

**LUKEMISVAIKEUKSIEN YHTEYS IHON SÄHKÖNJOHTAVUUTEEN JA SYDÄMEN
SYKEVAIHTELUUN HELPOISSA JA VAIKEISSA LUKEMISTEHTÄVISSÄ SEKÄ
VIRHEIDEN VAIKUTUS NÄIHIN REAKTIOIHIN**

Emilia Kettunen & Antti Päivinen

Pro gradu -tutkielma

Psykologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Kesäkuu 2017

KETTUNEN, EMILIA & PÄIVINEN, ANTTI: Lukemisvaikeuksien yhteys ihon sähkönsäätelyyn ja sydämen sykevaihteluun helpoissa ja vaikeissa lukemistehtävissä sekä virheiden vaikutus näihin reaktioihin

Pro gradu -tutkielma, 49 s

Ohjaaja: Noona Kiuru

Psykologia

Kesäkuu 2017

Tämä tutkimus oli osa vuosina 2014 - 2016 toteutettua TIKAPUU – alakoulusta yläkouluun tutkimushanketta. Tutkimuksemme tavoitteena oli selvittää, ovatko lukemisvaikeudet yhteydessä nuorten psykofysiologisiin reaktioihin alkuorientaatiossa sekä helpoissa tai vaikeissa lukemisen tehtävissä. Tarkastelimme myös tehtävien koetun vaikeustason ja virheiden vaikutusta näihin reaktioihin sekä sitä, miten ne näkyvät eri lukemisen osaamistasoryhmillä. Tutkimuksemme otos koostui 103 kuudesluokkalaisesta, jotka jaettiin lukemisen osaamistason perusteella kolmeen ryhmään: nuoriin, joilla ei ollut lukemisen vaikeuksia (n = 52), nuoriin, joilla oli lieviä lukemisen vaikeuksia (n = 24) ja nuoriin, joilla oli suuria lukemisen vaikeuksia (n = 27). Oppilaiden lukutaitoja arvioitiin luokkahuoneympäristössä kahdella sanatason lukemisen osatestillä ja Salzburgin lauseen lukemistestin lyhyellä versiolla. Psykofysiologisten reaktioiden mittareina olivat ihon sähkönsäätely, sydämen lyöntitiheys sekä fysiologista stressiä mittaavat stressi- ja rentoutumisindeksit, joita nuorilta mitattiin yksilötutkimuksissa.

Tutkimuksemme merkittäviä tuloksia olivat se, että niillä nuorilla, joilla ei ollut lukemisen vaikeuksia, fysiologinen rentoutuneisuus (ARV) oli suurempaa alkuorientaation aikana verrattuna niihin nuoriin, joilla oli lieviä lukemisen vaikeuksia. Lievien lukemisen vaikeuksien ryhmässä tehtävien koettu vaikeusaste oli myös positiivisesti yhteydessä fysiologiseen rentoutuneisuuteen (RSA) helppojen tehtävien aikana. Tehtävien koettu vaikeusaste oli negatiivisesti yhteydessä sydämen sykkeeseen (HR) ja positiivisesti fysiologiseen rentoutuneisuuteen (HF). Vaikeiden tehtävien aikana tehtyjen virheiden määrä oli positiivisesti yhteydessä fysiologiseen rentoutuneisuuteen (ARV). Lisäksi suuntaa-antavien tulostemme mukaan ne nuoret, joilla ei ollut lukemisen vaikeuksia tai vaikeudet olivat lieviä, kokivat enemmän fysiologista stressiä sekä helppojen että vaikeiden tehtävien aikana kuin he, joilla vaikeudet olivat suuria. Suuntaa-antavat tuloksemme osoittivat myös, että mitä vaikeammaksi nuoret kokivat tehtävän ja / tai mitä enemmän he tekivät virheitä sekä helppojen että vaikeiden tehtävien aikana, sitä vähemmän he kokivat fysiologista stressiä. Sen valossa, että lukemisvaikeudet ovat kasvava ongelma Suomessa ja, - kuten sekä tuloksemme että aikaisemmat tutkimukset osoittavat -, nuoret kokevat kouluympäristössä jatkuvasti heidän oppimiseensa vaikuttavia emootioiden muutoksia, tähän asiaan pitäisi kiinnittää entistä enemmän huomiota kouluympäristössä. Erot lukemisvaikeuksien laadussa ja psykofysiologisissa reaktioissa lisäävät myös tarvetta yksilölliseen opetukseen. Koulut voisivat ottaa nämä asiat huomioon esimerkiksi opetussuunnitelmissa sekä eritasoisten oppilaiden tukemisessa.

Avainsanat: lukemisvaikeudet, psykofysiologia, autonominen hermosto, ihon sähkönsäätely, sykevaihtelu, varhaisnuoret

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

Department of Psychology

KETTUNEN, EMILIA & PÄIVINEN, ANTTI: Connection between reading difficulties, skin conductance and heart rate changes during easy and hard reading tasks and the effect of task mistakes on those reactions

Master's thesis, 49 pages

Supervisor: Noona Kiuru

Psychology

June 2017

This study was part of STAIRWAY – From Primary School to Secondary School Study in which the data was collected during 2014-2016. Our study aimed to examine if reading difficulties were connected to adolescents' psychophysiological reactions in the beginning orientation and during easy and hard reading tasks. We also investigated how student perception of the task difficulty and the amount of errors in the tasks affected psychophysiological reactions and how would they differ between the reading skill levels. Our sample consisted of 6th graders (n = 103), which were divided into three groups depending on their reading skills: no reading difficulties (n = 52), mild reading difficulties (n = 24) and great difficulties (n = 27). The students' reading skills were evaluated in a class environment with two word reading tests and Salzburg Reading Desk's short version. The psychophysiological measures were skin conductance, heart rate and various indices of physiological stress and relaxation.

We found some significant results in our study. Students without reading difficulties had greater physiological relaxation (ARV) during beginning orientation compared to the young who had mild reading difficulties. Within the mild reading difficulties group, student perception of the task difficulty had also positive connection to physiological relaxation (RSA) during easy tasks. Student perception of the task difficulty had a negative connection to heart rate (HR) and positive connection to physiological relaxation (HF). During hard tasks the amount of errors had a positive connection to physiological relaxation (ARV). Besides significant results we found some marginally significant results. According to these results, groups that had no reading difficulties or mild difficulties, had more physiological stress during easy and hard tasks compared to the group with great reading difficulties. Also, when the subjects felt the tasks were harder and / or they made more mistakes, they felt less physiological stress.

Reading difficulties are an ever-increasing problem in Finland and – as our study and the previous findings suggest - the young people constantly feel changes in emotions that affect their learning. Also, differences in the quality of reading difficulties and psychophysiological reactions raise demand for individual education. Schools could take these issues under consideration when planning the curriculum and in how they can support different kinds of students.

Keywords: reading difficulties, psychophysiology, autonomic nervous system, skin conductance, heart rate variability, early adolescents

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Lukemisvaikeudet varhaisnuoruudessa	2
1.2 Autonomisen hermoston toiminta	6
1.3 Psykofysiologiset reaktiot	7
1.4 Lukemisvaikeudet ja psykofysiologiset reaktiot	8
1.5 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset	12
2. MENETELMÄT	13
2.1 Tutkittavat	13
2.2 Mittarit ja muuttujat	16
2.3 Aineiston analyysi	18
3. TULOKSET	20
3.1 Lukemisvaikeuksien yhteydet ihon sähkönjohtavuuteen ja sydämen sykevaihteluun	20
3.2 Tehtävien koetun vaikeustason ja tehtyjen virheiden vaikutus ihon sähkönjohtavuuteen ja sydämen sykevaihteluun	23
3.3 Tehtyjen virheiden ja koetun vaikeustason yhteydet psykofysiologisiin reaktioihin lukemisvaikeustason mukaan	31
3.4 Tehtävien koettu vaikeusaste paljon ja vähän virheitä tehneillä koehenkilöillä	32
4. POHDINTA	35
LÄHTEET	41

1. JOHDANTO

Lukemisvaikeudet ovat kasvava ongelma Suomessa. PISA-tutkimuksen (PISA 2012) mukaan suomalaisten nuorten ja erityisesti poikien lukutaidon taso on jo useampana vuonna heikentynyt (Arffman ja Nissinen, 2012). Tutkimustulosten mukaan Suomessa on tuhansia heikosti lukevia nuoria, joiden peruskoulun jälkeinen heikko lukutaito rajoittaa heidän jokapäiväistä elämäänsä sekä vaikuttaa haitallisesti jatko-opintoihin ja työelämään. Koulujen keinot tukea motivaatiota vaikuttavat siihen, millä laajuudella nuoret mukautuvat koulun vaatimuksiin (Gowers, 2005). Tällä puolestaan on kauaskantoiset vaikutukset, koska koulutuksellisten saavutusten on todettu olevan suoraan yhteydessä työelämän saavutuksiin.

Tunteet ovat keskeisiä oppimisessa, mutta kauaskantoisista vaikutuksista huolimatta oppilaiden tunteista kouluympäristössä on tehty vain vähän tutkimusta (Hinton, Miyamoto & Della-Chiesa, 2008). Lapset ja nuoret kokevat kouluympäristössä joka päivä emotionaalisten ja fysiologisten tilojen muutoksia, jotka vaikuttavat heidän suoriutumiseensa (Amsterlaw, Lagattuta & Meltzoff, 2009). Amsterlaw kollegoineen (2009) viittaavat tutkimustuloksiin siitä, että negatiivisten emotionaalisten tilojen on todettu olevan yhteydessä oppilaiden heikompaan suoriutumiseen esimerkiksi joustavassa ajattelussa, ongelmanratkaisussa ja muistitehtävissä. Hintonin ym. (2008) mukaan koulujen tulisikin kiinnittää huomiota oppilaiden suoriutumisen sijasta oppimiseen prosessina ja keskittyä oppilaiden oppimisen kehittymiseen. Oppimisen on todettu olevan tehokkaampaa, mikäli opettajat auttavat oppilaita minimoimaan stressiä ja pelkoa koulussa sekä opettavat heille tunteiden säätelystrategioita. Oppilaiden tietoisuus omista tunnetiloistaan ja kyky niiden säätelyyn ovat merkityksellisiä koulussa menestymisen kannalta (Amsterlaw, Lagattuta & Meltzoff, 2009). Oppilaat voivat oppia säätelemään negatiivisia emotionaalisia reaktioitaan esimerkiksi uudelleen arvioimalla erilaisten suoriutumistilanteiden uhkaavuutta niin, että he pystyvät keskittymään pelon sijasta ongelman ratkaisemiseen (Hinton ym. 2008). Opettajien tulisi myös aktiivisesti puuttua esimerkiksi koulukiusaamiseen, joka aiheuttaa oppilaille paljon tarpeetonta stressiä ja pelkoa.

Negatiivisten emotionaalisten tilojen lisäksi myös alhaisella motivaatiolla on todettu olevan samanlaisia negatiivisia vaikutuksia tehtävissä suoriutumiseen (Amsterlaw, Lagattuta & Meltzoff, 2009). Ihannetilanteessa koulut tarjoaisivat siis oppilaille sekä positiivisen että motivoivan oppimisympäristön. Opettajat voivat lisätä oppilaiden motivaatiota esimerkiksi tukemalla heidän omia kykyuskomuksiaan. Tämä voi tapahtua esimerkiksi jo aiemmin mainitulla keskittymisellä yksilölliseen oppimisen kehittymiseen.

Oppimisvaikeuksien yhteyttä aivotoimintaan on tutkittu melko paljon (esim. Dykman, Ackerman, Holcomb, & Boudreau, 1983; Gaddes, 2013), mutta psykofysiologisten reaktioiden – kuten ihon sähkönjohtavuuden ja sydämen sykkeen - tutkimus on ollut vähäisempää. Suuri osa lasten oppimisvaikeuksia käsittelevästä psykofysiologisesta tutkimuksesta on vanhaa eli 1970- ja 1980-luvuilla tehtyä ja lisäksi näiden tutkimusten tulokset ovat olleet hyvin vaihtelevia.

Tutkimusta niin psykofysiologisten reaktioiden ja oppimisvaikeuksien yhteydestä kuin tunteista kouluympäristössäkkin on siis tehty vähän. Tutkimusten vähyyden ja ristiriitaisuuden vuoksi tutkimuksemme on tärkeää. Tutkimuksemme tavoitteena oli selvittää lukemisvaikeuksien yhteyttä psykofysiologisiin reaktioihin eli ihon sähkönjohtavuuteen, sydämen sykevaihteluun sekä stressi- ja rentoutumisindekseihin helppojen ja vaikeiden lukemisen tehtävien aikana. Lisäksi tavoitteenamme oli selvittää koetun vaikeustason ja virheiden vaikutusta näihin reaktioihin sekä sitä, miten ne näkyvät eri lukemisen osaamistasoryhmillä. Sen valossa, että lukemisvaikeudet ovat kasvava ongelma Suomessa ja nuoret kokevat kouluympäristössä jatkuvasti heidän oppimiseensa vaikuttavia emootioiden muutoksia, tämän aihealueen tutkiminen on ensiarvoisen tärkeää. Mitä enemmän tutkimustietoa saadaan nuorten kouluympäristössä kokemista tunnetiloista, sitä paremmin koulut voisivat huomioida ne esimerkiksi opetussuunnitelmissa sekä tarjoamalla opettajille tarpeeksi informaatiota ja keinoja eri tasoisten oppilaiden emootioiden kokemisen ja motivaation tukemiseen.

1.1 Lukemisvaikeudet varhaisnuoruudessa

Nuoruusikä on lapsuudesta aikuisuuteen siirtymisen vaihe, joka voidaan karkeasti jakaa kolmeen vaiheeseen; varhaisnuoruuteen eli ikävuosiin 12 - 14, keskinuoruuteen eli vuosiin 15 – 17 ja myöhäisnuoruuteen 18 ikävuodesta alkaen (Marttunen, 2009). Nuoruusiässä tapahtuu paljon fyysiseen kasvuun, keskushermostoon ja hormonitoimintaan liittyviä muutoksia, jotka vaikuttavat tunne-elämän, kognitiivisten toimintojen, käyttäytymisen ja ihmissuhteiden muutoksiin. Kouluympäristössä loogisen päättelyn kehittyneet kyvyt tulevat esille esimerkiksi eritasoisten matemaattisten ongelmien ratkaisukykyinä (Gowers, 2005). Hypoteettisen ajattelukyvyyn kehittyminen mahdollistaa asioiden pohtimisen eri näkökulmista ja abstraktimman ajattelukyvyyn kehittyminen mahdollistaa abstraktien käsitteiden ymmärtämisen. Aivojen kehittyessä kognitiiviset ja käytökseen liittyvät järjestelmät kypsyvät nuorilla eri tahtiin tehden tästä ajanjaksosta erityisen haavoittuvan (Steinberg, 2005).

Lukemisen yksinkertainen näkökulma (the simple view of reading) määrittelee lukutaidon sanojen tunnistamisen eli dekodauksen ja lukemisen ymmärtämisen taitojen kautta (Cutting, Eason, Young & Alberstadt, 2009; Kamhi & Catts, 1991; Torppa ym., 2007). Näitä kahta taitoa on vaikeaa erottaa toisistaan lukemaan oppimisen varhaisissa vaiheissa, mutta lasten kehittyessä sujuvammiksi lukijoiksi, lukemisen ymmärtämisen kyky eriytyy selkeämmin sanojen tunnistamisen kyvystä (Torppa ym., 2007). Kirjaintietouden ja fonologisen tietoisuuden - eli kyvyn havaita ääneen puhuttujen sanojen äänneitä - on todettu olevan tarkkoja sanojen tunnistamisen ennustajia. Kirjain-äännevastaavuuksiltaan hyvin säännönmukaisissa kielissä näiden lisäksi sanojen nimeämisen nopeuden - eli nopean jaksoittaisten visuaalisten symbolien nimeämisen -, on todettu ennustavan lukemisen taitoa. Nopean nimeämisen ja lukutaidon yhteys näissä kielissä selittyy säännönmukaisella kirjain-äännevastaavuudella (Seymour, Aro & Erskine, 2003; Torppa ym., 2007), ja se on selkeästi yhteydessä myös lukutaidon kehityksen nopeuteen (Aro, 2004; Seymour, Aro & Erskine, 2003; Lyytinen, 2010; Torppa ym., 2007). Sujuvalla lukijalla lukeminen on nopeaa sanojen tunnistamisen ollessa automatisoitunutta (Lerkkanen, Poikkeus & Ketonen, 2007). Kirjoitusjärjestelmältään säännönmukaisissa kielissä, kuten Suomen kielessä, lukemisen vaikeudet näkyvätkin yleensä juuri lukemisen sujumattomuutena ja hitautena, kun taas esimerkiksi englanninkielisillä lapsilla lukemisvaikeus näyttäytyy lukutaidon saavuttamisen hankaluutena ja lukemisen epätarkkuutena (Leppänen ym., 2006). Tässä tutkimuksessa lukemisvaikeudet määriteltiin kirjain-äännevastaavuudeltaan läpinäkyvän Suomen kielen kehityksen ja ominaisuuksien puitteissa käyttäen lukemisvaikeuksien mittarina lukemisen sujuvuutta.

