyscalculia OR mathematical difficult*) AND predictor* AND preschool*”. Tutkielmaan valittiin vain dyskalkuliaan liittyviä kognitiivisia tekijöitä käsitteleviä tutkimuksia lapsilla, jotka eivät olleet aloittaneet vielä koulua. Artikkelit rajattiin vuonna 2005 ja sen jälkeen julkaistuihin.

Tulokset ja johtopäätökset. Yleisistä kognitiivisista tekijöistä erityisesti työmuistin sekä toiminnanohjauksen todettiin ennustavan dyskalkulian ilmenemistä. Aihekohtaisista tekijöistä numeroiden kardinaalisuuden ymmärtäminen, valmistavat aritmeettiset taidot, proseduraalinen laskeminen sekä hieman ristiriitaisilla tuloksilla numeroiden suuruuden ymmärtämisen vertailu ennustivat dyskalkuliaa. Katsauksen perusteella mikään yksittäinen kognitiivinen tekijä tai sitä mittaava tehtävä eivät kyenneet yksiselitteisesti ennustamaan tätä oppimishäiriötä, mutta eri osa-alueita yhdistelevät tehtävät antoivat parhaan tuloksen. Tulevaisuudessa tulisi erotella häiriöstä kärsivät sekä matalasti suoriutuvat toisistaan yhtenevämmän linjauksen kanssa siitä, milloin vaikeudet matematiikassa katsotaan häiriötasoiseksi. Tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella dyskalkulian aikaisempi tunnistaminen kognitiivisten tekijöiden perusteella on hyvinkin toteutettavissa oleva tavoite.

Abstract

Faculty: Medicine

Degree Programme: Bachelor's Programme in Psychology

Author: Julia Alina von Lerber

Title: Cognitive predictive factors of dyscalculia in preschool

Level: Bachelor's thesis

Month and year: December 2022

Pages: 15

Keywords: Dyscalculia, mathematical difficulties, cognitive factors, preschool, children

Supervisor or supervisors: Teija Kujala

Where deposited: E-thesis, University of Helsinki

Abstract:

Aims of the thesis. Effects of dyscalculia are severe for one's life, having also a considerable societal impact. Therefore, predicting it at an early age would improve overall well-being. Dyscalculia and its predictive factors are still poorly understood. Cognitive predictive factors have been studied using longitudinal research strategies with the help of already existing measures of cognitive factors and mathematical ability. Early screening of the disorder would help to identify the children in need of support before the beginning of school so they wouldn't fall more behind. The aim of this thesis is to review the literature considering cognitive predictive factors of dyscalculia in preschool.

Methods. The literature search was done in Google Scholar using keywords "preschool dyscalculia predictor*" and "(dyscalculia OR mathematical difficult*) AND predictor* AND preschool*". Only papers associated with dyscalculia discussing cognitive factors in preschool children and published since 2005 were included.

Results and discussion. Regarding domain-general factors, working memory and executive functions were particularly predictive for later emerging dyscalculia. From domain-specific factors understanding of cardinality, preparing arithmetic skills, procedural counting and with inconsistent results magnitude comparison skills predicted dyscalculia. No single factor alone was sufficient to predict the disorder, but a combination of different domain-general and domain-specific factors gave the best prediction. For future research, it would be beneficial to separate low-achieving children from dyscalculic ones and to be consistent with the threshold when difficulties are severe enough to be classified as a disorder.

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	1
2. Menetelmät	2
3. Tulokset.....	3
<i>3.1 Yleiset kognitiiviset tekijät</i>	<i>3</i>
3.1.1 Työmuisti	3
3.1.2 Haku pitkäaikaisesta muistista	4
3.1.3 Toiminnanohjaus.....	5
<i>3.2 Aihekohtaiset kognitiiviset tekijät</i>	<i>6</i>
3.2.1 Symboliset representaatiot	6
3.2.2 Symbolittomat representaatiot	8
4. Pohdinta.....	10

1. Johdanto

Matemaattiset taidot ovat tämän päivän yhteiskunnassa välttämättömiä. Matemaattista osaamista vaaditaan niin koulumaailmassa kuin työllistymisessä, mutta myös oman talouden sekä arjen pyörittämisessä. Näiden taitojen ollessa vaillinaiset, on sillä suuri vaikutus yksilön elämään, joten ilmiön varhainen tunnistaminen on tärkeässä asemassa osana ennaltaehkäisevää hoitoa.