Lukeminen on monimutkainen tapahtuma, joka edellyttää useiden eri osataitojen hallintaa ja monien aivotoimintojen yhteistoimintaa (Leppänen, Aro, Hämäläinen & Vesterinen, 2006; Lyytinen, Ahonen, Korhonen, Korkman & Riita., 2005). Lukemisen ymmärtäminen, muistaminen ja soveltaminen vaativat sanojen tunnistamista, syntaktista prosessointia eli lauseiden muodostamista sanoista kielioppisääntöjen mukaan sekä yhtenäisen kokonaisuuden luomista yhdistelemällä toisiinsa lauseita, virkkeitä ja aikaisempaa tietoa (Leppänen ym., 2006). Lukemaan oppiminen määritellään puhumaan oppimisen tavoin biologisten, kognitiivisten, psykososiaalisten ja ympäristöön liittyvien tekijöiden vuorovaikutuksena (Kamhi & Catts 1991). Lukemisen prosessoinnista on kehitetty erilaisia taso- ja vaihemalleja (Sheriston, Critten & Jones, 2016), mutta yhdenmukaisin lukemisen malli tällä hetkellä on kaksois-reittiteoria (Hinton ym. 2008). Lukemisen kaksois-reittimallien (dual-route models) mukaan kirjoitetun kielen prosessointi saavutetaan kahden erillisen, mutta vuorovaikutteisen reitin - leksikaalisen eli sanastollisen (lexical) ja epäleksikaalisen eli ei-sanastollisen (non-lexical) - kautta (Rapcsak, Henry, Teague, Carnahan & Beeson, 2007).

Leksikaalinen reitti aktivoi sanatarkkoja oikeinkirjoituksia sekä fonologista muistirepresentaatioita ja täten sen kautta voidaan prosessoida tuttuja sanoja. Tämän reitin kautta kirjaimet tai sanat muutetaan äänteiksi (Hinton ym., 2008). Ei-leksikaalinen reitti hyödyntää prosessoinnissa tavutuksen vastaavuuden sääntöjä, jolloin sen avulla voidaan tunnistaa epäsanoina ja sellaisia säännönmukaisia sanoja, jotka noudattavat kielen foneemi-grafeemi muunnossääntöjä (Rapcsak ym., 2007). Tämän reitin kautta kirjaimet ja sanat saavat merkityksen (Hinton ym., 2008). Kaksoisreittiteoria on kehitetty pääosin englanninkielisiin lapsiin kohdistuneen tutkimuksen perusteella, joten kirjain-äännevastaavuuksiltaan läpinäkyvissä kielissä ei-leksikaalisen reitin merkitys lukemisen prosessissa saattaa olla vähäisempi kuin epäsäännönmukaisissa kielissä.

Lukemisen vaikeudet lukeutuvat oppimisvaikeuksiin, jotka ovat neurokehityksellisiä häiriöitä (Amerikan psykiatrisen yhdistys, 2013). Lukemisen vaikeuksiin liittyvät diagnostiset kriteerit ovat sanojen lukemisen epätarkkuus, lukemisen hitaus tai sujumattomuus ja lukemisen ymmärtämisen vaikeudet. Dysleksia on vaihtoehtoinen termi, jolla viitataan vaikeuksiin esimerkiksi sanan tunnistuksen tarkkuudessa, dekodauksessa ja tavutustaidoissa. Dysleksiasta puhutaan Suomessa silloin, jos lukemisen sujumattomuus haittaa merkittävästi luetun ymmärtämistä kolmannen kouluvuoden jälkeen (Lyytinen, 2010). Jokapäiväistä elämää hankaloittavia lukemisvaikeuksia esiintyy arviolta 6-7 prosentilla väestöstä (Leppänen ym., 2006) ja dysleksian yleisyydeksi on arvioitu 3-6 prosenttia (Lyytinen, 2005). Lukemisvaikeudet ovat vahvasti perinnöllisiä (Niilo Mäki - Instituutti), lukutaidon variaatiosta noin 60 prosenttia voidaan katsoa perintötekijöistä johtuvaksi (Lyytinen ym., 2005). Lukemisen ja kirjoittamisen vaikeudet esiintyvät usein yhdessä, jolloin viitataan termiin lukivaikeus (Niilo Mäki-Instituutti).

Ongelmia lukemisen vaikeuksien diagnostisissa kriteereissä tuottavat heikon lukemisen rajan ymmärtäminen ja kielten välisten erojen tulkitseminen (Leppänen ym., 2006). Suurella osalla ihmisistä, joille lukeminen on vaikeaa, ei ole lääkärin tekemää virallista diagnoosia lukemisvaikeudesta (Järviluoma ym., 2014). Lukemisvaikeuksilla tarkoitetaan yleensä sitä, että henkilö ei ole oppinut normaalissa ajassa ja tavanomaisin opetusmenetelmin lukemaan (Niilo Mäki - Instituutti). Lukemisvaikeuksien taso vaihtelee; osalla lapsista vaikeudet ovat lieviä ja menevät suurelta osin ohi koulun alkuvuosina, kun taas osalla vaikeudet ovat hyvin selkeitä ja saattavat kestää jopa koko elämän ajan. Tässä tutkimuksessa tutkittavien luokittelu lukemisvaikeusryhmiin ei perustunut oppimisvaikeusdiagnooseihin vaan oppimisvaikeudet on määritetty lieviksi ja hankaliksi lukemisen pulmiksi persenttiilirajojen ja ikäluokan mukaan normitettujen arvojen perusteella.

Lukemisvaikeuden ennusmerkkejä saattaa olla näkyvissä jo varhaisessa kielen kehityksessä (Leppänen ym., 2006; Lyytinen H. & Lyytinen, P., 2006). Lyytinen kollegoineen (2006; 2010; 2015) totesi monipuolisessa dysleksian pitkittäistutkimuksessaan, että on olemassa ainakin kolme lukemisen vaikeuksiin johtavaa reittiä, jotka voivat häiriintyä lapsen kehityksessä. Selkeimmin näissä reiteissä tulevat esille ongelmat fonologisessa tietoisuudessa, nimeämisen nopeudessa tai kirjaintietoudessa. Heidän tutkimuksensa mukaan lukivaikeuden ilmaantumista ennakoivat parhaiten neljävuotiaan vaikeus painaa mieleensä kirjainten nimiä (Lyytinen H. & Lyytinen P., 2006). Fonologisen tietoisuuden ja nopean nimeämisen on todettu useissa muissakin tutkimuksissa olevan vahvoja lukemisen kehityksen ennustajia (toisen käden viite, Torppa ym., 2013). Fonologisen vajauksen hypoteesin (the phonological-deficit hypothesis) mukaan varhaiset vaikeudet fonologisen tietoisuuden saavuttamisessa häiritsevät sanan tunnistamisen mekanismeja ja täten lukemistaidon kehitystä (Heikkilä, 2015; Torppa ym., 2013; Wimmer, Mayringer & Landerl, 2000). Kaksoisvajauksen hypoteesin (the double-deficit hypothesis) mukaan lukemisvaikeuksia ennustaa fonologisen tietoisuuden lisäksi yhtä paljon myös nimeämisen nopeus. Kaksoisvajauksen hypoteesi on saanut paljon vahvistusta useista eri kielillä ja erilaisilla otoksilla tehdyistä tutkimuksista (toisen käden viite, Heikkilä 2015). Yksi Suomessa tehty tutkimus on Torpan ja kollegoiden (2013) tekemä tutkimus, jossa he seurasivat lapsia päiväkodista peruskoulun toiselle luokalle. Tutkimukseen osallistui 1006 sellaista suomalaista lasta, jotka eivät osanneet lukea koulun alkaessa. Tutkimuksen mukaan vaikeus yksistään sanojen nopeassa nimeämisessä ennusti lukemisen sujuvuuden vaikeuksia ja fonologisen tietoisuuden vaikeus ennusti lukemisen sujuvuuden lisäksi epäsanojen tavutuksen oikeellisuutta. Torpan ja kollegoiden (2013) mukaan suurimmat lukemisen vaikeudet esiintyvätkin heillä, joilla on vaikeuksia sekä fonologisessa tietoisuudessa että nopeassa nimeämisessä.

Lukivaikeuksien selitysmalleista osa on luonteeltaan kognitiivisia ja osa neurobiologisia (Lyytinen, 2005). Ne eivät kata kaikkia lukivaikeuksia eivätkä ole toisiaan poissulkevia. Lukemiskykyyn vaikuttaa lisäksi motivationaaliset tekijät, joten myös lukemisen ongelmat voivat johtua monista eri tekijöistä (Kamhi & Catts., 1991). Korkean motivaation ja positiivisten asenteiden on johdonmukaisesti todettu olevan yhteydessä parempaan lukemisen kykyyn ja säännöllisempään lukemiseen (Arffman & Nissinen, 2015; Baker & Wigfield, 1999; Lazarus & Callahan, 2000; McKenna, Kear & Ellsworth, 1995). Opitulla avuttomuudella on myös todettu olevan vaikutusta koulussa menestymiseen (Teodorescu & Erev., 2014). Opittu avuttomuus on Seligmanin luoma käsite, jolla tarkoitetaan sitä, että aiemmat hallitsemattomuuden kokemukset kontrolloimattomissa olosuhteissa voivat myöhemmin vaikuttaa haitallisesti oppimiseen ja johtaa avuttomuuteen myös muuttuneissa tilanteissa.

1.2 Autonomisen hermoston toiminta

Ihmisen hermosto voidaan jakaa ääreishermostoon sekä keskushermostoon. Ääreishermosto jaetaan edelleen kahteen osaan: autonomiseen hermostoon sekä somaattiseen hermostoon. Autonominen hermosto on vastuussa elimistön toiminnoista, kuten sydämen sykkeestä, verenpaineesta, hengityksestä, kehon lämpötilan säätelystä sekä ruoansulatuksesta (Andreassi, 2007). Autonominen hermosto koostuu kahdesta erilaisesta järjestelmästä: sympaattisesta- ja parasympaattisesta hermostosta (Endler & Kocovski, 2003).

Andreassin (2007) mukaan sympaattinen hermosto hallinnoi niitä toimintoja, jotka aktivoituvat stressireaktion laukaisevissa tilanteissa. Niin sanotussa ”taistele tai pakene” -tilanteessa sympaattinen hermosto kiihdyttää sydämen sykettä, nostaa verenpainetta, lisää hikoilua, laajentaa pupilleja, nostaa verensokerin määrää, lisää verenkiertoa tahdonalaisissa lihaksissa ja vähentää verenkiertoa sisäelimissä. Walter B. Cannon kuvaili ”taistele tai pakene” -reaktion ensimmäistä kertaa vuonna 1915 (Andreassi, 2007). Äärimmäisen stressireaktion tarkoituksena on parantaa todennäköisyyttä selvitä uhkaavista tilanteista (Cannon, 1932). Stressireaktion pitkittyminen on kuitenkin yhteydessä sydän- ja verisuonitauteihin (Jacobs, 2001). Parasympaattinen hermosto on vastaavasti vastuussa toiminnoista, jotka liittyvät lepoon ja rentoutumiseen. Tällöin ruoansulatusjärjestelmä aktivoituu, syljen erityis lisääntyy, sydämen lyöntitiheys heikkenee, pupillit supistuvat ja verenkierto lisääntyy sukuelimissä (Andreassi, 2007).

Autonomisen hermoston toiminnassa kiertäjähermolla (vagus) on olennainen osa. Kiertäjähermo on kymmenes aivohermo, joka sijaitsee aivorungon ydinjatkeessa. Kiertäjähermön aktiivisuuden voidaan katsoa olevan indikaattori yksilön kyvystä säädellä fysiologista tilaansa (Porges, 1998). Kiertäjähermo toimii välittäjänä sisäelinten ja aivojen kommunikaatiossa (Porges, 2003). Porgesin (1995, 1997, 1998, 2001, 2007) polyvagaalisen teorian mukaan kiertäjähermolla on kaksi erillistä haaraa, jotka säätelevät ihmisen toimintaa stressireaktion käsittelyssä. Teorian mukaan kiertäjähermön haarat ohjaavat nisäkkäiden käytöstä stressireaktion tuottavissa tilanteissa. Teoria jakaa autonomisen hermoston ventraaliseen (vatsanpuoleiseen) ja dorsaaliseen (selänpuoleiseen) kiertäjähermoon. Näistä ventraalinen kiertäjähermo säätelee erityisesti tunteita ja sosiaalisuutta turvalliseksi koetuissa tilanteissa. Ventraalisen kiertäjähermön aktiivisuutta voidaan epäsuorasti mitata respiratorisen sinusarytmian (RSA) avulla (Porges, 2001). Dorsaalinen kiertäjähermo vastaavasti säätelee uhkatilanteissa mahdollista jähmettymisreaktiota (Porges, 2001; Porges, 2007).

1.3 Psykofysiologiset reaktiot

Psykofysiologisilla reaktioilla tarkoitetaan hermoston tuottamia fyysisiä vasteita tiettyihin psyykkisiin reaktioihin (Andreassi, 2007). Tutkimuksemme psykofysiologisten reaktioiden mittareina toimivat ihon sähkönjohtavuus, sydämen lyöntitiheys sekä fysiologista stressiä mittaavat stressi- ja rentoutumisindeksit, joita mitattiin alkuorientaatiovaiheessa sekä helppojen ja vaikeiden tehtävien aikana. Alkuorientaation aikana tutkittavat vastasivat lukemistehtäväparia edeltäviin kysymyksiin esimerkiksi tunteista, motivaatiosta ja ajatuksista sekä tekivät lukemisen harjoitustehtäviä.

Sydämen syke on useimmiten käytetty kardiovaskulaarisen psykofysiologian mittari sydämen aktiivisuudesta (Andreassi, 2007). Sen lisäksi sydämen aktiivisuuden ja autonomisen hermoston toiminnan mittarina toimii sydämen sykevälivaihtelu (HRV), joka tarkoittaa ajallista eroa peräkkäisten sydämen lyöntien välillä. Sympaattinen sekä parasympaattinen hermosto säätelevät molemmat HRV:n toimintaa (Malliani, Pagani, Lombardi, & Cerutti, 1991). HRV:n tiedetään muuttuvan esimerkiksi stressin ja tiettyjen sydänsairauksien myötä. Sympaattisen hermoston toiminta nostaa sydämen sykettä ja laskee HRV:ta kun taas parasympaattisen hermoston aktiivisuus laskee sydämen sykettä ja nostaa HRV:ta (Berntson, et al., 1997). Levollisessa tilanteessa parasympaattinen hermosto vaikuttaa sympaattisen hermoston sijasta, jolloin sydämen syke laskee ja HRV:n arvot kasvavat (Montano et al. 2009). HRV voidaan jakaa kolmeen osaan, korkeaan taajuuteen (0.15-0.4 Hz), matalaan taajuuteen (0.04-0.15 Hz) ja erittäin matalaan taajuuteen (<0.04 Hz). HRV:n näkyvin vaikutus on respiratorinen sinusarytmia. RSA esittää muutosta sydämen sykkeessä luontaisen hengitysjakson aikana. RSA vaihtelee 0.15 ja 0.4 Hz:n välillä, joka on HRV:n korkea taajuus. Pääasiassa parasympaattinen hermosto säätelee HRV:n korkeaa taajuutta (Berntson et al., 1997; Laitio, Jalonen, Kuusela, & Scheinin, 2007). HRV on suosittu mittari tutkimuksissa sekä kliinisessä ympäristössä (Billman, 2011). Ensimmäistä kertaa HRV:tä käytettiin kliinisenä mittarina vuonna 1915 Eppingerin ja Hessin toimesta (toisen käden viittaus Porges, 2007).

Elektrodermaalinen aktiivisuus (EDA) viittaa yleisesti iholla tapahtuvaan jatkuvaan sähköisten ilmiöiden muutokseen (Dawson, Schell, & Filion, 2000). Muutos voi ilmetä esimerkiksi ihon sähkönjohtavuuden (SC) vaihtelussa. Ihon sähkönjohtavuutta tarkastelemalla voidaan tutkia vasteita, jotka havaitaan muutamien sekuntien sisällä saadusta ärsykkeestä, sekä pidemmällä aikavälillä tapahtuvia muutoksia ihon sähkönjohtavuudessa. Nopeita muutoksia ihon sähkönjohtavuudessa voidaan havaita myös ilman selviä ärsykejä (Hugdahl, 1995). EDA:ta on

käytetty emootioiden vaihtelun sekä yleisen ahdistuneisuuden mittaamiseen (Mendes, 2009). Muutokset EDA:ssa riippuvat pienten hikirauhasten erittämän hien määrästä. Nämä rauhaset sijaitsevat pääosin kämmenissä sekä jalkapohjissa (Groscurth, 2002). Kämmenten hikirauhaset eivät reagoi herkästi lämpötilan vaihteluun, mutta ne reagoivat psykologisiin ärsykkeisiin, kuten stressiin, ahdistukseen ja pelkoon sekä sensorisiin ärsykkeisiin. Ihon sähkönjohtavuuden on havaittu kasvavan, kun koetaan seuraavia emootioita: ahdistuneisuutta, pelkoa, vihaa, inhoa, huvittuneisuutta ja mielihyvää (Kreibig, 2010). EDA on herkkä erilaisille ärsykkeille, joten tutkijoiden on oltava tarkkana sen vaihtelua mitatessa (Andreassi, 2007). Ajatukset ja sisäiset ärsykkeet voivat vaikuttaa EDA:n arvoihin. Vastaavia ärsykejä kutsutaan spontaaneiksi vasteiksi. Myös ympäristön lämpötilalla ja kosteudella on vaikutusta ihon sähkönjohtavuuteen.

Erilaisten ärsykkeiden vaikutus ihon sähkönjohtavuuteen raportoitiin ensimmäistä kertaa vuonna 1888 ranskalaisen neurologin Charles Feren toimesta. Carl Jung hyödynsi 1900-luvulla EDA:ta emotionaalisten reaktioiden mittaamiseen (toisen käden viittaus Andreassi, 2007). Ihon sähkönjohtavuusvasteisiin liittyvät aivojen toiminnot ovat yhteydessä emotionaalisiin prosesseihin (Büchel, Morris, Dolan & Friston, 1998).

1.4 Lukemisvaikeudet ja psykofysiologiset reaktiot

Oppimisvaikeuksien on todettu olevan yhteydessä ahdistuneisuuteen. Nelsonin ja Harwoodin (2011) 58 tutkimusta sisältävän meta-analyysin mukaan oppilaat, joilla on oppimisvaikeuksia, ovat ahdistuneempia kuin he, joilla ei ole oppimisvaikeuksia. Lukemisvaikeuksien yhteydestä psykofysiologisiin reaktioihin on kuitenkin tehty vain vähän tutkimusta. Suurin osa tästä tutkimuksesta on myös vanhaa ja tutkimustulokset ovat ristiriitaisia. Tutkimuksissa on esimerkiksi todettu, että oppimisvaikeuksista kärsivät lapset saavat kontrolliryhmän lapsia korkeampia arvoja ihon sähkönjohtavuudesta ja sydämen sykkeestä (Ackerman, Dykman & Peters, 1977; Zahn, Little & Wender, 1978), mutta toisaalta osassa tutkimuksia aktiivisuuden on todettu olevan päinvastaista ryhmien välillä (Rugel & Rosenthal, 1974; Satterfield, Atoian, Brashears, Burleigh, & Dawson, 1974) tai ryhmien välillä ei ole todettu olevan lainkaan eroja (Dykman, Ackerman, Oglesby & Holcomb, 1982; Zahn, Abate, Little & Wender, 1975). Psykofysiologisina mittareina tutkimuksissa on käytetty sydämen sykettä (Zahn et al., 1975; Zahn et al., 1978.) ja ihon sähkönjohtavuutta (Ackerman et al., 1977; Rugel & Rosenthal, 1974; Zahn et al., 1975; Zahn et al., 1978). Osassa tutkimuksia on mitattu myös pulssivolyymia, ihon lämpötilaa sekä pupillien kokoeroa (Dykman et al., 1983). Tutkittavien

heterogeenisyys on aiheuttanut ongelmia, sillä tutkimuksissa on esimerkiksi laitettu samaan ryhmään oppimisvaikeuden tasolta vaihtelevia tutkittavia (Dykman et al., 1983). Oppimisvaikeuksisten lasten kanssa on tutkittu myös tarkkaavaisuushäiriöisiä, yliaktiivisia sekä lievistä aivotoiminnan häiriöstä (minimal brain dysfunction, MBD) kärsiviä lapsia (Ackerman et al., 1977; Dykman et al., 1983; Rugel & Rosenthal, 1974; Zahn et al., 1975; Zahn et al., 1978). MBD:n diagnostiikkaan kuului oppimisvaikeuksia sekä motoriikan ja tarkkaavaisuuden häiriöitä. Oppimisvaikeuksiin liittyvä diagnostiikka on myös muuttunut ajan myötä, eikä MBD:tä enää ole ICD-10-tautiluokituksessa.

MBD:tä käsittelevissä tutkimuksissa oppimisvaikeudet ovat olleet osa tutkimusta (Rugel & Rosenthal, 1974; Zahn et al., 1978). Zahnin ja kumppaneiden tutkimuksessa tutkittiin 32 MBD diagnoosin saanutta lasta ja 45 kontrollia. Tutkimuksessa tarkasteltiin stimulanttien vaikutusta psykofysiologisiin reaktioihin ja reaktioaikaan. Rugelin ja Rosenthalin tutkimuksessa oppimisvaikeuksisia lapsia oli 28 (keski-ikä 10,8) ja kontrolleja 28 (keski-ikä 10,5). Oppimisvaikeusryhmän lapset jaettiin edelleen familiaalisen (n=14) ja ei-familiaalisen (n=13) oppimisvaikeuden ryhmiin. Oletuksena oli, että perinnöllisten riskitekijöiden johdosta familiaalisen oppimisvaikeuden ryhmään kuuluvilla ei olisi MBD:tä ja vastaavasti ei-familiaaliseen ryhmään kuuluvien oppimisvaikeudet johtuisivat MBD:stä. Tutkimuksessa ihon sähkönjohtavuutta mitattiin henkilöiden tehdessä reaktioaikaa mittaavaa tehtävää sekä passiivisen olemisen aikana. Oppimisvaikeuksiset lapset saivat kontrolleja korkeampia arvoja ihon sähkönjohtavuudesta ja sydämen sykkeestä.

Tutkimusten pääasiallisena kohteena ovat olleet myös tarkkaavaisuuden häiriöt oppimisvaikeuksien sijasta (Ackerman et al., 1977; Zahn et al., 1978). Ackermanin ja kumppaneiden tutkimuksessa koehenkilöt jaettiin neljään ryhmään: 23 yliaktiivista oppimisvaikeuksista lasta, 14 aliaktiivista oppimisvaikeuksista lasta, 25 aktiivisuudeltaan normaalia oppimisvaikeuksista lasta ja 31 kontrollia. Tutkittavien keski-ikä oli tutkimuksen alkaessa 10 vuotta ja uudelleen arvioinnin aikaan 14 vuotta. Kuten Zahnin (1978) myös Ackermanin tutkimuksessa oppimisvaikeuksiset lapset saivat korkeampia ihon sähkönjohtavuuden ja sydämen sykkeen arvoja.

Yksi uusimmista psykofysiologian ja lukemisvaikeuksien yhteyksiä käsittelevistä tutkimuksista on Tobian, Bonifaccin, Ottavianin, Borsaton ja Marzocchin vuonna 2015 tekemä tutkimus. He tutkivat lukemisen aikaista fysiologista aktivaatiota nuorilla, joilla oli dysleksia (n=16) sekä normaalisti lukevilla nuorilla (n=16). Nuorten ikä vaihteli kolmannelta luokasta kahdeksanteen luokkaan eli 8 vuodesta 13 vuoteen. Lapsilta mitattiin ihon sähkönjohtokykyä neljän lukemisen tehtävän aikana. Tutkimuksessa todettiin, että dysleksiasta kärsivillä lapsilla oli kontrolliryhmään verrattuna merkittävästi heikommat ihon sähkönjohtavuuden vasteet ääneen lukemisen tehtävässä.

Muissa tehtävissä psykofysiologisia eroja ryhmien välillä ei havaittu. Tobia kollegoineen (2015) ehdottaakin, että dysleksiasta kärsivät lapset saattavat havaita ääneen lukemisen uhkana, joka aktivoi autonomisen vasteen. Heikko tai heikentynyt ihon sähkönjohtavuus saattaa olla Tobian ja kollegoiden (2015) mukaan yhteydessä kognitiivisiin tunteidensäätelystrategioihin, joilla pyritään kontrolloimaan ärsykkeen herättämiä negatiivisia tunteita. Tunteidensäätelystrategiat madaltavat fysiologista reagoitua emotionaalisiin ärsykkeisiin (Denson, Moulds, & Grisham, 2012). Tällaisia strategioita ovat esimerkiksi ajatusten uudelleenmuotoilu (reappraisal) ja harhautus (distraction). Kognitiivisella uudelleenmuotoilulla tarkoitetaan sitä, että yksilö tulkitsee mahdollisen negatiivisia emootioita esille tuovan tilanteen uudelleen myönteisemmin (Gross, 2002) ja harhautuksessa yksilö pyrkii olemaan ajattelematta negatiivisia tunteita aiheuttavia asioita keskittymällä johonkin muuhun ulkoiseen ärsykkeeseen (Denson, Moulds, & Grisham, 2012). Sympaattisen hermoston heikentynyttä aktiivisuutta on havaittu myös huolestuneilla ja masentuneilla henkilöillä (Tobia ym., 2015).

Toinen mahdollinen selitys tälle tulokselle on se, että tietyn tyyppinen kognitiivinen kuormitus saattaa vähentää elektrodermaalisen aktiivisuuden viriämistä. Nuoret saattavatkin pelätä muiden tuomitsevan heitä heidän lukemisen vaikeuksiensa takia, jolloin häpeä lisää heidän kognitiivista kuormitustaan. Tobia kollegoineen (2015) viittaavat tässä varhaisiin tutkimuksiin siitä, että ihon sähkönjohtavuus usein vähenee stressaavien tehtävien aikana, koska ne vaativat suurempaa huomion keskittämistä. Toisaalta on havaittu myös, että huomiota vaativat tehtävät ovat yhteydessä myös suurempaan psykofysiologiseen viriämiseen ja alhainen ihon sähkönjohtavuus saattaisi heijastaa myös tarkkaavaisuuden puutteita tehtävän teon aikana. Tämä tarkkaavaisuuden puute voisi johtua passiivisesta asenteesta lukemisen tehtävää kohtaan. Tutkimustulokset olivat Tobian ja kollegoiden (2015) hypoteesin vastaisia, sillä dysleksialasten ihon sähkönjohtavuuden oletettiin kasvavan lukemisen tehtävissä. Tämän tutkimuksen suurena heikkoutena on pieni otoskoko ja laaja ikähaarukka.

Lukemiseen liittyvää ahdistusta on myös tutkittu. Hinton kollegoineen (2008) on todennut, että lapsen lukiessa kaksi aivojen suurta verkostoa yhdistyvät niin, että tunnistus-verkosto tunnistaa kirjaimet ja sanat, kun taas strateginen verkosto samanaikaisesti keskittyy tekstin ymmärtämiseen ja päämäärän saavuttamiseen. Näiden lisäksi affektiivinen verkosto eli limbinen järjestelmä aktivoi muun muassa kiinnostusta, motivaatiota ja ahdistusta. Emootioiden onkin todettu olevan keskeisiä tekijöitä oppimisessa. Lukemiseen liittyvä ahdistus on määritelty erityiseksi tilanteelliseksi peloksi lukemista kohtaan, johon liittyy fyysisiä ja kognitiivisia reaktioita. Fyysisiä reaktioita ovat ”taistele tai pakene” -reaktio sekä esimerkiksi hikoilu, tärinä, kiihtynyt sydämen syke ja erilaiset vatsavaivat. Kognitiivisia reaktioita puolestaan ovat esimerkiksi pelko, alhainen itsetunto ja odotukset julkisesta

nöyryytyksestä. Nämä reaktiot voivat myös yhdistyä toisiinsa esimerkiksi niin, että lapsi saattaa hämmentyä omista tunteiden aiheuttamista reaktioista, kuten punastumisesta, ja pelkää muiden lasten pilkkaavan häntä siitä. Tämä reaktio puolestaan vähentää huomattavasti kognitiivisia resursseja itse lukemiselta. Lukeminen ja pelko yhdistyvät toisiinsa siis klassisen ehdollistumisen tavoin (Jalongo & Hirsh, 2010). Oppilas muodostaa assosiaation lukemisen ja negatiivisten tunteiden välille silloin kun alkuperäisesti neutraali ärsyke (esimerkiksi ääneen lukeminen) yhdistyy jatkuvasti haitalliseen ehdottomaan ärsykkeeseen (esimerkiksi opettajan tuomitsemiseen tai kavereiden ivaan). Jalongo ja Hirsh (2010) toteavatkin tutkimuksiin viitaten, että ääneen lukeminen aiheuttaa normaalisti lukevillakin lapsilla verenpaineen nousua sekä kiihdyttää pulssia ja julkinen puhuminen on vaikeaa aikuisillekin.

Suomessa oppimisvaikeuksien psykofysiologiaa on tutkinut Lyytinen (1978, 1984). Hän totesi jo vuonna 1984, että tulevan tehtävän mielessä käsittely heijastuu autonomisen viriämisen tiloissa - kuten sykkeen nousussa - ja tämä viriäminen korreloi myös kognitiivisen onnistumisen kanssa. Tämä autonomisessa hermostossa näkyvä aktivaatio heijastaa siis Lyytisen (1984) mukaan sitä panosta, jonka tutkittava on valmis antamaan tehtävän suorittamiseen. Erilaisilla fysiologisilla mittareilla saattaa Lyytisen (1984) mukaan olla myös erilaista informaatioarvoa. Muutokset sydämen sykkeessä (HR) eroavat selkeästi esimerkiksi muutoksista ihon sähkönjohtavuudessa. Tapahtumaa edeltävät sydämen sykkeen reaktiot ovat suhteellisen helposti manipuloitavissa ja ne ovat epätarkempia kuin monet muut autonomiset mittarit. Mikäli tutkittavalle kuitenkin kerrotaan etukäteen tulevasta tehtävästä, sydämen sykkeen muutoksia voidaan pitää tarkkoina kyseisen tapahtuman mittareina. Sama koe paljasti, että myös muilla mittareilla kuten ihon sähkönjohtavuudella, sormipulssivolyymilla ja verenpaineella oli taipumusta olla ominaisia juuri sille tehtävälle, mitä tutkittava odottaa. Lyytisen tutkimustulokset tukivat olettamusta siitä, että ihmiset saattavat kohdata ennustettavia tapahtumia tietyin odotuksin ja tämä tulee ilmi myös autonomisista reaktioista. Lyytinen kuitenkin toteaa, että osa autonomisten reaktioiden muunnosten todisteista on myös päinvastaisia havainnollistaen verbaalisen kontrollin rajoituksia autonomisissa reaktioissa. Nämä tulevat enemmän esille suoriutumisessa kuin oppimisessa, mutta oppimisenkin osalta rajoitukset tulevat esille suurimmaksi osaksi tietyissä pelkoon liittyvissä ärsykekonteksteissa.

Oppimisvaikeuksiin on yleisesti liitetty tarkkaavaisuuden ja kehollisen heräämisen (arousal) häiriöt. Alhaisempi tarkkaavaisuuden ja kehollisen heräämisen taso voi näkyä alhaisempina ihon sähkönjohtavuuden reaktioina. Lyytinen (1978) on myös tutkinut kehollista heräämistä oppimisvaikeuksisten lasten (n = 20) ja sellaisten lasten kanssa, joilla ei ole oppimisvaikeuksia (n = 20). Tutkimusasetelmassa hän tutki kohenkilöiden reaktionopeutta, muistia, kognitiivista

kyvykkyyttä sekä sensorista prosessointia. Tehtävien tekeminen tuotti vaihtelevia tuloksia psykofysiologisilla mittareilla. Oppimisvaikeuksiset lapset saivat heikompia ihon sähkönjohtavuuden arvoja kuin kontrollit reaktionopeutta ja muistia mittaavissa tehtävissä. Kognitiivisten tehtävien kohdalla merkitseviä eroja ihon sähkönjohtavuudessa ei syntynyt. Vastaavasti sydämen sykkeen arvot olivat oppimisvaikeuksisten lasten kohdalla koholla erityisesti kognitiivisten tehtävien parissa sekä muistitehtävien aikana. Lyytisen mukaan tutkimuksen tulokset tukevat ajatusta tarkkaavaisuusvajeesta oppimisvaikeuksisten lasten parissa. Alhaisemmat ihon sähkönjohtavuuden arvot selittyisivät sen mukaan lasten heikommalla kyvyllä kohdistaa tarkkaavaisuuttaan tehtävän kannalta olennaisiin asioihin.

Lyytinen kollegoineen (2001) on sittemmin tutkinut orientaatioreaktioita (OR) myös kouluikäisillä lapsilla, joilla osalla oli oppimisvaikeuksia ja osalla ei. Tutkimuksissa havainnoitiin lasten orientaatioreaktioita vihjeisiin, joiden merkitsevyyttä vaihdeltiin järjestelmällisesti sen mukaan, liittyivätkö ne tuleviin tehtäviin vai ilmenivätkö ne vain satunnaisina ärsykkeinä. Tutkimuksessa mitattiin signaloituja tehtäviä edeltäviä odotusreaktioita (antisipatorisia reaktioita, AR) rekisteröimällä ihokonduktanssia ja sykettä. Tutkimuksessa havaittiin, että ne lapset, joilla opettajan mukaan oli oppimisvaikeuksia, reagoivat tehtävää signaloiviin vihjeisiin samalla tavoin kuin satunnaisiin ärsykkeisiin kun taas niillä lapsilla, joilla oppimisvaikeuksia ei ollut, reaktiot eriytyivät selkeämmin vihjeiden merkitsevyyden mukaan.