Matemaattinen oppimishäiriö, kehityksellinen dyskalkulia, määritellään ICD-10 luokitusjärjestelmän mukaan oppimiskyvyn häiriöksi, joka koskee peruslaskutaitoja, eikä sitä voida selittää yleisellä kehitysvammaisuudella, koulutuksen puutteella tai muilla häiriöillä (World Health Organization, 1993). Dyskalkuliaa luonnehtivat muun muassa vaikeudet perustason laskutehtävissä, hankaluus tunnistaa kirjoitettuja numeroita sekä kyvyttömyys kertotaulun opettelussa (World Health Organization, 1993). Vielä ei tiedetä tarkalleen dyskalkulian syitä. Aikaisemmin on ajateltu, että oppimishäiriön taustalla olisi ainoastaan vaje monilukuisten numeroiden prosessoinnissa (Butterworth ym., 2011), mutta nykyisen tutkimuksen tuloksissa on noussut esiin kirjoitettujen numeroiden käsittelyn vaikeus (Rousselle & Noël, 2007). Dyskalkulian etiologian oletetaan olevan monitekijäinen (Shalev, 2004). Huonolla matemaattisilla taidoilla on yhteys suurempaan todennäköisyyteen lopettaa kouluttautuminen aikaisin ja siitä johtuen huonompaan työllistymiseen sekä matalampaan sosioekonomiseen asemaan (Parsons & Bynner, 2005). Dyskalkulian tutkimus ja ymmärrys on jäänyt huomattavasti vähäisemmälle huomiolle kuin lukihäiriön, dysleksian (Grégoire & Desoete, 2009), vaikka häiriöiden yleisyys on arvioitu suunnilleen yhtä suureksi väestössä, noin 3–7 % (Mikkonen ym., 2015).

Tutkielmassa kognitiiviset tekijät on jaoteltu yleisiin sekä aihekohtaisiin. Yleisillä kognitiivisilla tekijöillä tarkoitetaan sellaisia kognition osa-alueita, jotka vaikuttavat henkilön suoriutumiseen aiheesta riippumatta (esim. työmuisti). Aihekohtaiset tekijät ovat taas osia, joiden vaikutus ulottuu ainoastaan tiettyntyyppiseen tiedonkäsittelyyn tai käsillä olevaan tehtävään, mutta jotka eivät ole muussa toiminnassa välttämättömiä (esim. numeraalisuuden ymmärtäminen). Aihekohtaiset tekijät on jaettu symbolisia representaatioita sekä symbolittomia representaatioita edustaviin tekijöihin selkeyden sekä johtopäätelmien

kannalta. Symbolisilla tehtävillä tarkoitetaan suoriutumista sellaisissa tilanteissa, jossa vaaditaan joko visuaalista (arabialainen numero, esim. 5) tai verbaalista (puhuttuna viisi) symbolia käsitykselle määrästä. Symbolittomilla representaatioilla tarkoitetaan sellaista käsitystä matemaattisista aiheista, joita ei ilmennetä kirjoitetulla tai puhutulla numerosymbolilla. Tällaisesta esimerkki on määrien vertailu erilaisista muodoista tai esineistä. Tutkimuksissa on näyttöä siitä, että matemaattisten tehtävien hankaloituessa ja lukujen kasvaessa moninumeroisiksi, tukeudutaan enemmän symbolisiin representaatioihin synnynnäisten, symbolittomien, representaatioiden sijasta (Desoete ym., 2012). Symboliset representaatiot on eroteltu symbolittomista representaatioista, koska niiden kognitiiviset mekanismit eroavat esimerkiksi suuruuden arviointijärjestelmässä (eng. magnitude system) (Sasanguie ym., 2017).

Tämän tutkielman tarkoituksena on koota tietoa kognitiivisista tekijöistä, joiden avulla on mahdollista ennustaa leikki-ikäisillä lapsilla dyskalkulian ilmeneminen. Varhaisempi tunnistus auttaisi kohdistamaan tukitoimia siten, ettei lapsi jäisi enempää jälkeen ikätovereistaan koulun alkaessa.

2. Menetelmät

Kirjallisuushaku toteutettiin Google Scholarissa käyttämällä seuraavia hakusanoja: ”preschool dyscalculia predictor*” sekä myöhemmin vielä tarkempana ”(dyscalculia OR mathematical difficult*) AND predictor* AND preschool*”. Lähteitä valittiin myös hakutuloksen tuottamien artikkeleiden lähteistä. Tulokset rajattiin 2005 ja sen jälkeen julkaistuihin artikkeleihin. Tutkielmasta rajattiin ulos neurologisia sekä perheeseen liittyviä behavioraalisia ennustavia tekijöitä käsittelevät tutkimukset, ja mukaan otettiin vain sellaiset artikkelit, joissa koehenkilöt olivat aloittaneet tutkimukseen osallistumine päiväkodin aikana. Kaikki käsiteltävät artikkelit olivat vertaisarvioituja.

Käsiteltävissä artikkeleissa dyskalkulian kognitiivisia ennustavia tekijöitä on tutkittu pitkittäistutkimuksen avulla, jossa päiväkotikäisiä lapsia on seurattu ensimmäisille luokille samalla mitaten heidän matemaattista suoriutumistaan. Päiväkodissa lapsille on teetetty jo ennestään hyväksi todettuja kognitiivisia tehtäviä, kuten esimerkiksi symbolitonta hahmotuskykyä mittaavan pisteiden arvioinnin (eng. dot estimation) tehtävä (esim. Gilmore

ym., 2013) sekä nopean automatisoidun nimeämisen (eng. Rapid Automated Naming) tehtävä (esim. Mazzocco & Thompson, 2005). Matemaattista suoriutumista on mitattu käyttämällä jo valmiita testipatteristoja. Näistä esimerkkejä ovat Test of Early Mathematcal Ability 3 (Ginsburg & Baroody, 2003) ja KeyMath-Revised (Connolly, 1988).