1.5 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Ensinnäkin tutkimuksemme tavoitteena on selvittää, ovatko lukemisvaikeudet yhteydessä ihon sähkönjohtavuuteen, sydämen lyöntitiheyteen sekä stressi- ja rentoutumisindekseihin alkuorientaatiovaiheessa ennen lukemistehtäviä (eli silloin kun nuoret vastasivat orientoiviin kysymyksiin ja tekivät lukemisen harjoitustehtäviä), helpoissa tai vaikeissa lukemisen tehtävissä. Tehtävien vaikeustaso adaptoitiin nuorten suoriutumiseen lukemistehtävissä puolta vuotta aikaisemmin siten, että jokainen nuori teki omaan taitotasoonsa nähden vaikean ja helpon lukemistehtävän. Tutkimme, eroavatko lukemisen tehtävien teon aikana havaitut psykofysiologiset reaktiot niiden nuorten, joilla on lukemisen vaikeuksia sekä verrokkinuorten välillä. Aikaisempi tutkimus aiheesta on ollut ristiriitaista (esim. Ackermann ym., 1977; Rugel & Rosenthal, 1974), joten sen perusteella emme aseta vahvaa hypoteesia tulosten suunnasta. Lyytisen tutkimuksiin (1978, 1984)

viitaten voisi kuitenkin olettaa, että lukemispulmaisilla nuorilla psykofysiologinen aktivaatio sydämen sykemuuttujien osalta olisi ainakin jonkin verran korkeampaa verrattuna verrokkiryhmään.

Tutkimuksemme toisena tavoitteena on tarkastella koetun vaikeustason ja virheiden vaikutusta näihin mahdollisiin psykofysiologisiin reaktioihin sekä sitä, ovatko nämä yhteydet erilaisia niiden nuorten, joilla on lukemisen vaikeuksia sekä verrokkinuorten välillä. Perustuen aikaisemman tutkimuksen puutteeseen, emme aseta vahvaa hypoteesia tulosten suunnasta. Empiirisellä tasolla kiinnostuksen kohteenamme on myös se, miten eri lukemisen osaamistasoryhmillä tehtävien koettu vaikeustaso ja virheet näkyvät ja eroavatko ne toisistaan. Tätä tarkastelimme yksittäisten henkilöiden osalta.

Tutkimuskysymyksiämme ovat seuraavat:

1. Ovatko lukemisvaikeudet yhteydessä psykofysiologisiin reaktioihin eli ihon sähköjohtavuuteen, sydämen lyöntitiheyteen tai stressi- ja rentoutumisindekseihin alkuorientaation, helppojen tai vaikeiden tehtävien aikana?
2. Onko tehtävien koettu vaikeustaso ja tehtyjen virheiden määrä yhteydessä psykofysiologisiin reaktioihin helppojen ja vaikeiden tehtävien aikana?
3. Onko tehtyjen virheiden tai koetun vaikeustason yhteydet psykofysiologisiin reaktioihin erilaisia riippuen siitä, onko nuorella lukemisvaikeuksia vai ei?

2. MENETELMÄT

2.1 Tutkittavat

Tämän tutkimuksen aineisto on osa Suomen Akatemian rahoittaman TIKAPUU-tutkimushankkeen (Ahonen & Kiuru, 2013-2017; www.jyu.fi/psychology/tikapuu) aineistoa. TIKAPUU – Alakoulusta yläkouluun -tutkimushankkeessa seurattiin oppilaita alakoulun kuudennelta luokalta yläkoulun seitsemännelle luokalle ja sen tavoitteena oli tunnistaa tekijöitä, jotka tukevat varhaisnuorten oppimista ja kouluhyvinvointia tässä tärkeässä siirtymävaiheessa. Tutkimushanke toteutettiin vuosina 2014 - 2016, jolloin siihen osallistui noin 55 luokkaa kahdesta keskisuomalaisesta kunnasta. Tutkimukseen osallistui noin 850 oppilasta sekä heidän opettajansa ja vanhempansa. Tutkimuksessa nuoret tekivät motivaation, sosiaalisiin suhteisiin ja hyvinvointiin liittyvien kyselyjen vastaamisen

lisäksi luku- ja laskutaitoja mittaavia tehtäviä. Osa nuorista osallistui lisäksi kuudennen luokan keväällä esimerkiksi kognitiivisia taitoja ja toiminnanohjausta mittaavaan yksilötutkimukseen. Oppilaiden tutkimukseen osallistumiseen saatiin kirjallinen lupa vanhemmilta ja opettajilta. TIKAPUU-tutkimus on Jyväskylän yliopiston eettisen toimikunnan arvioima ja hyväksymä.

Tässä tutkimuksessa käytettiin TIKAPUU-hankkeessa keväällä 2015 kerättyä yksilötutkimusaineistoa. Yksilötutkimuksissa nuorille tehtiin kognitiivisia taitoja ja toiminnanohjausta mittaavia testejä sekä tutkittiin autonomisen hermoston toimintaa psykofysiologisilla mittauksilla. Niiden lisäksi nuoret tekivät yleiseen päättelyyn, luetun ymmärtämiseen ja laskemiseen liittyviä tehtäviä, joiden vaikeustaso (helppo – vaikea tehtävä) oli mukautettu nuoren omaan osaamisen tasoon. Nuoret myös arvioivat lukemisen ja laskemisen tehtäviin liittyviä emootioitaan, motivaatiotaan ja kykykomuksiaan kyselylomakkeiden avulla. Valikoituminen näihin yksilötutkimuksiin tapahtui teettämällä 6. luokan syksyllä (2014) lähes koko ikäryhmälle lukemisen ja laskemisen tehtävistä koostuvia seulatestejä, joiden tuloksia verrattiin ikäluokan mukaan normitettuihin arvoihin. Yksilötutkimukset toteutettiin kuudennen luokan keväällä ja niihin osallistui 190 oppilasta, joista 100 oli poikia ja 90 tyttöjä. Lukemisen ja laskemisen taitojen perusteella muodostettiin kolme ryhmää; nuoret, joilla oli lukemisen vaikeuksia (n = 62), nuoret, joilla oli laskemisen vaikeuksia (n = 62) sekä nuoret, joilla ei ollut lukemisen eikä laskemisen vaikeuksia (n = 66). Mikäli nuorella oli vaikeuksia sekä lukemisessa että laskemisessa, hänet sijoitettiin siihen ryhmään, missä vaikeuksia oli enemmän. Nuoret jaettiin suoriutumisen perusteella vielä edelleen puolet heikoimpaan 8 persentiiliin ja puolet 8-16 persentiiliin sekä lukemisen että laskemisen vaikeuksien ryhmissä. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin sekä lievien että vaikeiden lukivaikeusnuorten ryhmää sekä ryhmää, jossa nuorilla ei ollut lukemisen eikä laskemisen vaikeuksia. Aineistossamme on siis jätetty tarkastelun ulkopuolelle ne nuoret, joilla oli laskemisen vaikeuksia. Tutkimuksemme kohteena oli nuorten psykofysiologiset reaktiot helppojen ja vaikeiden lukemistehtävien tekemisen sekä alkuorientaation ja välihaastattelun aikana, tarkastelimme tutkimuksessamme nuorten ihon sähkönjohtavuuden, sydämen sykkeen sekä stressi- ja rentoutumisindeksien arvoja.

Tutkimuksemme lopullinen aineisto koostui niistä henkilöistä, joilta oli saatavissa sekä ihon sähkönjohtavuus- että sykearvot (n = 104). Poistimme yhden hyvin poikkeavan arvon, joten lopullinen aineistomme määrä on 103. Poistettu koehenkilö sai erittäin poikkeavia arvoja ihon sähkönjohtavuuden mittareista alkuorientaation sekä helppojen ja vaikeiden tehtävien aikana. Lopullinen aineisto koostui lukemisen taitojen suhteen kolmesta vertailukelpoisesta ryhmästä; heistä, joilla ei ollut lukemisen vaikeuksia (n = 52,; tyttöjä 27, poikia 25), heistä, joilla oli lieviä lukemisen

vaikeuksia (n = 24,; tyttöjä 5, poikia 19) sekä heistä, joilla oli suuria lukemisen vaikeuksia (n = 27,; tyttöjä 11, poikia 16). Lukemisvaikeuksia ei ollut 50,49 % aineistosta. Suuria lukemisen vaikeuksia oli 26,21 % aineistosta ja nämä nuoret valittiin ikäryhmän heikoimmasta 8 persentiilin ryhmästä. Lieviä lukemisen vaikeuksia puolestaan oli 23,30 % aineistosta ja ne valittiin ikäryhmän heikoimmasta 8-16 persentiilin ryhmästä. Lukemisen tehtävät on kuvattu tarkemmin kohdassa *Mittarit ja muuttujat*. Lukemisvaikeuksien jakautuminen laadun ja syvyyden mukaan sukupuolittain on näkyvissä taulukossa 1.

Taulukko1: Lukemisvaikeuksien jakautuminen laadun ja syvyyden mukaan sukupuolittain

	Tytöt		Pojat		Yht.	
	n	%	n	%	n	%
Lievä lukemisvaikeus	5	11,6	19	31,7	24	23,3
Vaikea lukemisvaikeus	11	25,6	16	26,7	27	26,2
Lievät ja vaikeat lukemisvaikeudet yht.	16	37,2	35	58,4	51	45,5
Ei lukemisvaikeuksia	27	62,8	25	41,7	52	50,5

Tyttöjä aineistossamme oli yhteensä 43 ja poikia 60. Kaikki tutkittavat olivat suomalaisia. Lasten keski-ikä oli n. 12 vuotta ja neljä kuukautta ensimmäisiä mittauksia tehtäessä. Nuorista noin 73 % asui äidin sekä isän kanssa, 9 % äidin kanssa, 12 % vuorotellen äidin ja isän kanssa. Uusioperheessä asui 5 % nuorista, 1 % asui sijaiskodissa ja 1 % asui muualla kuin edellä mainituissa vaihtoehdoissa. Vanhempien koulutustaustaa kartoitettiin kyselylomakkeella. Kyselyyn vastanneista huoltajista noin 1 % ei ollut ammatillista koulutusta, 2 % oli suorittanut työllisyys- tai ammatillisia kursseja, 48 % oli ammatillinen koulutus ja 18 % oli opistotasoinen koulutus. Ammattikorkeakoulun suorittaneita oli 13 %, yliopiston tai korkeakoulun suorittaneita oli 12 % ja yliopistollisen jatkotutkinnon suorittaneita 1 %. Nuoren toisista huoltajista 3 % ei ollut ammatillista koulutusta, 8 %

oli suorittanut työllisyys- tai ammatillisia kursseja, 50 % oli ammatillinen koulutus ja 15 % oli opistotasoinen koulutus. Ammattikorkeakoulun suorittaneita oli 6 %, yliopiston tai korkeakoulun suorittaneita 16 % ja yliopistollisen jatkotutkinnon suorittaneita 1 %.

2.2 Mittarit ja muuttujat

Oppilaiden lukemisen taitoja arvioitiin luokkahuoneympäristössä syksyllä 6. luokan alkaessa vuonna 2014 ja psykofysiologisia reaktioita eli ihon sähkönjohtavuutta ja sydämen sykettä tutkittiin yksilötutkimuksen lukemisen tehtävien yhteydessä keväällä 2015. Oppilaat arvioivat tehtävien koettua vaikeustasoa myös yksilötutkimusten yhteydessä.

Lukemisen osaamistasoryhmät. Nuorten lukemisen osaamistaso määräytyi kuudennen luokan syksyllä (2014) luokassa tehdyissä lukemisen testeissä suoriutumisen perusteella. Jokaisen lukemistestin pistemäärä standardoitiin ja sen jälkeen laskettiin keskiarvo kolmen lukemistestin standardoidun pistemäärän yli. Tämän keskiarvomuuttujan perusteella valittiin *Tutkittavat* -kohdassa mainituilla persentiilikriteereillä he, joilla esiintyi lukemisen vaikeuksia sekä heille verrokkit. Tutkimuksessamme tutkittavat jaettiin lukemisvaikeuksien esiintyvyyden mukaan siis kolmeen ryhmään; heihin, joilla ei ollut lukemisen vaikeuksia (n = 52), heihin, joilla lukemisen vaikeudet olivat lieviä (n = 24) sekä heihin, joilla vaikeudet olivat suuria (n = 27).

Oppilaiden lukemisen taitoja arvioitiin kahdella sanatason lukemisen osatestillä sekä Salzburgin lauseen lukemistestin lyhyellä versiolla. Sanan lukemisen testi on osa suomalaista nuorten ja aikuisten dysleksian seulontatestiä (Holopainen, Kairaluoma, Nevala, Ahonen & Aro, 2004). Ensimmäisessä sanan lukemisen tehtävässä (*etsi kirjoitusvirheet*) oppilaan täytyi löytää sanoista kirjoitusvirheitä ja merkitä ne pystysuoralla viivalla. Tehtävässä oli yhteensä 100 perusmuodossa kirjoitettua sanaa (esimerkiksi ”rullalistimet”, ”sadeensuoja”), joista jokaisessa oli yksi virhe. Testistä oli löydettävissä kolmenlaisia virheitä: sanasta saattoi puuttua kirjain tai siinä saattoi olla ylimääräinen tai väärä kirjain. Oppilailla oli 3,5 minuuttia aikaa merkitä testiin niin monta virhettä kuin ehtivät. Testimanuaalin mukaan testaukset ja uudelleentestaukset on kerätty kaksi kertaa kahdessa Suomen kaupungissa ja korrelaatiot näiden kahden perättäisen arviointitestauksen välillä ovat olleet riittäviä (.83 ja .85). Toisessa sanan lukemisen tehtävässä (*erota sanat toisistaan*) oppilaiden piti erottaa sanoja toisistaan piirtämällä pystyviivoja yhteen kirjoitettujen sanojen väleihin. Tehtävässä oli yhteensä 25 yhteen kirjoitetuista sanoista koostuvaa sanaketjua (esimerkiksi ”mattotuntuvastipoikahaitallinen”), joista jokaisesta piti erottaa toisistaan neljä erillistä sanaa. Sanoja

oli yhteensä 100. Oppilailla oli 1,5 minuuttia aikaa erottaa toisistaan niin monta sanaa kuin ehtivät. Testimateriaalin mukaan testauksen ja uudelleen testauksen korrelaatiot ovat olleet riittäviä (.70 ja .84). Molemmat sanan lukemisen testit arvioitiin vähentämällä oikein merkittyjen pystyviivojen määrästä väärin merkittyjen pystyviivojen määrä.

Salzburgin lauseen lukemistestin lyhyellä versiolla testattiin nuorten lukemisen sujuvuutta (Landerl, Wimmer & Moser, 1997). Salzburgin testiin sisältyvät lauseet ovat helppoja ymmärtää niin, että testissä voidaan keskittyä oppilaan lukemisen sujuvuuden arviointiin. Tämä lyhyt versio sisälsi 36 vaikeinta lausetta testin kokoversion 69 lauseesta. Nuoria pyydettiin lukemaan nämä 36 lausetta sekä arvioimaan niiden sisällön todenmukaisuutta ympyröimällä lomakkeesta lauseen lopusta joko O (oikein) tai V (väärin). Kokoversion aikarajana on 3,5 minuuttia, mutta tässä testin lyhyessä versiossa aika oli rajattu 1,5 minuuttiin. Luokkakaverilta kopioinnin mahdollisuus oli rajattu minimiin käyttämällä kahta eri versiota testistä. Tehtävässä suoriutumista arvioitiin oikeiden vastausten määrällä. Testimateriaalin mukaan alkuperäisen Salzburgin lukemisen sujuvuuden testin reliabiliteetti on todettu riittäväksi sen oltua .95 toisen luokan oppilailla ja .87 kahdeksannen luokan oppilailla (Pichler & Wimmer, 2006).

Tehtävien koettu vaikeus. Tehtävien vaikeustaso adaptoitiin nuorten suoriutumiseen lukemistehtävissä puolta vuotta aikaisemmin siten, että jokainen nuori teki omaan taitotasoonsa nähden vaikean ja helpon lukemistehtävän. Oppilaat arvioivat tekemiensä tehtävien vaikeustasoa tehtävien tekemisen jälkeen vastaamalla kysymyksiin “Kuinka vaikea tehtävä oli sinulle?” ja “Miten vaikea tehtävä oli verrattuna siihen mitä odotit?” valitsemalla ajatuksiinsa parhaiten sopivan asteikolla 1-5, jossa 1 = tosi helppo ja 5 = tosi vaikea. Näistä kysymyksistä muodostettiin tehtävien koettua vaikeustasoa kuvaavat keskiarvomuuttujat erikseen helppojen ja vaikeiden tehtävien osalta. Vaikeustasomittarin kysymysten sisäistä yhdenmukaisuutta analysoitiin Cronbachin alfa-kertoimien avulla. Kysymysten sisäinen yhdenmukaisuus oli korkea niin helppojen tehtävien koettua vaikeustasoa mittaavien kysymysten osalta ($\alpha=0.714$) kuin vaikeidenkin tehtävien koettua vaikeustasoa mittaavien kysymysten osalta ($\alpha=0.814$).

Psykofysiologiset mittarit. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin yksilötutkimuksissa kerättyä nuorten lukemisen tehtävien tekemisen aikaisia ihon sähkönjohtavuuden eli ihokonduktanssin (SCR), sydämen sykkeen sekä stressi- ja rentoutumisindeksien arvoja. Yksilötutkimukset suoritettiin asuntoautoon sijoitetussa liikkuvassa laboratorioissa koulun alueella niin, että tutkittavat olivat mittauksessa yksitellen kahden tutkijan läsnä ollessa. Tutkimukset koostuivat kahdesta noin 60 minuutin pituisesta osiosta, joiden välissä oli evästauko. Psykofysiologisten tilojen ja reaktioiden mittaamisen tarkoituksena oli saada fysiologista tietoa huomion, aktiivisuuden, rentoutumisen,

stressin ja tunteiden säätelyn prosesseista. Arvot normitettiin siten, että jokaisen nuoren ihokonduktanssin arvot standardoitiin hänen omiin välihaastattelun arvoihinsa ja sydämen sykkeen arvot standardoitiin hänen omiin alkuhaastattelun arvoihin. Fysiologisen datan keräämiseen käytettiin Brain Products -valmistajan Brain Vision Recorder -ohjelmistoa.

Autonomisen hermoston toimintaa tutkittiin mittaamalla sydämen lyöntitiheyttä, hengitystä ja ihokonduktanssia sekä alkuorientaation eli lyhyen alkuhaastattelun että haastavuudeltaan vaihtelevien lukemisen tehtävien aikana. Sydämen sykettä ja sydämen sykevälivaihtelua mitattiin Firstbeat Bodyguard -laitteistolla (Firstbeat Technologies, Jyväskylä). Kaksi mittauselektrodia asetettiin niin, että toinen sijaitsi kehon oikealla puolella solislun alapuolella ja toinen kehon vasemmalla puolella kylkiluiden päällä. Sykkeen perustasoa mitattiin kahden minuutin kestävän alkuhaastattelun aikana. Ihokonduktanssia (SCR) mitattiin ei-dominantin käden kämmenestä kahdella kiinteää geeliä sisältävällä hopea-hopeakloridielektrodilla (Ambu Neuroline 710), jotka asetettiin lähelle peukaloa sekä noin kahden sentin päähän pikkurillistä. Pulssivolyymi mitattiin (FPV) ei-dominantin käden keskisormesta. Pulssivolyymien arvoja hyödynnettiin siten, että sydämen sykkeen arvot saatiin synkronoitua samalle ajalle pulssivolyymien kanssa. Nämä mittaukset olivat rutiininomaisia, täysin turvallisia ja kivuttomia ja ne tehtiin ihon pinnalta puuttumatta yksilöiden fyysiseen koskemattomuuteen.

FirstBeat Lifestyle Assessment Software -ohjelman avulla muodostettiin sykedatasta käsiteltäviä muuttujia. Tutkimuksessa sykedatasta tarkasteltiin sydämen sykettä (HR), sydämen korkeataajuisista sykevälivaihtelua HRV (HF), absoluuttista stressivektoria (ASV), absoluuttista rentoutumisvektoria (ARV) sekä respiratorista sinusarytmiaa (RSA). ASV kuvastaa sympaattisen ja ARV parasympaattisen hermoston toimintaa. ASV lasketaan HR:n, HF:n, matalataajuisen sykevälivaihtelun (LF) sekä HRV-johdettujen hengitysmuuttujien arvoista. ARV lasketaan HR:n sekä HF:n arvoista. ASV saa korkeita arvoja HR:n ollessa korkea, HRV:n matala sekä hengityksen tahdin ollessa matala suhteessa HR:n ja HRV:n arvoihin. ARV sen sijaan saa korkeita arvoja silloin kun HR on lähellä lepotasoa ja HRV:n ollessa korkea ja tasainen.

2.3 Aineiston analyysi

Tutkimuksemme tarkoituksena oli tarkastella lukemistehtävien aikaisia ihon sähkönjohtavuuden, sydämen sykkeen sekä stressi- ja rentoutumisindeksien arvoja niillä nuorilla, joilla oli lieviä tai vaikeita lukemisen vaikeuksia sekä heillä, joilla ei ollut lukemisen vaikeuksia. Ennen analyysin

tekemistä ihon sähkönjohtavuuden sekä sydämen sykkeen arvot standardoitiin keskenään vertailukelpoisiksi. Ihon sähkönjohtavuuden arvot standardoitiin jokaisen tutkittavan välihaastattelun arvoihin ja sykearvot alkuorientaation arvoihin. Tutkimuksemme tilastolliset analyysit tehtiin SPSS Statistics 22 -ohjelmalla.

Aluksi tarkastelimme muuttujien tunnuslukuja. Poistimme aineistostamme yhden erittäin poikkeavan arvon ennen analyysien tekemistä. Kyseinen koehenkilö sai erittäin poikkeavia arvoja ihon sähkönjohtavuuden mittareista alkuorientaation sekä helppojen ja vaikeiden tehtävien aikana. Puuttuvia arvoja ei ollut. Sen jälkeen tarkastelimme jatkuvien muuttujien eli sydämen syke- ja ihon sähkönjohtavuuden muuttujien jakaumia, jotka olivat suhteellisen normaalisti jakautuneita. Tämän ja suhteellisen suuren otoskoon vuoksi aineisto analysoitiin parametrisillä testeillä.

Lukemisen osaamistasoryhmien välisiä eroja ihon sähkönjohtavuudessa ja sydämen sykearvoissa tarkasteltiin varianssianalyysin avulla. Ensin tarkastelimme lukemisen osaamistasoryhmien yhteyttä vastemuuttujajoukon yhteiseen vaihteluun monimuuttujaisella varianssianalyysillä (MANOVA) ja sen jälkeen yhteyksiä katsottiin erikseen jokaiselle vastemuuttujalle varianssianalyysillä (ANOVA). Tämän jälkeen tarkastelimme parittaisvertailuja tarvittaessa Bonferroni-menetelmällä. Tehtävien vaikeustason ja tehtyjen virheiden vaikutusta ihon sähkönjohtavuuteen ja sydämen lyöntitiheyteen tutkittiin lineaarisella regressioanalyysillä. Lineaarisen regressioanalyysin selitettävänä muuttujana oli ihon sähkönjohtavuus sekä kaikki tarkastelemamme sykemuuttujat. Selittävinä muuttujina oli tehtävien vaikeustaso sekä tehdyt virheet.

Lukemisen osaamistasoryhmien, tehtävien koetun vaikeusasteen ja tehtyjen virheiden vaikutusta psykofysiologisiin muuttujiin tutkittiin yleisellä lineaarisella mallilla. Alkumallissa verrattiin muuttujien välisiä interaktiotermejä sekä päävaikutuksia. Merkitsevien päävaikutusten kohdalla poistimme mallista yksitellen ei-merkitsevät interaktiot ja tämän jälkeen ei-merkitsevät päävaikutukset. Lopullisen mallin tilastollisesti merkitsevät tulokset on raportoitu tekstissä. Merkitseviä interaktiotermejä tarkasteltiin ryhmittäin lukemisen tasoryhmissä. Tekstissä on raportoitu merkittävät yhdysvaikutukset ryhmittäin.

Lopuksi tarkastelimme kuvailevia menetelmiä käyttäen yksittäisten koehenkilöiden kokemusta tehtävien vaikeusasteesta helppoja ja vaikeita tehtäviä tehdessä. Jokaisesta lukemisen tasoryhmästä valittiin erikseen helppojen ja vaikeiden tehtävien kohdalta yksi paljon virheitä tehnyt henkilö ja yksi, joka ei tehnyt lainkaan virheitä tehtävässä. Tehtävien koetun vaikeusasteen arvot ovat standardoidut.

3. TULOKSET

3.1 Lukemisvaikeuksien yhteydet ihon sähkönjohtavuuteen ja sydämen sykevaihteluun

Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä tarkastelimme, ovatko lukemisen osaamistasoryhmät yhteydessä ihon sähkönjohtavuuden ja sydämen sykkeen arvoihin alkuorientaation, helppojen tai vaikeiden tehtävien aikana. Ihon sähkönjohtavuuden ja sykemuuttujien keskiarvot ja keskihajonnat lukemistasoryhmittäin on raportoitu alkuorientaation sekä helppojen ja vaikeiden tehtävien aikana taulukossa 2.

Taulukko 2. Ihon sähkönjohtavuuden ja sydämen sykearvojen keskiarvot ja keskihajonnat lukemistasoryhmittäin alkuorientaation sekä helppojen ja vaikeiden tehtävien aikana

	Ei lukemisvaikeuksia n=52		Lieviä vaikeuksia n=24		Suuria vaikeuksia n=27	
	ka	kh	ka	kh	ka	kh
<u>Ihon sähkönjohtavuus (SCR)</u>						
Alkuorientaatio	1,70	3,07	0,74	3,84	1,65	4,11
Helpot tehtävät	0,91	3,10	0,19	3,79	1,44	4,23
Vaikeat tehtävät	1,38	3,08	0,46	3,59	1,38	4,53
<u>Artefaktikorjattu sydämensykevektori</u>						
Alkuorientaatio	83,54	9,59	83,74	9,38	80,72	9,69
Helpot tehtävät	83,31	9,38	82,27	10,16	80,38	10,32
Vaikeat tehtävät	82,49	9,69	82,79	9,51	80,29	9,50
<u>Absoluuttinen stressivektori (ASV)</u>						
Alkuorientaatio	96,00	30,51	40,83	28,22	90,84	32,92
Helpot tehtävät	96,03	29,04	90,10	31,55	80,21	26,67
Vaikeat tehtävät	89,76	26,16	90,57	34,49	87,40	19,18
<u>Absoluuttinen rentoutumisvektori (ARV)</u>						
Alkuorientaatio	71,83	9,94	62,74	21,86	66,61	16,75
Helpot tehtävät	71,79	10,83	67,42	17,11	66,93	16,14
Vaikeat tehtävät	72,08	9,54	65,99	19,50	73,65	7,19
<u>Korkeataajuuksinen sykevälivaihtelu (HF Vektori)</u>						
Alkuorientaatio	2279,93	1754,95	2194,28	1924,42	2494,81	1906,84
Helpot tehtävät	2257,31	1676,15	2597,66	2348,39	2867,94	2629,79
Vaikeat tehtävät	2574,69	1810,88	2177,12	2126,04	2688,29	2102,58
<u>Korkeataajuuksinen sykevälivaihtelu (HF2 Vektori)</u>						
Alkuorientaatio	2680,25	2026,92	2613,18	2250,19	2962,74	2200,19
Helpot tehtävät	2609,89	1920,78	3024,73	2708,43	3392,60	3123,40
Vaikeat tehtävät	2977,64	2065,51	2619,68	2573,23	3139,57	2409,86
<u>Respiratorinen sinusarytmia (RSA)</u>						
Alkuorientaatio	85,58	133,37	60,09	59,29	85,82	87,11
Helpot tehtävät	84,30	95,10	86,23	109,45	99,17	104,55
Vaikeat tehtävät	96,55	142,39	69,37	72,65	98,00	96,36

Huom. ka = keskiarvo, kh = keskihajonta.

Lukemisen osaamistasoryhmillä ei ollut merkitsevää yhteyttä ihon sähkönjohtavuuden arvoihin minkään tasoissa tehtävissä. Lukemisvaikeuden ryhmän ja ihon sähkönjohtavuuden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa alkuorientaation ($F(2, 100) = 0.65, p = .524, np^2 = 0.013$), helppojen tehtävien ($F(2, 100) = 0.77, p = .465, np^2 = 0.015$) eikä vaikeiden tehtävien aikana ($F(2, 100) = 0.60, p = .552, np^2 = 0.012$).

Sykemuuttujien osalta lukemisvaikeuden ryhmällä oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus ARV:hen ($F(2, 100) = 3.14, p = .048, np^2 = 0.059$), mutta vain alkuorientaation aikana. Parittaisissa vertailuissa ero tuli esille ryhmien ei lukemisvaikeuksia ja lieviä lukemisvaikeuksia välillä ($p = .018$). Kuten taulukosta 2 huomataan, nuoret, joilla ei ollut lukemisen vaikeuksia, saivat korkeampia ARV:n arvoja kuin he, joilla oli lieviä lukemisen vaikeuksia. Heillä siis fysiologinen rentoutuneisuus oli merkitsevästi suurempaa alkuorientaation aikana verrattuna niihin nuoriin, joilla oli lieviä lukemisen vaikeuksia. Muita merkitseviä eroja ei löytynyt. Lukemisen osaamistasot eivät selittäneet sydämen sykearvoja yhteisvertailussa tilastollisesti merkitsevästi alkuorientaation ($F(2, 100) = 0.96, p = .489, np^2 = 0.057$), helppojen tehtävien ($F(2, 100) = 0.64, p = .806, np^2 = 0.038$) eivätkä vaikeiden tehtävien aikana ($F(2, 100) = 0.722, p = .729, np^2 = 0.043$).

Suuntaa-antavina arvoina ($p < .10$) voidaan kuitenkin pitää seuraavia: Lukemisvaikeuksien ja ASV:n yhteys helppojen tehtävien aikana ($F(2, 100) = 2.64, p = .076, np^2 = 0.050$) sekä lukemisvaikeuksien ja ARV:n välinen yhteys vaikeiden tehtävien aikana ($F(2, 100) = 2.90, p = .060, np^2 = 0.055$). Lukemisvaikeuksien ja ASV:n yhteys helppojen tehtävien aikana oli tilastollisesti merkitsevä ($p = .024$) ei lukemisvaikeuksien ja suurien lukemisvaikeuksien ryhmien välillä. Kuten taulukosta 2 huomataan, ne nuoret, joilla ei ollut lukemisen vaikeuksia, saivat tilastollisesti merkitsevästi suurempia ASV:n arvoja kuin he, joilla oli suuria lukemisen vaikeuksia. Heillä siis fysiologinen stressi oli suurempaa helppojen tehtävien aikana verrattuna niihin nuoriin, joilla oli suuria lukemisen vaikeuksia. Lukemisvaikeuksien ja ARV:n välinen yhteys vaikeiden tehtävien aikana oli tilastollisesti merkitsevä sekä ei lukemisvaikeuksien ja lievien lukemisvaikeuksien ($p = .044$) että ei lukemisvaikeuksien ja suurten lukemisvaikeuksien ($p = .027$) ryhmien välillä. Taulukosta 2 voidaan havaita, että ARV:n arvot olivat tilastollisesti merkitsevästi korkeampi niillä nuorilla, joilla ei ollut lukemisen vaikeuksia kuin heillä, joilla vaikeudet olivat lieviä. Niillä nuorilla, joilla oli suuria lukemisen vaikeuksia, ARV:n arvot olivat puolestaan korkeampia kuin niillä, joilla ei ollut vaikeuksia. Niillä nuorilla, joilla ei ollut lukemisen vaikeuksia, fysiologinen rentoutuneisuus oli siis merkitsevästi suurempaa kuin heillä, joilla oli vain lieviä vaikeuksia, mutta merkitsevästi pienempää kuin heillä, joilla lukemisen vaikeudet olivat suuria.