3. Tulokset

3.1 Yleiset kognitiiviset tekijät

3.1.1 Työmuisti

Työmuisti vastaa lyhytaikaisesta tiedon ylläpitämisestä aktiivisena mielessä. Se voidaan jakaa Baddeleyn mallin (Baddeley & Hitch, 1974) mukaan toimintaa ohjaavaan keskusyksikköön, visuospatiaaliseen lehtiöön ja fonologiseen silmukkaan, joista visuospatiaalinen lehtiö toimii visuaalisen tiedonlyhytaikaisena varastona ja fonologinen silmukka ylläpitää mielessä verbaalista tietoa.

Bull ym. (2008) tutkivat Isossa-Britanniassa 124 päiväkodissa olevan lapsen (95 % valkoihoisia) lyhytaikaista visuaalista (Corsi Blocks) ja verbaalista muistia (Digit Span) sekä työmuistin toimintaa (Corsi Blocks ja Digit Span väärinpäin esitettynä). Lapsia seurattiin ensimmäisen kolmen vuoden ajan peruskoulussa, jossa he vuosittain suorittivat matemaattisia sekä lukemisen perustaitoja arvioivan patteriston. Kaikki kognitiiviset tekijät olivat yhteydessä ensimmäisenä vuonna laskemiseen, mutta kolmantena vuonna vain visuospatiaalisessa tehtävässä suoriutuminen oli yhteydessä lapsen matemaattiseen menestykseen.

Osa tutkimuksista ei ole löytänyt yhteyttä lainkaan matemaattisen suoriutumisen ja fonologisen silmukan toiminnan välillä (Geary ym., 1999). Bullin ym. (2008) tutkimuksessa verbaalisella lyhytkestoisella muistilla oli yhteys ensimmäisenä kouluvuotena matemaattiseen menestymiseen, mutta he eivät kuitenkaan tutkimuksessaan eritelleet matalasti suoriutuvia muista. Silmukan toiminta voisi siis vaikuttaa vain taitojatkumon yläpäässä suoriutuviin tai se voisi vaikuttaa yleisesti oppimiseen, mutta sen yhteydestä dyskalkuliaan ei tutkimuksen

pohjalta ole tietoa. Jälkimmäistä ajatusta tukee osaksi Krajewskin sekä Schneiderin (2009) tutkimus, jossa Digit Span -tehtävällä oli yhteys matemaattiseen suoriutumiseen, mutta matalasti ja normaalisti suoriutuvien lasten välillä ei nähty tehtävässä eroa suoriutumisessa kahta kuukautta ennen koulun alkua. Kuusi kuukautta ennen koulun alkua ryhmien välillä oli merkitsevä ero suoriutumisessa kohtalaisella efektikoolla ($d = .51$). Käsiteltyjen tutkimusten perusteella kuitenkin kokonaisuudessaan työmuistin toiminnan ja erityisesti visuospatiaalisen lehtiön perusteella pystyttäisiin ennustamaan matematiikassa menestymistä, vaikka ei välttämättä suoranaisesti dyskalkuliaa.

3.1.2 Haku pitkäaikaisesta muistista

Pitkäaikaiseen muistiin tieto talletetaan työmuistin kautta niin, että se voidaan palauttaa takaisin työmuistiin pitkänkin ajan jälkeen (Arseni & Lazar, 2012). Pitkäaikaisesta muistista tehdyn haun nopeuden on näytetty olevan yhteydessä matemaattiseen suoriutumiseen ja dyskalkuliaan (Krajewski & Schneider, 2009).

Krajewski ja Schneider (2009) tutkivat Saksassa viimeistä vuotta päiväkodissa olevien 130 lapsen kykyä hakea numeraalista tietoa pitkäaikaisesta muistista niin, että lasten tuli nimetä numeroita 18 nopan silmäluvuista satunnaisessa järjestyksessä. Tämän jälkeen numerot tuli nimetä samassa järjestyksessä, mutta nyt arabialaisista numerosymboleista. Kummassakin tapauksessa aika mitattiin sekunneissa. Lasten matemaattisia taitoja mitattiin kahdella standardisoidulla testillä ensimmäisen sekä neljännen luokan lopussa. Haun nopeus oli yhteydessä matemaattiseen suoriutumiseen kummallakin luokalla, jopa kasvavassa määrin neljännellä luokalla. Lapset jaettiin suoriutumisen perusteella matalasti suoriutuviin (35. persentiili ja sitä alemmat) sekä normaalisti suoriutuviin, ja ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero niin, että matalasti suoriutuvilla kesti huomattavasti pidempään numeroiden nimeämisessä kuin normaalisti suoriutuvilla ($d = .74-.92$). Tutkimuksen tuloksissa ei ollut eroteltu matalasti suoriutuvien ja normaalisti suoriutuvien vertailussa symbolista sekä symbolitonta nimeämistä, joten ei voida sanoa, olisiko jompikumpi erityisesti ennustava dyskalkulian kannalta.