3.2 Tehtävien koetun vaikeustason ja tehtyjen virheiden vaikutus ihon sähkönjohtavuuteen ja sydämen sykevaihteluun

Toisessa tutkimuskysymyksessä tarkastelimme, kuinka tehtävien koettu vaikeustaso ja tehtyjen virheiden määrä selittävät nuorten ihon sähkönjohtavuutta ja sydämen sykearvoja helppojen sekä vaikeiden tehtävien aikana. Käytettyjen muuttujien Pearsonin tulomomenttikorrelaatiot helppojen tehtävien aikana on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Tutkimuksessa käytettyjen muuttujien keskinäiset korrelaatiot helppojen tehtävien aikana

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1. Virheiden määrä	1.00								
2. Koettu helppojen tehtävien vaikeus	.194*	1.00							
3. Ihon sähkönjohtavuus	.109	.057	1.00						
4. Artefaktikorjattu sydämensykevektori (HR)	-.111	-.202*	.125	1.00					
5. Absoluuttinen stressivektori (ASV)	-.179	-.080	.003	.689**	1.00				
6. Absoluuttinen rentoutumisvektori (ARV)	-.080	.097	-.071	-.230*	.185	1.00			
7. HF sykevälivaihtelu	.074	.202*	-.019	-.630**	-.670**	-.065	1.00		
8. HF2 sykevälivaihtelu	.090	.189	-.022	-.647**	-.691**	-.083	.995**	1.00	
9. RSA	.033	.216*	.121	-.506**	-.406**	.159	.713**	.692**	1.00

Huom. $p < .05$; * $p < .01$; **

Kuten taulukosta 3 huomataan, helppojen tehtävien aikana muuttujien välillä oli useita merkitseviä keskinäisiä korrelaatioita. Virheiden määrä ja koettu helppojen tehtävien vaikeus olivat positiivisesti yhteydessä; virheiden määrän kasvaessa myös tehtävien koettu vaikeustaso kasvoi. Tehtyjen virheiden määrä ei kuitenkaan ollut merkitsevästi yhteydessä muihin muuttujiin. Tehtävien koettu vaikeus oli merkitsevästi yhteydessä sydämensykevektoriin (HR), HF Vektoriin sekä RSA:han. Yhteys sydämensykevektoriin oli negatiivinen eli mitä vaikeampana nuoret kokivat tehtävän, sitä matalampia tämän sykemuuttujan arvoja heiltä mitattiin eli sitä alhaisempi syke heillä oli. Yhteys HF Vektoriin sekä RSA:han puolestaan olivat positiivisia eli mitä vaikeampana nuoret kokivat tehtävän, sitä korkeampia näiden sykemuuttujien arvoja heiltä mitattiin eli sitä vähemmän fysiologista stressiä he kokivat ja sitä aktiivisempi parasympaattisen hermoston toiminta heillä oli. Ihon sähkönjohtavuudella ei havaittu olevan yhteyttä muihin muuttujiin.

Sykemuuttujista sydämensykevektori oli yhteydessä kaikkiin muihin muuttujiin lukuun ottamatta virheiden määrää ja ihon sähkönjohtavuutta. Yhteys oli negatiivinen jo mainitun koetun helpon tehtävän vaikeuden, ARV:n, HF Vektorin, HF2 Vektorin ja RSA:n kanssa. Sydämen sykkeen kiihtyessä siis tehtävien koettu vaikeus sekä mainittujen sykemuuttujien arvot siis laskivat. Tällöin nuorten rentoutuneisuus ja parasympaattisen hermoston toiminta oli siis matalampaa. Yhteys sydämensykevektorin ja ASV:n välillä puolestaan oli positiivinen; sydämensykevektorin arvojen kasvaessa myös ASV:n arvot kasvoivat eli nuorten fysiologinen stressi lisääntyi.

ASV puolestaan oli negatiivisesti yhteydessä HF Vektorin, HF2 Vektorin ja RSA:n kanssa; ASV:n arvojen eli fysiologisen stressin lisääntyessä näiden sykemuuttujien arvot siis laskivat, eli siis parasympaattisen hermoston toiminta oli matalampaa. ARV:n ja muiden muuttujien välillä ei havaittu muuta yhteyttä kuin jo mainittu negatiivinen yhteys sydämensykevektoriin. HF Vektori oli jo mainittujen yhteyksien lisäksi voimakkaasti positiivisesti yhteydessä HF2 Vektoriin ja RSA:han; HF Vektorin kasvaessa myös näiden muuttujien arvot kasvoivat eli sykevälän pidentyessä parasympaattisen hermoston toiminta oli myös kiihtyneempää. HF2 Vektori ja RSA olivat myös positiivisesti yhteydessä toisiinsa kertoen myös sykevälivaihtelun pituuden ja parasympaattisen hermoston yhteydestä.

Käytettyjen muuttujien Pearsonin tulomomenttikorrelaatiot vaikeiden tehtävien aikana on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Tutkimuksessa käytettyjen muuttujien keskinäiset korrelaatiot vaikeiden tehtävien aikana

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1. Virheiden määrä	1.00								
2. Koettu vaikeiden tehtävien vaikeus	.052	1.00							
3. Ihon sähkönjohtavuus	.034	-.114	1.00						
4. Artefaktikorjattu sydämensykevektori (HR)	-.114	-.132	.107	1.00					
5. Absoluuttinen stressivektori (ASV)	-.165	-.116	-.035	.665**	1.00				
6. Absoluuttinen rentoutumisvektori (ARV)	.224*	.032	.020	-.322**	.103	1.00			
7. HF sykevälivaihtelu	.140	.065	-.037	-.598**	-.587**	.254**	1.00		
8. HF2 sykevälivaihtelu	.137	.056	-.033	-.627**	-.613**	.230*	.994**	1.00	
9. RSA	.199*	.058	-.008	-.444**	-.350**	.309**	.785**	.757**	1.00

Huom. $p < .05$; * $p < .01$; **

Taulukosta 4 huomataan, että vaikeiden tehtävien aikana virheiden määrä ei ollut enää yhteydessä tehtävien koettuun vaikeustasoon. Vaikeiden tehtävien aikana virheiden määrä oli yhteydessä ARV:hen sekä RSA:han. Yhteydet olivat positiivisia eli virheiden määrän kasvaessa myös fysiologinen rentoutuneisuus sekä parasympaattisen hermoston toiminta kasvoivat. Tehtävien koettu vaikeus ja ihon sähkönjohtavuus eivät olleet yhteydessä mihinkään muihin muuttujiin.

Sykemuuttujista sydämensykevektori oli, samoin kuin helppojenkin tehtävien aikana, yhteydessä kaikkiin muihin muuttujiin lukuun ottamatta virheiden määrää ja ihon sähkönjohtavuutta. Vaikeiden tehtävien aikana se ei enää kuitenkaan ollut yhteydessä koettuun vaikeiden tehtävien vaikeuteen. ASV oli myös vaikeiden tehtävien aikana negatiivisesti yhteydessä HF Vektoriin, HF2 Vektoriin ja RSA:han eli fysiologisen stressin kasvaessa myös parasympaattisen hermoston toiminta laski ja sykevälivaihtelu oli tiheämpää. Toisin kuin helppojen tehtävien aikana, vaikeiden tehtävien aikana ARV oli positiivisesti yhteydessä HF Vektoriin, HF2 Vektoriin ja RSA:han; ARV:n eli fysiologisen rentoutuneisuuden kasvaessa myös näiden sykemuuttujien arvot kasvoivat eli parasympaattisen hermoston toiminta kiihtyi. HF Vektori oli vaikeidenkin tehtävien aikana positiivisesti yhteydessä HF2 Vektoriin ja RSA:han ja positiivinen yhteys löydettiin myös HF2 Vektorin ja RSA:n välillä.

Yhteydet ihon sähkönjohtavuuteen helppojen ja vaikeiden tehtävien aikana. Lineaarisen regressioanalyysin tulokset helppojen tehtävien aikana on esitetty taulukossa 5 ja vaikeiden tehtävien aikana taulukossa 6. Tulokset (ks. taulukot 5 ja 6) osoittivat, että tehtävien koetulla vaikeustasolla ja tehtyjen virheiden määrällä ei ollut tilastollisesti merkittävää yhteyttä ihon sähkönjohtavuuteen helppojen eikä vaikeiden tehtävien aikana. Tehtävien koettu vaikeustaso ja virheiden määrä selittivät vain 1,3 % ihon sähkönjohtavuuden vaihtelusta helppojen tehtävien aikana ja 0,5 % vaikeiden tehtävien aikana.

Taulukko 5. Lineaarisen regressioanalyysin tulokset tehtävien koetusta vaikeustasosta ja virheiden vaikutuksesta ihon sähkönjohtavuuteen ja sydämen sykemuuttujiin helppojen tehtävien aikana

	β	R^2
<u>Malli 1; Ihon sähkönjohtavuus</u>		
		.013
Koettu vaikeustaso	.037	
Virheet	.102	
<u>Malli 2; Artefaktikorjattu sydämensykevektori (HR)</u>		
		.046†
Koettu vaikeustaso	-.187†	
Virheet	-.075	
<u>Malli 3; Absoluuttinen stressivektori (ASV)</u>		
		.034
Koettu vaikeustaso	-.047	
Virheet	-.170†	
<u>Malli 4; Absoluuttinen rentoutumisvektori (ARV)</u>		
		.020
Koettu vaikeustaso	.117	
Virheet	-.103	
<u>Malli 5; HF korkeataajuuksinen sykevälivaihtelu</u>		
		.042
Koettu vaikeustaso	.195†	
Virheet	.036	
<u>Malli 6; HF2 korkeataajuuksinen sykevälivaihtelu</u>		
		.039
Koettu vaikeustaso	.179†	
Virheet	.055	
<u>Malli 7; Respiratorinen sinusarytmia (RSA)</u>		
		.047†
Koettu vaikeustaso	.218*	
Virheet	-.010	

Huom. $p < .05^*$; $p < .10$; †

Taulukko 6. Lineaarisen regressioanalyysin tulokset tehtävien koetusta vaikeustasosta ja virheiden vaikutuksesta ihon sähkönjohtavuuteen ja sydämen sykemuuttujiin vaikeiden tehtävien aikana

	β	R^2
<u>Malli 1; Ihon sähkönjohtavuus</u>		
		.005
Koettu vaikeustaso	-.061	
Virheet	.045	
<u>Malli 2; Artefaktikorjattu sydämensykevektori (HR)</u>		
		.027
Koettu vaikeustaso	-.121	
Virheet	-.093	
<u>Malli 3; Absoluuttinen stressivektori (ASV)</u>		
		.046†
Koettu vaikeustaso	-.138	
Virheet	-.141	
<u>Malli 4; Absoluuttinen rentoutumisvektori (ARV)</u>		
		.052†
Koettu vaikeustaso	.040	
Virheet	.217*	
<u>Malli 5; HF korkeataajuuksinen sykevälivaihtelu</u>		
		.028
Koettu vaikeustaso	.095	
Virheet	.124	
<u>Malli 6; HF2 korkeataajuuksinen sykevälivaihtelu</u>		
		.025
Koettu vaikeustaso	.079	
Virheet	.123	
<u>Malli 7; Respiratorinen sinusarytmia (RSA)</u>		
		.045
Koettu vaikeustaso	.073	
Virheet	.186†	

Huom. p < .05*; p < .10;†

Yhteydet sydämen sykkeeseen helppojen tehtävien aikana. Tulokset (ks. taulukko 5) osoittivat, että tehtävien koetulla vaikeustasolla ja tehtyjen virheiden määrällä ei ollut tilastollisesti merkittävää yhteyttä sydämen sykkeeseen helppojen tehtävien aikana. Suuntaa-antavina tuloksina ($p < .10$) voidaan pitää vaikeustason ja virheiden yhteyttä sydämensykevektoriin ($F(2, 100) = 2.420, p = .094, R^2 = 0.046$) sekä RSA:han ($F(2, 100) = 2.444, p = .092, R^2 = 0.047$). Tehtävien koettu vaikeus ja virheiden määrä selittivät siis yhteensä 4,6 % nuorten sydämensykevektorin vaihtelusta helppojen tehtävien aikana. Muuttujista suuntaa-antavasti merkitsevä omavaikutus oli kuitenkin ainoastaan tehtävien koetulla vaikeustasolla ja yhteys oli negatiivinen; mitä vaikeammaksi nuoret kokivat tehtävän, sitä matalampia sydämensykevektorin arvoja heiltä mitattiin. Tehtävien koettu vaikeus ja virheiden määrä puolestaan selittivät yhteensä 4,7 % nuoren RSA-sykemuuttujan vaihtelusta helppojen tehtävien aikana. Tilastollisesti merkitsevä omavaikutus oli ainoastaan tehtävien koetulla vaikeustasolla ja yhteys oli positiivinen; mitä vaikeammaksi nuoret kokivat tehtävän, sitä suurempia RSA-muuttujan arvoja heiltä mitattiin eli sitä kiihtyneempää oli heidän parasympaattisen hermoston toimintansa.

Yhteydet sydämen sykkeeseen vaikeiden tehtävien aikana. Tulokset (ks. taulukko 6) osoittivat, että tehtävien koetulla vaikeustasolla ja tehtyjen virheiden määrällä ei ollut tilastollisesti merkittävää yhteyttä sydämen sykemuuttujiin vaikeiden tehtävien aikana. Suuntaa-antavina tuloksina ($p < .10$) voidaan pitää vaikeustason ja virheiden yhteyttä ASV:hen ($F(2, 100) = 2.395, p = .096, R^2 = 0.046$) ja ARV:hen ($F(2, 100) = 2.734, p = .070, R^2 = 0.052$). Tehtävien koettu vaikeustaso ja virheiden määrä kumpikaan eivät yksinään selitä ASV:n vaihtelua, mutta yhdessä ne selittivät 4,6 % tästä vaihtelusta vaikeiden tehtävien aikana. Yhteys oli negatiivinen eli mitä vaikeammaksi nuoret kokivat tehtävän ja mitä enemmän he tekivät virheitä tehtävien aikana, sitä matalampia ASV:n arvoja heiltä mitattiin eli sitä matalampaa fysiologista stressiä he kokivat. Tehtävien koettu vaikeus ja virheiden määrä selittivät puolestaan 5,2 % nuoren ARV:n vaihtelusta vaikeiden tehtävien aikana. Muuttujista suuntaa-antavasti merkitsevä omavaikutus oli kuitenkin vain virheiden määrällä ja yhteys oli positiivinen; mitä enemmän nuoret tekivät virheitä vaikeissa tehtävissä, sitä suurempia ARV:n arvoja heiltä mitattiin eli sitä rentoutuneempia he olivat. Taulukosta 6 huomataan myös, että virheiden määrä on suuntaa-antavasti yhteydessä RSA:han siitä huolimatta, että vaikeustaso ja virheet eivät yhdessä merkitsevästi selitä muuttujan vaihtelua. Yhteys on positiivinen eli mitä enemmän nuoret tekivät virheitä, sitä suurempia RSA-sykemuuttujan arvoja heiltä mitattiin eli sitä kiihtyneempää oli heidän parasympaattisen hermoston toimintansa.

3.3 Tehtyjen virheiden ja koetun vaikeustason yhteydet psykofysiologisiin reaktioihin lukemisvaikeustason mukaan

Yhdysvaikutukset. Merkitseviä yhdysvaikutuksia havaittiin helppojen tehtävien kohdalla RSA:n ja tehtävien koetun vaikeusasteen välillä. Suuntaa-antavia arvoja saatiin ASV:n ja tehtävien koetun vaikeusasteen välillä.

Ainoastaan lievien lukemisen vaikeuksien ryhmässä tehtävien koetun vaikeusasteen vaikutus ASV:n arvoihin oli suuntaa-antava ($F(1, 21) = 4.27$, $B = -12.03$, $p = .051$, $np^2 = 0.169$). Matalampi tehtävän koettu vaikeusaste oli suuntaa-antavasti yhteydessä korkeampaan fysiologiseen stressiin. Ainoastaan lievien lukemisen vaikeuksien ryhmässä tehtävien koetun vaikeusasteen vaikutus RSA:n arvoihin oli tilastollisesti merkitsevää ($F(1, 21) = 13.49$, $B = 63.36$, $p = .001$, $np^2 = 0.391$). Korkeampi tehtävän koettu vaikeusaste oli merkitsevästi yhteydessä korkeampaan fysiologiseen rentoutumiseen.

Päävaikutukset. Merkitseviä päävaikutuksia havaittiin HR:n ja HF:n kohdalla helppoja tehtäviä tehdessä. Vaikeita tehtäviä tehdessä merkitsevä päävaikutus syntyi virheiden määrän vaikutuksesta ARV:n arvoihin. Suuntaa-antavia päävaikutuksia löytyi tehtävien koetun vaikeusasteen vaikutuksesta HF2:n arvoihin helppoja tehtäviä tehdessä.

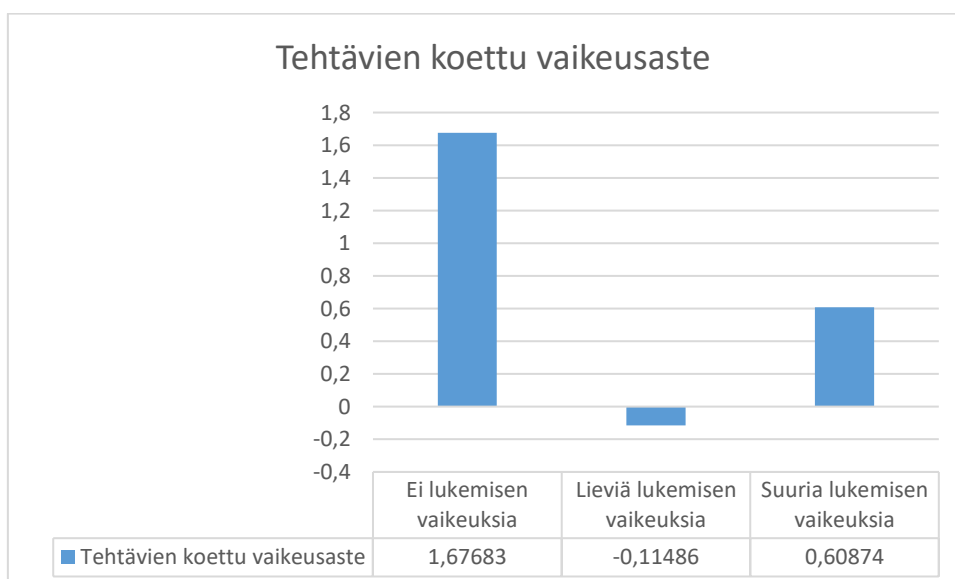
HR:n arvoihin vaikutti merkitsevästi tehtävän koettu vaikeusaste ($F(1, 101) = 4.30$, $B = -2.00$, $p = .041$, $np^2 = 0.041$). Matalampi tehtävän koettu vaikeusaste oli merkitsevästi yhteydessä korkeampiin sympaattisen hermoston aktivaatioon. Samoin HF:n arvoihin ($F(1, 101) = 4.30$, $B = 431.80$, $p = .041$, $np^2 = 0.041$) vaikutti merkitsevästi tehtävien koettu vaikeusaste. Korkea tehtävien koettu vaikeusaste oli yhteydessä korkeampiin HF:n arvoihin eli fysiologinen rentoutuneisuus oli koholla. Tehtävien koettu vaikeusaste vaikutti suuntaa-antavasti korkeataajuisen sykevälivaihtelun HF2 arvoihin ($F(1, 101) = 3.76$, $B = 472.38$, $p = .055$, $np^2 = 0.036$). Korkeampi tehtävien koettu vaikeusaste oli suuntaa-antavasti yhteydessä korkeampiin HF2:n arvoihin eli fysiologinen rentoutuneisuus oli koholla. Vaikeita tehtäviä tehdessä tehtyjen virheiden määrä vaikutti merkitsevästi ARV:n arvoihin ($F(1, 101) = 5.34$, $B = 1.34$, $p = .023$, $np^2 = 0.050$). Virheiden tekeminen oli positiivisesti yhteydessä parasympaattisen hermoston aktivaatioon ja sitä kautta fysiologiseen rentoutuneisuuteen.

3.4 Tehtävien koettu vaikeusaste paljon ja vähän virheitä tehneillä koehenkilöillä

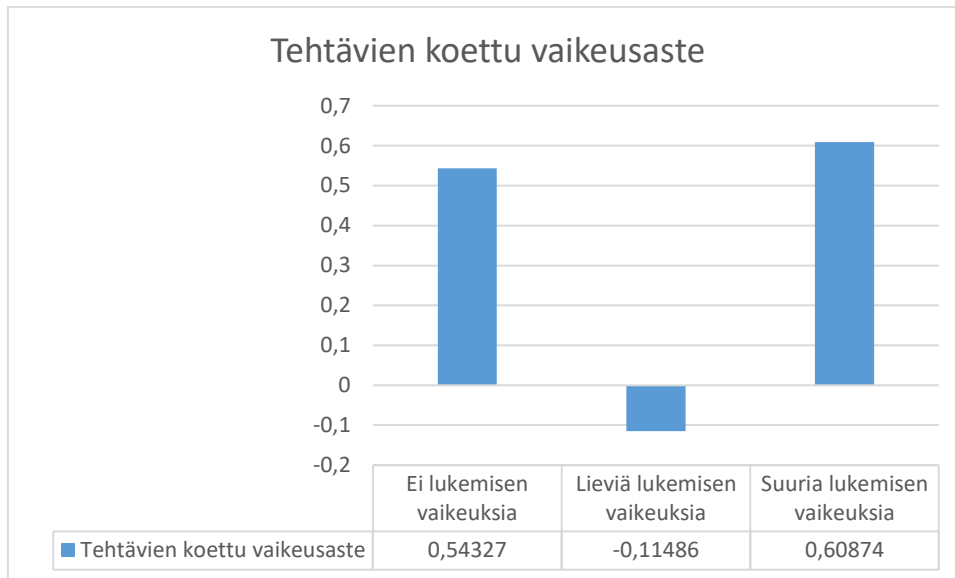
Pyrimme havainnollistamaan eroja tehtävien koetussa vaikeusasteessa niiden koehenkilöiden välillä, joiden suoriutuminen tehtävistä erosi keskenään eniten helpoissa ja vaikeissa tehtävissä. Tehtävien koetun vaikeusasteen arvot ovat standardoidut. Koko aineistossa henkilöiden, jotka eivät kuuluneet lukemisvaikeuksien ryhmiin, tehtävien koetun vaikeusasteen keskiarvo oli helppoja tehtäviä tehdessä -0.0126 ja keskihajonta oli 0.9800. Vaikeita tehtäviä tehdessä keskiarvo oli 0.0210 ja keskihajonta oli 1.0065. Lievien lukemisvaikeuksien ryhmään kuuluvien koettu tehtävien vaikeusaste helppoja tehtäviä tehdessä oli keskiarvoltaan -0.1450 ja keskihajonnalta 1.0771 sekä vaikeita tehtäviä tehdessä keskiarvo oli -0.2784 ja keskihajonta oli 1.0872. Suurien lukemisvaikeuksien ryhmässä koettu vaikeusasteen keskiarvo oli helppoja tehtäviä tehdessä 0.1531 ja keskihajonta oli 0.9445. Vaikeita tehtäviä tehdessä keskiarvo oli 0.2071 ja keskihajonta oli 0.8344.

Eniten ja vähiten virheitä tehneiden henkilöiden kokemusta tehtävien vaikeusasteista on havainnollistettu pylväsdiagrammeilla (ks. kuvat 1, 2, 3 ja 4). Tarkastelussa mukana olleista kuudesta tutkittavasta helppojen tehtävien kohdalla paljon virheitä tehneet henkilöt eivät eronneet virheitä tekemättömistä juurikaan tehtävien koetun vaikeusasteen suhteen. Lievien lukemisvaikeuksien ryhmässä olevat kokivat tehtävät vähemmän haasteelliseksi helpoissa tehtävissä kuin kahden muun ryhmän edustajat.

Kuva 1. Yksittäisten virheitä tekemättömien henkilöiden koettu tehtävien vaikeusaste helppojen tehtävien aikana

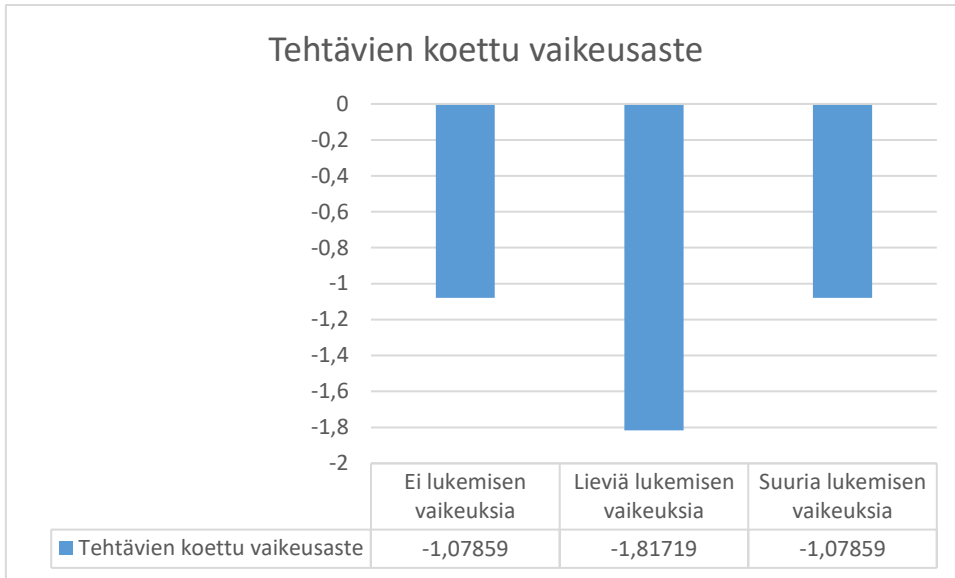


Kuva 2. Yksittäisten paljon virheitä tehneiden henkilöiden koettu tehtävien vaikeusaste helppojen tehtävien aikana

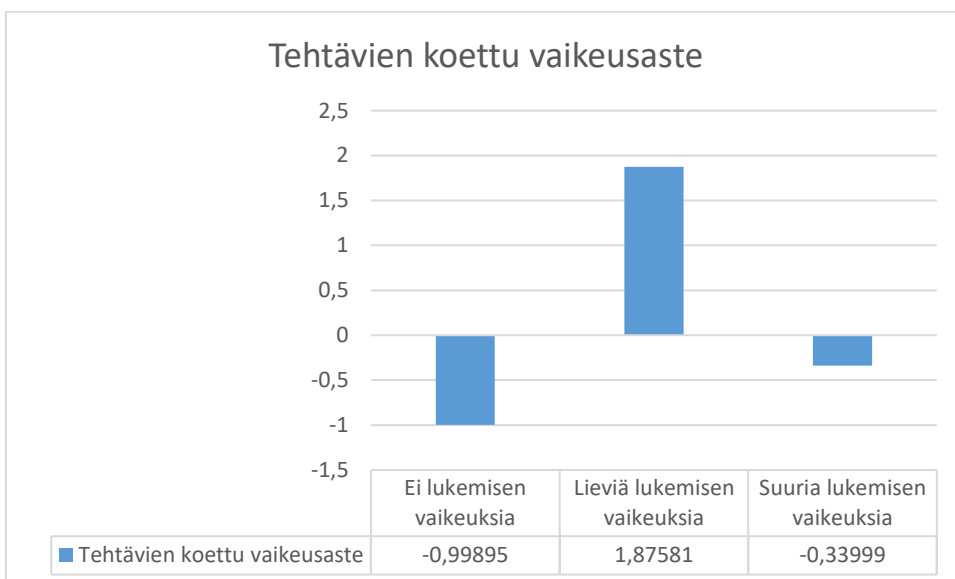


Silmämääräisen arvion perusteella vaikeiden tehtävien kohdalla paljon virheitä tehnyt ja virheitä tekemätön erosivat keskenään koetun vaikeusasteen laadun suhteen lievien lukemisvaikeuksien ryhmässä. Paljon virheitä tehnyt koki vaikeaksi määritellyt tehtävät vaikeammiksi kuin samassa ryhmässä oleva virheitä tekemätön henkilö.

Kuva 3. Yksittäisten virheitä tekemättömien henkilöiden koettu tehtävien vaikeusaste vaikeiden tehtävien aikana



Kuva 4. Yksittäisten paljon virheitä tehneiden henkilöiden koettu tehtävien vaikeusaste vaikeiden tehtävien aikana



4. POHDINTA

Tutkimuksemme tavoitteena oli selvittää, ovatko lukemisvaikeudet yhteydessä ihon sähkönjohtavuuteen tai sydämen sykearvoihin helpoissa tai vaikeissa lukemisen tehtävissä. Tavoitteena oli myös tutkia, vaikuttavatko tehtävien koettu vaikeustaso ja tehtyjen virheiden määrä ihon sähkönjohtavuuteen, sydämen lyöntitiheyteen sekä stressi- ja rentoutumisindekseihin ja miten ne näkyvät eri lukemisen osaamistasoryhmillä. Nuoret kokevat koulussa jatkuvasti heidän oppimiseensa vaikuttavia emootioita, mutta kauaskantoisista vaikutuksistaan huolimatta aiheesta on tehty vain vähän tutkimusta. Aiemmissä tutkimuksissa on yleensä myös tarkasteltu kahden ryhmän välisiä eroja eli eroja heidän, joilla on lukemisen vaikeuksia ja heidän, joilla niitä ei ole, välillä. Saimme kuitenkin tutkimuksestamme mielenkiintoisia tuloksia lukemisen osaamistasoryhmien kolmiluokkaisen jaottelun johdosta.

Saimme tutkimuksestamme pari merkittävää tulosta. Saamiemme tulosten mukaan tehtävien vaikeustason ja / tai virheiden määrän kasvaessa nuorten fysiologinen stressi väheni. Lisäksi tutkimuksemme mukaan ne nuoret, joilla oli lieviä lukemisen vaikeuksia, kokivat enemmän fysiologista stressiä myös silloin, kun kokemus tehtävien vaikeusasteesta oli matalampi. Näiden merkittävien tulosten lisäksi suuntaa-antavien tutkimustuloksemme antavat viitteitä siitä, että ne nuoret, joilla ei ollut lukemisen vaikeuksia tai vaikeudet olivat lieviä, kokivat enemmän fysiologista stressiä sekä helppojen että vaikeiden tehtävien aikana kuin he, joilla vaikeudet olivat suuria.

Lukemisvaikeuksien yhteydet ihon sähkönjohtavuuteen ja sydämen sykevaihteluun. Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen liittyen ainoa merkitsevä tutkimustuloksemme oli se, että nuorilla, joilla ei ollut lukemisen vaikeuksia, fysiologinen rentoutuneisuus oli suurempaa alkuorientaation aikana verrattuna niihin nuoriin, joilla oli lieviä lukemisen vaikeuksia. Tämän lisäksi saimme muutamia suuntaa-antavia tuloksia. Näiden tulosten mukaan helppojen tehtävien aikana fysiologinen stressi oli suurinta niillä nuorilla, joilla ei ollut lukemisen vaikeuksia. Ero fysiologisen stressin määrässä tuli selvemmin esille verrattuna heihin, joilla lukemisen vaikeudet olivat suuria. Vaikeiden tehtävien aikana mitattu fysiologinen rentoutuneisuus oli suurinta heillä, joilla oli vaikeita lukemisen vaikeuksia ja alhaisinta heillä, joilla vaikeudet olivat lieviä. Tämä viittaa siihen, että ne nuoret, joilla ei ollut lukemisen vaikeuksia tai he, joilla vaikeudet olivat lieviä, kokivat tehtävien tekemisen aikana eniten fysiologista stressiä.

Tulokset saattavat selittyä motivationaalisilla tekijöillä. PISA-tutkimuksissa on mitattu periksiantamattomuutta eli sinnikkyyttä motivaation mittarina vuosina 2000 ja 2012, jolloin sillä on kummallakin kerralla todettu olevan selvä yhteys parempaan lukutaitoon (Arffman & Nissinen, 2015). Sinnikkyys näkyy oppilaan ahkerassa koulutyössä sekä halukkuudessa panostaa pitkien ja haastavien tekstien lukemiseen ja pohtimiseen. Lyytisen (1984) mukaan tulevan tehtävän mielessä käsittely heijastuu autonomisen viriämisen tiloissa ja tämä viriäminen korreloi myös kognitiivisen onnistumisen kanssa heijastaen sitä panosta, jonka tutkittava on valmis antamaan tehtävän suorittamiseen. Voikin siis olla, että ne nuoret, joilla ei ole lukemisen vaikeuksia tai vaikeudet ovat lieviä, ovat olleet valmiita panostamaan tehtäviin enemmän ja sinnikkäämmin kuin he, joilla vaikeudet olivat suuria. Aiemman tutkimuksen valossa on kuitenkin huomioitava, että motivationaalisten tilojen ja fysiologisten mittojen välisistä yhteyksistä ei ole voitu tehdä vahvoja päätelmiä eikä motivationaalisten tilojen mittaamiseen ole olemassa yhtä tiettyä pätevää fysiologista mittaria (toisen käden viite, Richter & Slade, 2017).

Ihon sähkönjohtavuus ei ollut tutkimuksemme mukaan yhteydessä lukemisen osaamistasoryhmiin. Täten saimme siis samoja tuloksia kuin Tobia kollegoineen (2015) tutkimuksestaan, jonka mukaan ihon sähkönjohtavuuden vasteet eivät eronneet niiden nuorten, joilla oli dysleksia ja verrokinuorten välillä muissa kuin ääneen lukemisen tehtävissä. Tutkimuksessamme ei ollut ääneen lukemisen tehtäviä ja saattaakin olla, että vasteet eivät eronneet lukemispulmaisten ja verrokkien välillä sen takia, että tämä ääneen lukemisen uhka ja kognitiivista kuormitusta lisäävä häpeän tunne puuttuivat. Nuoret eivät todennäköisesti myöskään kokeneet tutkimustilanteessa pelkoa julkisesta nöyryytyksestä, koska tutkimusaineisto kerättiin niin, että nuoria ei pystytty henkilökohtaisesti aineistosta tunnistamaan. Tämäkin puolestaan saattoi vaikuttaa häpeän puutteeseen eli lievempään kognitiiviseen kuormitukseen.