3.1.3 Toiminnanohjaus

Toiminnanohjauksen ja siihen sisältyvien välitavoitteiden välillä vaihtamisen (eng. shifting), suunnittelu sekä inhibointi on nähty ennustavan matemaattista suoriutumista ensimmäisellä luokalla (Bull ym., 2008; Clark ym., 2010). Tutkimuksessa lapset suorittivat Shape School ja Tower of London/Hanoi sekä vaihtamista mittaavan Flexible Item Selection (vain Clark ym., 2010) tehtävät. Bullin ym. (2008) tutkimuksessa yhteyttä matemaattiseen menestymiseen ei enää kuitenkaan havaittu kahdella myöhemmällä luokalla, eikä yhteyttä tutkittu erikseen normaalisti suoriutuvien ja matalasti suoriutuvien välillä. Clarkin ym. tutkimuksessa (2010) toiminnanohjauksen osoitettiin olevan yhteydessä matemaattiseen suoriutumiseen. Niistä lapsista, jotka sijoituivat esikoulussa yhden keskihajonnan päähän keskiarvosta alaspäin toiminnanohjausta mittaavissa tehtävissä, 61,5 % sijoittui yhden keskihajonnan päähän keskiarvosta alaspäin reilua vuotta myöhemmin matemaattista osaamista mittaavissa tehtävissä. Tutkimus toteutettiin Uudessa-Seelannissa ja 87,4 % koehenkilöistä oli Uuden-Seelannin eurooppalaisia.

Toiminnanohjauksen dyskalkuliaa ennustava rooli on saanut myös muuta tukea (Chu ym., 2019). Tutkimuksessa yhdysvaltalaiset lapset (57 % valkoihaisia) oli jaoteltu matemaattisesta oppimishäiriöstä kärsiviin, ”toipuneisiin” (päiväkodissa hankaluuksia matematiikassa, mutta koulussa normaalilla tasolla) sekä normaalisti suoriutuviin. Matemaattisesta oppimishäiriöstä kärsivillä lapsilla oli tilastollisesti matalammat toiminnanohjaustaidot kuin normaalisti suoriutuvilla ensimmäisenä ($d = .80$) sekä toisena päiväkotivuotena ($d = .70$). Ero ”toipuneisiin” oli merkitsevä vain toisena päiväkotivuotena ($d = 0.96$). Lisäksi ”toipuneilla” lapsilla oli nähtävissä iso hyppy toiminnanohjauksessa toisen vuoden aikana, ja he kirivätkin normaalisti suoriutuvat koulun aikana kiinni matemaattisissa taidoissa. Kyse siis tällä ryhmällä on oletettavasti ollut hieman myöhemmästä kehityksestä. Matemaattisesta oppimishäiriöstä kärsivillä lapsilla samanlaista kehitystä ei ollut nähtävissä. Näiden tutkimusten perusteella toiminnanohjaus voisi toimia hyvin ennustavana tekijänä dyskalkuliassa ja erotella ”toipuvia” sekä dyskalkuliasta kärsiviä.

3.2 Aihekohtaiset kognitiiviset tekijät

3.2.1 Symboliset representaatiot

3.2.1.1 Numeroiden ymmärtäminen

Ymmärrys numeroista, niiden symbolinen tunnistaminen sekä suuruuden käsittäminen ovat olennaisia tekijöitä matemaattisen oppimisen kannalta (Chu ym., 2013, 2019; Desoete ym., 2012). Näiden taitojen kykyä ennustaa dyskalkuliaa on tutkittu Desoeten ym. (2012) tutkimuksessa, jossa Belgiassa valkoihoiset päiväkotikäiset lapset tunnistivat ja vertailivat kuultuja sekä nähtyjä numeroita TEDI-MATH -testipatteriston (Jacques ym., 2004) kahdella alatestillä (symbolic verbal number word comparison, symbolic arabic number comparison). He suorittivat matemaattisia taitoja mittaavat aritmeettiset testit ensimmäisellä ja toisella luokalla. Onnistunut arabialaisten numeroiden vertailu ennusti parempaa proseduraalista laskutaitoa kahta vuotta myöhemmin, ja kummatkin, sekä näön- että kuulonvaraiset, tehtävät olivat yhteydessä aritmeettiseen suoriutumiseen. Samankaltaisia tuloksia on saatu Chu ym. (2013) tutkimuksessa, jossa todettiin, että yhdysvaltalaisilla esikoulun aloittavilla lapsilla (60 % valkoihoisia) arabialaisten numeroiden ja numerosanojen huono tuntemus ennusti muiden tehtävien lomassa parhaiten dyskalkuliaa ja ero normaalisti suoriutuviin lapsiin vielä kasvoi seuraavan vuoden aikana.

Numeroiden kardinaalisuuden ymmärtämisellä tarkoitetaan ihmisen kognitiivista kykyä liittää tarkka suuruuden määrä esitettyihin objekteihin. Silloin verbaaliset ja visuaaliset numerot sekä symbolit sisältävät merkityksen jostain sille symbolille ominaisesta suuruudesta. On näyttöä, että lapsen kyky ymmärtää numeroiden kardinaalisuutta ennustaa myöhempiä numeerisia ja aritmeettisiä taitoja (Geary & vanMarle, 2016). Chu ym. (2019) havaitsivat tutkimuksessaan, että matemaattisesta oppimishäiriöstä kärsivät lapset sijoittuvat jatkuvasti muita lapsia alemmas numeroiden suuruuden ymmärtämistä mittaavissa tehtävissä kahden vuoden ajan päiväkodissa ennen koulun alkua. Taitoja tutkittiin ”sano määrä” (eng. give-a-number) -tehtävän avulla. Tukea tuloksille antaa myös Chun ym. (2013) tutkimus, jossa kardinaalisuuden ymmärtäminen oli yksi parhaista dyskalkuliaa ennustavista tekijöistä. Näiden tutkimusten pohjalta numeroiden tuntemuksen ja kardinaalisuuden ymmärtämisen perusteella voitaisiin ennustaa dyskalkuliaa.

3.2.1.2 Laskeminen

Valmistaviksi aritmeettisiksi taidoiksi kutsutaan sellaisia taitoja, jotka ovat ensiaskeleita aritmeettisiin laskusuorituksiin. Näihin voidaan lukea symbolisia representaatioita käyttävistä proseduraalinen laskeminen (1, 2, 3 jne.), konseptuaalinen laskeminen (esim. pöydälle laitettujen objektien laskeminen), sarjaksi järjestäminen (eng. seriation; eri numeroiden suuruusjärjestys), lukumäärän säilyvyys (sama lukumäärä objekteja, vaikka objektijonon pituutta muutettaisiin) sekä luokittelu (sama lukumäärä samaan ryhmään). Nämä taidot ovat jo päiväkodissa harjoiteltavia taitoja ja siten mitattavissa, vaikka koulutie ei olisi vielä alkanut.

On näyttöä, että taidot voisivat toimia tehokkaana seulontamenetelmänä dyskalkulian tunnistamisessa (Stock ym., 2009). Tutkimuksessaan Stock ym. (2009) testasivat Belgiassa valkoihoisilla lapsilla päiväkodin viimeisenä keväänä yllä mainittuja taitoja sekä aritmeettista suoriutumista. Lapsilta mitattiin aritmeettinen suoriutuminen uudestaan ensimmäisen luokan aikana. Koehenkilöt jaoteltiin päiväkotiaikaisen aritmeettisen suoriutumisen perusteella kahteen ryhmään, niihin, joilla oli riski dyskalkuliaan (11. persentiiliin asti) ja vähintään keskinkertaisesti suoriutuviin (11.–50. persentiili). Kaikissa valmistavissa aritmeettisissä taidoissa oli tilastollisesti merkitsevä ero näiden kahden ryhmän välillä, ja lapset pystyttiin luokittelemaan suoriutumisen perusteella 90 % varmuudella riskiryhmään tai vähintään keskinkertaisesti suoriutuvien ryhmään muista lapsista. Erityisesti proseduraalinen laskeminen ja sarjaksi järjestäminen toimivat hyvinä ennustajina aritmeettisesta suoriutumisesta koulussa.

Tulosta tukee tutkimus, jossa viidennes aritmeettisen päättelyn taidon varianssista pystyttiin selittämään ensimmäisellä luokalla sarjaksi järjestämisellä, luokittelulla ja proseduraalisella laskemisella (sekä suuruuden vertailulla) (Stock ym., 2010). Belgiassa toteutetussa tutkimuksessa ei löydetty yhteyttä konseptuaalisen laskemisen ja aritmeettisen suoriutumisen välillä toisin kuin Stockin ym. (2009) tutkimuksessa. Myös Chun ym. (2019) tutkimuksessa lapsilta mitattiin verbaalista laskemista sekä objektien laskeminen, mutta samankaltaisia tuloksia ennustavina tekijöinä ei saatu. Normaalisti suoriutuvien sekä dyskalkuliasta kärsivien

lapsien välillä löydettiin merkitsevä ero verbaalisessa laskemisessa vain päiväkodin toisen vuoden aikana, muutoin ryhmäeroja ei löydetty.

Aikaisemmin esiteltyjen tutkimusten mukaan symbolisia representaatioita hyödyntävät tehtävät kykenevät ennustamaan dyskalkuliaa. Mikään yksittäinen tehtävä ei ole yksiselitteisesti ennustanut oppimishäiriöitä kokonaisuudessaan, vaan häiriön monitekijäiseen etiologiaan sopien, monien tehtävien kombinaatiot ovat antaneet parhaan tuloksen. Tästä hyvänä esimerkkinä on Yhdysvalloissa toteutettu tutkimus, jossa parhaiten ennustavista yksittäisistä tehtävistä muodostettu testi sisälsi numeroiden ääneen lukemista arabialaisista numeromerkeistä, yksinumeroisen luvun suuruuden arviointia, numeropysyvyyden arviointia sekä yksinumeroisten lukujen päässä summaamista (Mazzocco & Thompson, 2005). Ennustettavuus oli diagnoosin tarkkuutta arvoivassa Receiver Operator Characteristic (ROC) -analyysissä 0.90. ROC-analyysi ilmoittaa tässä tapauksessa tehtäväkombinaation perusteella asetetun diagnoosin todenmukaisuuden todennäköisyyden. Tutkimuksessa ennustavat tekijät mitattiin päiväkodin aikana ja oppilaita seurattiin kolmannelle luokalle, jolloin ennustettujen dyskalkuliatapausten vastaavuutta verrattiin todelliseen määrään.

3.2.2 Symbolittomat representaatiot

Symbolittomia tehtäviä on tutkittu lähinnä lukumäärien suhteiden (eng. magnitude sensitivity) ymmärtämisen tehtävillä. Sillä tarkoitetaan taitoa, jolla yksilö kykenee vertailemaan toisistaan eroavia määriä ja asettamaan ne suuruusjärjestykseen. Kyvyn on oletettu perustuvan jo vauvana havaittavaan approximate number -systeemiin (ANS) (Izard ym., 2009). Tutkimuksissa käytetty tapa tutkia lukumäärien suhteiden ymmärtämistä on niin sanottu ANS-tehtävä, jossa yksilölle esitetään kaksi ryhmää objekteja, ja koehenkilön tulee arvioida, kummassa ryhmässä on enemmän. Objektiryhmät esitetään siten, että tutkittavalla ei ole aikaa laskea lukumäärää.

Tutkimustulokset ANS:n osallisuudesta dyskalkuliassa sekä matemaattisessa menestymisessä ennustavana tekijänä ovat olleet osittain ristiriidassa keskenään. Chu ym. (2013) eivät saaneet ennustavuutta tukevia tuloksia. He testasivat 68 päiväkotilasta, joilla oli riski koulusta putoamiseen, sekä 34 normaalisti suoriutuvaa lasta ANS-tehtävällä. Riskissä olevista lapsista

noin puolella oli todettu alttius dyskalkulian ilmenemiseen. Merkitsevää tulosta kahden ryhmän välillä ei havaittu, kun otettiin huomioon älykkyys, toiminnanohjaus sekä kirjainten tunnistaminen. Ero prosenttimäärissä oikein menneiden koetilanteiden välillä oli merkitsevä (riskissä olevat lapset: 69 % vrt. normaalisti suoriutuvat lapset: 81 %), mutta sekin merkitsevyys hävisi otettaessa huomioon tutkimuksessa muuten mitatut numeeriset taidot. On kuitenkin vastakkaista näyttöä, jonka mukaan tarkkuus ANS-tehtävässä päiväkodissa mitattuna ennustaa matemaattista menestystä kahden vuoden jälkeen koulun alettua niin, että yleinen älykkyys on kontrolloitu (Mazzocco ym., 2011). Tutkimuksessa suoriutuminen ANS-tehtävässä selitti .278 vaihtelusta matemaattisessa suoriutumisessa, mutta tässä tutkimuksessa matalasti sekä normaalisti suoriutuvia ei ollut eroteltu toisistaan. Tulosta tukee osaksi tutkimus, jossa muiden tehtävien ohella suuruuden arviointi selitti viidenneksen aritmeettisten taitojen vaihtelusta matalasti ja normaalisti suoriutuvilla lapsilla (Stock ym., 2010).

ANS-tehtävän validiteettia on kuitenkin kyseenalaistettu dyskalkulian ennustavana tekijänä. Tehtävässä näytettävien objektien koko oli kontrolloitu tutkimuksissa niin, että puolissa tilanteista enemmän sisältävässä ryhmässä objektien pinta-ala oli suurempi (kongruentti tilanne), ja puolissa niin, että vähemmän sisältävässä ryhmässä pinta-ala oli suurempi (epäkongruentti tilanne). On esitetty, että oletetun ennustavuuden aiheuttava ilmiö matalasti suoriutuvilla lapsilla olisikin inhibition puute sivuuttaa pinta-alan vaikutus arvioidessa määrää, kun määrä ja pinta-ala ovat epäkongruenteja toisiinsa nähden (Gilmore ym., 2013). Kyseessä voisi siis olla toiminnanohjaukseen liittyvä vaje. On mahdollista, että ANS kuvastaa tärkeitä taitoja matemaattisen suoriutumisen kannalta ja sitä voitaisiin käyttää ennustavana tekijänä muiden kognitiota mittaavien tehtävien kanssa, mutta yksinään se ei välttämättä kykene erottelmaan matalasti ja normaalisti suoriutuvia lapsia. Inhibition merkitystä tehtävässä tulisi tutkia lisää.

Tutkittaessa päiväkotikäisiä lapsia, on tärkeää, että myös symbolittomia representaatioita hyödyntäviä tehtäviä voidaan käyttää dyskalkulian ennustamisessa. Ennen koulun alkamista osa lapsista ei ole vielä välttämättä oppinut numerosymboleita, ja symbolisten merkkien oppimisen ja niiden suuruuksien ymmärtämisen vaikeuden ollessa yksi mahdollisista dyskalkuliaa ennustavista tekijöistä (Chu ym., 2019), on tärkeää käyttää myös sellaisia tehtäviä, jotka eivät vaadi symbolista osaamista. Näin ongelmat voidaan havaita jo ennen koulun alkua.

4. Pohdinta

Tutkielman tavoitteena oli tarkastella tietoa leikki-ikäisiltä mitattavissa olevista kognitiivisista tekijöistä, joiden avulla dyskalkulian ennustaminen olisi mahdollista. Kirjallisuudesta löytyi tuloksia niin yleisistä kuin aihekohtaisista ennustavista tekijöistä, joista erityisesti haku pitkäaikaisesta muistista, toiminnanohjaus, valmistelevat aritmeettiset taidot, kardinaalisuus, proseduraalinen laskeminen sekä symbolitonta representaatioita hyödyntävän suuruuden ymmärtäminen ja sen vertailu ennustivat ensimmäisten luokkien aikana dyskalkuliaa. Symbolittomien tehtävien ennustettavuudesta oli hieman ristiriitaisia tuloksia. Tutkielman perusteella mikään yksittäinen tekijä (esim. työmuisti) tai alaluokka (esim. yleiset tekijät) eivät yksinään kyenneet ennustamaan dyskalkuliaa, joten häiriön oletettua monitekijäistä etiologiaa (Shalev, 2004) heijastelleen usean eri tyyppin tekijät voisivat toimia parhaiten ennustajana.

Yleisten tekijöiden ennustavuus voisi kertoa laajemmasta tiedonkäsittelyn ongelmasta. Jos yleiset tekijät ovat suuressa roolissa häiriön ilmenemisessä, olisi silloin tarpeellista kartoittaa dyskalkuliasta kärsivillä myös muita oppimisvaikeuksia. Aihekohtaisista tekijöistä painottui symbolisia representaatioita hyödyntävät tehtävät (proseduraalinen laskeminen, valmistelevat aritmeettiset taidot, kardinaalisuus), mikä tukee nykyisiä tutkimustuloksia symbolisten numeroiden käsittelyn vaikeuden osallisuudesta dyskalkuliassa (Rousselle & Noël, 2007). Tuloksissa esiin noussut eri tehtävien yhdistelmän ennustavuus antaa viitteitä siihen, että päiväkodin aikana pystyttäisiin seulomaan dyskalkulialle alttiita lapsia. Läpikattava leikkaus kaikista esikoulun käyvistä mahdollistaisi riskissä olevien lasten tunnistamisen ja näin tarkemmin tutkittavien tai tukea tarvitsevien lasten rajaamisen. Eri tehtävien yhdistelmien kyetessä ennustamaan jopa 90 % tarkkuudella mahdollista dyskalkuliaa (Mazzocco & Thompson, 2005; Stock ym., 2009), tarjoaisi se taloudellisen ja helposti toteutettavan tavan ennaltaehkäistä diagnosoimattoman dyskalkulian aiheuttamia haittoja.

Useissa tutkimuksissa lapset oli jaettu aritmeettisten taitojen perusteella dyskalkuliasta kärsivien tai tyypillisesti suoriutuvien ryhmiin, joissa oli käytetty vaihtelevia rajavetoja ryhmien erottelussa. Käsitellyissä artikkeleissa rajavedot vaihtelivat 10. persentiilistä (Chu ym., 2019) 35. persentiiliin (Krajewski & Schneider, 2009). Osassa tutkimuksissa jako oli tehty kolmeen ryhmään niin, että väliin on muodostettu matalasti suoriutuvien ryhmä (esim.

Stock ym., 2010). Rajavedon vaihtelevuus dyskalkuliasta kärsivien ja normaalisti suoriutuvien välillä voi olla ongelmallinen, koska se asettaa hankaluuksia verrata eri tutkimuksia keskenään toisiinsa. On näyttöä, että dyskalkuliasta kärsivien ja matalasti suoriutuvien oppilaiden välillä on eroa suoriutumisessa tehtävissä sekä suoriutumisprofiileissa (Desoete ym., 2012; Stock ym., 2010). Siten tutkimukset, joissa rajaveto normaalisti suoriutuvien sekä dyskalkuliasta kärsivien oppilaiden välillä on korkea, sisällyttää matalasti suoriutuvat oppilaat dyskalkuliasta kärsiviin ongelmallisesti niin, että saataviin tuloksiin tulee mahdollisesti virheellistä vaihtelua. Yllä kuvatun problematiikan vuoksi myös diagnosoivan ammattilaisen tulee olla tarkkana tieteellistä kirjallisuutta lukiessaan.

Toinen katsaukseen sisällytettyjen artikkeleiden ongelmista oli koehenkilöiden demografisten tekijöiden homogeenisyys ja siten tulosten huono yleistettävyys, joka on usein puutteena psykologian tutkimuksissa (Henrich ym., 2010). Tutkimukset oli toteutettu pääosin valkoihoisilla koehenkilöillä, ja kaikki länsimaissa. Yleistettävyttä haittaa vielä entisestään eri maiden eroavat koulutusjärjestelmät nykyisen dyskalkulian tutkimuksen keskittyessä ainoastaan länsimaiseen käsitykseen matematiikan oppimisesta ja sen vaikeuksista. Ymmärryksen sekä tasa-arvon lisäämiseksi terveydenhuollossa sekä tieteessä olisi tärkeää laajentaa tutkimuksia myös muille alueille niin etnisesti kuin maantieteellisestikin.

Tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella dyskalkulian aikaisempi tunnistaminen kognitiivisten tekijöiden perusteella on hyvinkin toteutettavissa oleva tavoite. Kasvanut kiinnostus dyskalkulian tutkimusta kohtaan (Lewis & Fisher, 2016) antaa suuntaa sille, että vielä suurilta osin pimennossa olevat aiheuttavat sekä ennustavat tekijät saadaan määritettyä tulevaisuudessa niin, että suurempi määrä lapsia saisi tukea heti koulutien ensiaskeleista alkaen.

Kirjallisuus

- Arseni, A., & Lazar, F. (2012). *Long-term memory : mechanisms, types and disorders*. Nova Science Publishers.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). *Working Memory* (ss. 47–89).
[https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-Term Memory, Working Memory, and Executive Functioning in Preschoolers: Longitudinal Predictors of Mathematical Achievement at Age 7 Years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205–228.
<https://doi.org/10.1080/87565640801982312>
- Butterworth, B., Varma, S., & Laurillard, D. (2011). Dyscalculia: From Brain to Education. *Science*, 332(6033), 1049–1053. <https://doi.org/10.1126/science.1201536>
- Chu, F. W., vanMarle, K., & Geary, D. C. (2013). Quantitative deficits of preschool children at risk for mathematical learning disability. *Frontiers in Psychology*, 4(MAY).
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00195>
- Chu, F. W., vanMarle, K., Hoard, M. K., Nugent, L., Scofield, J. E., & Geary, D. C. (2019). Preschool deficits in cardinal knowledge and executive function contribute to longer-term mathematical learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 188.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.104668>
- Clark, C. A. C., Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology*, 46(5), 1176–1191. <https://doi.org/10.1037/a0019672>
- Connolly, A. (1988). *The key math test - revised*. American Guidance Service, Inc.

- Desoete, A., Ceulemans, A., de Weerd, F., & Pieters, S. (2012). Can we predict mathematical learning disabilities from symbolic and non-symbolic comparison tasks in kindergarten? Findings from a longitudinal study. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1). <https://doi.org/10.1348/2044-8279.002002>
- Geary, D. C., Hoard, M. K., & Hamson, C. O. (1999). Numerical and Arithmetical Cognition: Patterns of Functions and Deficits in Children at Risk for a Mathematical Disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(3), 213–239. <https://doi.org/10.1006/jecp.1999.2515>
- Geary, D. C., & vanMarle, K. (2016). Young children's core symbolic and nonsymbolic quantitative knowledge in the prediction of later mathematics achievement. *Developmental Psychology*, 52(12), 2130–2144. <https://doi.org/10.1037/dev0000214>
- Gilmore, C., Attridge, N., Clayton, S., Cragg, L., Johnson, S., Marlow, N., Simms, V., & Inglis, M. (2013). Individual Differences in Inhibitory Control, Not Non-Verbal Number Acuity, Correlate with Mathematics Achievement. *PLoS ONE*, 8(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067374>
- Ginsburg, H., & Baroody, A. (2003). *Test of Early Mathematical Ability* (3rd Edn). Pro-Ed.
- Grégoire, J., & Desoete, A. (2009). Mathematical Disabilities—An Underestimated Topic? *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27(3), 171–174. <https://doi.org/10.1177/0734282908330577>
- Henrich, J., Heine, S. J., & Norenzayan, A. (2010). Most people are not WEIRD. *Nature*, 466(7302), 29–29. <https://doi.org/10.1038/466029a>
- Izard, V., Sann, C., Spelke, E. S., & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(25), 10382–10385. <https://doi.org/10.1073/pnas.0812142106>
- Jacques, G., Marie-Pascale, N., & Catherine, V. N. (2004). *TEDI-MATH*.

- Krajewski, K., & Schneider, W. (2009). Early development of quantity to number-word linkage as a precursor of mathematical school achievement and mathematical difficulties: Findings from a four-year longitudinal study. *Learning and Instruction*, 19(6). <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.10.002>
- Lewis, K. E., & Fisher, M. B. (2016). Taking Stock of 40 Years of Research on Mathematical Learning Disability: Methodological Issues and Future Directions. *Journal for Research in Mathematics Education*, 47(4), 338–371. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.47.4.0338>
- Mazzocco, M. M. M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Preschoolers' precision of the approximate number system predicts later school mathematics performance. *PLoS ONE*, 6(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023749>
- Mazzocco, M. M. M., & Thompson, R. E. (2005). Kindergarten Predictors of Math Learning Disability. *Learning Disabilities Research and Practice*, 20(3). <https://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2005.00129.x>
- Mikkonen, K., Nikander, K., & Voutilainen Arja. (2015). Oppimisvaikeuksien tunnistaminen ja tukeminen. *Potilaan Lääkärilehti*.
- Parsons, S., & Bynner, J. (2005). *Does numeracy matter more?*
- Rousselle, L., & Noël, M.-P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, 102(3), 361–395. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.01.005>
- Sasanguie, D., de Smedt, B., & Reynvoet, B. (2017). Evidence for distinct magnitude systems for symbolic and non-symbolic number. *Psychological Research*, 81(1), 231–242. <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0734-1>
- Shalev, R. S. (2004). Developmental Dyscalculia. *Journal of Child Neurology*, 19(10), 765–771. <https://doi.org/10.1177/08830738040190100601>

Stock, P., Desoete, A., & Roeyers, H. (2009). Screening for mathematical disabilities in kindergarten. *Developmental Neurorehabilitation, 12*(6).
<https://doi.org/10.3109/17518420903046752>

Stock, P., Desoete, A., & Roeyers, H. (2010). Detecting children with arithmetic disabilities from kindergarten: Evidence from a 3-year longitudinal study on the role of preparatory arithmetic abilities. *Journal of Learning Disabilities, 43*(3).
<https://doi.org/10.1177/0022219409345011>

World Health Organization. (1993). The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders: Diagnostic criteria for research. Teoksessa *The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders: Diagnostic criteria for research*.