Saimme samaan suuntaan viittäviä tuloksia Lyytisen (1978) tutkimusten kanssa siinä, että niillä nuorilla, joilla oli oppimisvaikeuksia, ihon sähkönjohtavuus oli verrokkiryhmää alhaisempi kognitiivisten tehtävien aikana. Tutkimuksemme mukaan ne nuoret, joilla oli lieviä lukemisen vaikeuksia, saivat alhaisempia ihon sähkönjohtavuuden arvoja verrattuna muihin osaamistasoryhmiin, mutta tämä ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkittävä. Tutkimustuloksemme sykemuuttujien osalta olivat puolestaan päinvastaisia Lyytisen (1978) tutkimustulosten kanssa. Tutkimuksemme mukaan lukemisen osaamistasot eivät selittäneet sydämen sykearvoja lukemisen tehtävissä, kun taas Lyytisen (1978) tutkimusten mukaan niillä nuorilla, joilla oli oppimisvaikeuksia, sydämen syke oli verrokkiryhmää korkeampi kognitiivisten tehtävien aikana.

Tehtävien koetun vaikeustason ja tehtyjen virheiden vaikutus ihon sähkönjohtavuuteen ja sydämen sykevaihteluun. Toisesta tutkimuskysymyksestäimme saimme vain suuntaa-antavia tuloksia. Nämä tulokset antoivat viitteitä siitä, että mitä vaikeammaksi nuoret kokivat tehtävän ja / tai mitä enemmän he tekivät virheitä sekä helppojen että vaikeiden tehtävien aikana, sitä vähemmän fysiologista stressiä he kokivat. Tulostemme mukaan nuorten parasympaattisen hermoston aktiivisuus kasvoi tehtävien vaikeustason ja virheiden määrän kasvaessa. Yksi mahdollinen selitys tuloksille saattaisi olla passiiviset asenteet lukemisen tehtäviä kohtaan. Huomiota vaativien tehtävien on todettu olevan yhteydessä suurempaan psykofysiologiseen viriämiseen (Tobia ym., 2015) ja nuorten matalammat sykkeet ja kiihtyneempi parasympaattisen hermoston toiminta saattavatkin siis heijastaa tarkkaavaisuuden puutteita tehtävän teon aikana niiden vaikeutuessa, joka puolestaan voisi johtua passiivisesta asenteesta lukemisen tehtävää kohtaan. Tulokset saattavat selittyä esimerkiksi opitulla avuttomuudella. Butkowsky ja Willows (1980) ovat tutkimuksiin viitaten todenneet, että huonoilla lukijoilla on todettu olevan opittuun avuttomuuteen viittaavia ominaisuuksia, jotka puolestaan ovat yhteydessä passiivisuuteen ja vähäisempään sinnikkyteen. Teodorescu ja Erev (2014) ovat tuoneet esille myös tutkimustuloksia siitä, että mikäli oppimista ei pidetä lähtökohtaisesti tarpeeksi palkitsevana, se saattaa johtaa liian varhaiseen luovuttamiseen.

Toinen mahdollinen selitys tuloksille voisi olla erilaisten kognitiivisten strategioiden käyttö, joilla pyritään hallitsemaan tehtävistä johtuvien negatiivisten emootioiden ilmenemistä (McRae, Ciesielski & Gross, 2012; Ottaviani et al., 2014). On olemassa tutkimustuloksia myös siitä, että ihon sähkönjohtavuus usein vähenee stressaavien tehtävien aikana, koska ne vaativat suurempaa huomion keskittämistä (toisen käden viite, Tobia ym., 2015). Huomion intensiivinen keskittäminen saattaisi siis myös olla yhteydessä matalampaan psykofysiologiseen viriämiseen ja täten selittää tuloksia.

Tehtyjen virheiden ja koetun vaikeustason yhteydet psykofysiologisiin reaktioihin lukemisvaikeustason mukaan. Kolmannen tutkimuskysymyksen osalta saimme tuloksia siitä, että ne nuoret, joilla oli lieviä lukemisen vaikeuksia, kokivat enemmän fysiologista stressiä myös silloin, vaikka kokemus tehtävien vaikeusasteesta olisikin matalampi. Pekrunin (2006) suoriutumistilanteiden emootioihin liittyvä kontrolli-merkitys-teoria (the control-value theory) voi osaltaan selittää asennoitumista tehtävätilanteisiin. Teorian mukaan ennen tehtävätilannetta viriäviin emootioihin vaikuttaa arvio tehtävässä onnistumisesta ja sen tärkeydestä. Ne nuoret, joilla on lieviä lukemisen vaikeuksia, saattavatkin siis asennoitua tehtävää kohtaan eri tavoin kuin he, joilla lukemisen vaikeudet ovat suuria tai joilla ei ole lukemisen vaikeuksia. Henkilö, jolla lukemisen vaikeus on lievä, saattaakin kokea mahdollisuutensa tehtävässä suoriutumisessa realistisempänä kuin

henkilö, jolla vaikeus on suuri. Tällöin henkilö pyrkii käyttämään enemmän resursseja tehtävän aktiiviseen suorittamiseen, jolloin eroja psykofysiologisessa aktivaatiossa voitaisiin havaita.

Rajoitukset, vahvuudet ja jatkotutkimustarpeet. Tutkimuksemme yhtenä rajoituksena on aineiston pieni koko. Aineiston jakautuessa lukemisen osaamistasoryhmiin, lievien ja suurien lukemispulmaryhmien koot jäivät pieniksi. Aiemmissä tutkimuksissa lukemisvaikeuksia on tavallisesti tarkasteltu kaksitasoisena muuttujana niin, että on tarkasteltu heitä, joilla on lukemisen vaikeuksia sekä verrokkiryhmää, joilla vaikeuksia ei ole. Lukemisen osaamistasojen jakautumista kolmeen ryhmään voidaan kuitenkin pitää myös tutkimuksemme vahvuutena, koska se toi tutkimukseemme lisäarvoa tuoden erot lievien ja suurien lukemisvaikeusryhmien välillä esille. Ne nuoret, joilla oli lieviä lukemisen vaikeuksia, kokivat enemmän fysiologista stressiä sekä helppojen että vaikeiden tehtävien aikana kuin ne nuoret, joilla vaikeudet olivat suuria. Heillä myös ihon sähkönjohtavuuden arvot olivat alhaisimpia, vaikka ero muihin ei ollutkaan tilastollisesti merkitsevä.

Tutkimuksemme vahvuutena ovat myös monipuoliset psykofysiologiset mittarit. Erilaiset sydämen sykkeestä johdettavat muuttujat antavat tietoa sekä sympaattisen että parasympaattisen hermoston toiminnasta ja keskinäisestä vaihtelusta. Tutkimusasetelman pienenä rajoitteena voidaan pitää psykofysiologisen datan keräämistä liikutettavassa yksikössä perinteisen laboratorion sijaan. Liikutettavassa yksikössä elektrodien pysyvyys ja ympäristön lämpötila ovat vaikeammin kontrolloitavissa. Tutkimuksessamme mittalaitteiden toimivuudesta piti aina huolta kaksi tutkimusavustajaa. Ilman lämpötila ja kosteus mitattiin myös koetilanteiden aikana. Erityisesti ihon sähkönjohtavuuden arvoihin voi kuitenkin vaikuttaa mielenkiintoinen keskustelu tai uusi ympäristö yhtä voimakkaasti kuin stressi- tai pelkoreaktio (Roth, Dawson & Filion, 2012). Toisaalta asetelma on mukavampi koehenkilöille, sillä mittaukset on helpompi suorittaa arkirutiinien yhteydessä. Laboratorio voi myös tilana olla epämiellyttävä.

Tutkimusta psykofysiologisten reaktioiden yhteydestä yleisesti lukemisen vaikeuksiin tarvitaan vielä paljon lisää. Jatkossa olisi tärkeää tutkia enemmän myös mahdollisia eroja ääneen lukemisen ja äänettömästi lukemisen aiheuttamissa psykofysiologisissa reaktioissa. Olisi mielenkiintoista tietää, olisiko tuloksemme olleet erilaisia, mikäli tutkimuksessamme olisi ollut mukana myös ääneen lukemisen tehtäviä. Oppimisvaikeudet esiintyvät usein yhdessä, joten myös laajempi tutkimus oppimisvaikeuksien yhteydestä psykofysiologisiin reaktioihin on tarpeen. Tutkimuksemme mukaan ne nuoret, joilla ei ollut lukemisen vaikeuksia tai vaikeudet olivat lieviä, kokivat tehtävien tekemisen aikana enemmän fysiologista stressiä kuin ne nuoret, joilla vaikeudet olivat suuria. Tämä esille tuleva ero on mielenkiintoinen ja jatkossa tätä asiaa voisikin tutkia vielä lisää suuremmilla otoksilla. Emootioiden keskeisyys oppimisessa huomioon ottaen jatkossa olisi myös tärkeää tutkia laajemmin

oppilaiden kouluympäristössä kokemia tunteita. Oppimisvaikeuksien psykofysiologian ja tehtäviin liittyvien kykyuskomusten yhteys olisi myös mielenkiintoinen jatkotutkimuksen kohde. Lisäksi olisi hyödyllistä tutkia lisää eritasoisten oppimisvaikeuksien välisiä eroja, erityisesti lievien ja suurien oppimisvaikeuksien välillä. Vertailevaa tutkimusta sydämen sykkeen ja ihon sähkönjohtavuuden muutoksissa tarvitaan myös lisää. Lyytisen (1984) mukaan näillä erilaisilla psykofysiologisilla mittareilla saattaa olla erilaista informaatioarvoa ja muutokset sydämen sykkeessä (HR) eroavat selkeästi muutoksista ihon sähkönjohtavuudessa. Mittarit käyttäytyvät myös eri tavoin riippuen tehtävän laadusta ja tarkoituksesta sekä tutkittavien kehityksellisestä tasosta (Lyytinen, 1978). Nämä asiat huomioon ottaen ei ole yllättävää, että suuri osa psykofysiologiaa käsittelevistä tutkimuksista tuottaa keskenään poikkeavia tuloksia.

Nuoret kokevat monia tunteita kouluympäristössä koulupäivien aikana, jotka vaikuttavat myös heidän oppimiseen ja suoriutumiseensa koulussa (Amsterlaw, Lagattuta & Meltzoff, 2009). Emootioiden vaikutus oppimiseen olisikin ensisijaista huomioida kouluympäristössä, esimerkiksi opetussuunnitelmien suunnittelussa sekä tarjoamalla opettajille tarpeeksi informaatiota ja keinoja eri tasoisten oppilaiden tukemiseen. Tutkimuksemme antoi viitteitä siitä, että ne nuoret, joilla lukemisen vaikeuksia ei ollut tai ne olivat lieviä, kokivat eniten fysiologista stressiä lukemisen tehtävien aikana. Näille nuorille tehtävistä hyvin suoriutuminen saattaa olla tärkeää, ja se heijastuu myös heidän psykofysiologisissa reaktioissaan. Tähän viitaten voisikin ajatella, että erityisesti nämä nuoret saattaisivat hyötyä tunteidensäätelykeinojen harjoittelemisesta. Opettajat voisivat auttaa näitä oppilaita minimoimaan stressiä ja pelkoa koulussa sekä opettaa heille tunteiden säätelystrategioita.

Tutkimuksemme mukaan tehtävien vaikeustason ja virheiden määrän kasvaessa nuorten fysiologinen stressi väheni, joka saattaa aiempiin tutkimuksiin perustuen selittyä motivationaalisilla tekijöillä ja periksiantamattomuudella. Akateemisen minäpystyvyyden on todettu ennustavan periksiantamattomuutta vaikeissa oppimistehtävissä ja sen on todettu olevan yhteydessä myös korkeaan akateemiseen motivaatioon, oppimiseen ja saavutuksiin (Bandura ym., 2003; Liew, McTigue, Barrois & Hughes, 2008), joten saattaa olla, että tehtävien vaikeutuessa nuorten pystyvyysuskomukset myös vähenivät. Oppilaiden motivaatio sekä pystyvyysuskomukset usein vähenevät nuoruudessa (McTigue & Liew, 2011) ja sen lisäksi ne nuoret, joilla on suuria lukemisen vaikeuksia, saattavat kokea itsensä esimerkiksi aiempien kokemustensa perusteella vähemmän kyvykkäiksi kuin ne nuoret, joilla ei ole lukemisen vaikeuksia. Useissa tutkimuksissa on esimerkiksi todettu lasten, joilla on dysleksia, näkevänsä itsensä vähemmän kyvykkäiksi muihin lapsiin verrattuna akateemisissa lajeissa kuten lukemisessa (Chapman, 1988; Bear, Minke & Manning, 2002; Polychroni, Koukoura & Anagnostou, 2004).

Opettajat voisivatkin pyrkiä lisäämään oppilaiden motivaatiota, esimerkiksi tukemalla heidän omia kykykomuksiaan keskittymällä yksilölliseen oppimisen kehittymiseen (Amsterlaw ym., 2009; Arffman & Nissinen, 2015). Oppilaiden kiinnostuksen opetettuja asioita kohtaan ja pääsyn heitä kiinnostaviin materiaaleihin on todettu myös parantavan heidän oppimistaan, motivaatiotaan, ponnisteluaan ja asenteitaan (Arffman & Nissinen, 2015; Hidi, 1991; Schiefele, 1991). Yksilön henkilökohtaisen kiinnostuksen kautta valikoituneen, vapaaehtoisen lukemisen on esimerkiksi todettu parantavan niiden henkilöiden lukemisen kykyjä, joilla on dysleksia (Fink, 1995). Tämän olemassa olevan tutkimustiedon ja omien tutkimustulostemme pohjalta voisi ajatella, että pyrkimys motivaation lisäämiseen kouluympäristössä hyödyttäisi kaiken tasoisia oppilaita, mutta erityisesti heitä, joilla lukemisen vaikeudet ovat suuria. Tutkimuksemme vahvistaa monien muiden tutkimusten (toisen käden viite, Arffman & Nissinen, 2015) mukaisesti yksilöllisen opetuksen sekä ohjausresurssien tarvetta myös yläasteella.

LÄHTEET

- Ackerman, P. T., Dykman, R. A., & Peters, J. E. (1977). Teenage status of hyperactive and nonhyperactive learning disabled boys. *American Journal of Orthopsychiatry*, 47, 4, 577-596.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-V (5th ed.)*. Washington, D.C.: American Psychiatric Association.
- Amsterlaw, J., Lagattuta, K., & Meltzoff, A. (2009). Young children's reasoning about the effects of emotional and physiological states on academic performance. *Child Development*, 80, 1, 115–133.
- Andreassi, J. L. (2007). *Psychophysiology: Human behavior & physiological response*. (5. painos). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Arffman, I. & Nissinen, K. (2015). Lukutaidon kehitys PISA-tutkimuksissa. Teoksessa Välijärvi, J., Kupari, P., Ahonen, A., Arffman, I., Harju-Luukkainen, H., Leino, K., Niemivirta, M., Nissinen, K., Salmela-Aro, K., Tarnanen, M., Tuominen-Soini, H., Vettenranta, J. & Vuorinen, R. (2015). *Millä eväillä uuteen nousuun? PISA 2012 tutkimustuloksia*. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja, 6. ISBN.
- Aro, M. (2004). Learning to read. The effect of orthography. *Jyväskylä studies of education psychology and social research* 237. University Library of Jyväskylä.
- Aro, M. (2006). Miten kirjoitusjärjestelmä vaikuttaa lukemaan oppimiseen? Teoksessa Takala M. & Kontu E. (2006). *Luki-vaikeudesta Luki-Taitoon*. Yliopistopaino Helsinki.
- Baker, L. & Wigfield, A. (1999). Dimensions of children's motivation for reading and their relations to reading activity and reading achievement. *Reading Research Quarterly*, 34, 452–477.
- Bandura, A., Caprara, G.V., Barbaranelli, C., Gerbino, M., & Pastorelli, C. (2003). Role of affective self-regulatory efficacy in diverse spheres of psychosocial functioning. *Child Development* 74, 769–82.

- Berntson, G. G., Bigger, J. T., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., . . . van der Molen, M.W. (1997). Heart rate variability: Origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, *34*, 623-648.
- Billman, G. E. (2011). Heart rate variability—a historical perspective. *Frontiers in Physiology* *2*, 86. doi: 10.3389/fphys.2011.00086.
- Butkowsky, I. S., & Willows, D. M. (1980). Cognitive-motivational characteristics of children varying in reading ability: evidence for learned helplessness in poor readers. *Journal of Educational Psychology*, *72*, 3, 408–422.
- Büchel, C., Morris, J., Dolan, R. J., & Friston, K. J. (1998). Brain systems mediating aversive conditioning: an event-related fMRI study. *Neuron*, *20*, 5, 947-957.
- Cannon, W. B. (1932). *The wisdom of the body*. New York, NY: W.W. Norton & Co.
- Catts, H., Adlof, S. & Weismer, S. (2006). Language deficits in poor comprehenders: A case for the simple view of reading. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *29*, 278-293.
- Chapman, J. W. (1988) Learning disabled children’s self-concepts. *Review of Educational Research*, *58*, 3, 347–371.
- Cutting, L., Eason, S., Young, K. & Alberstadt, A. (2009). Reading Comprehension. Cognition and Neuroimaging. In Pugh, K. & McCardle, P. (2009). *How Children Learn to Read. Current issues and new directions in the integration of cognition, neurobiology and genetics of reading and dyslexia research and practice*. The Dyslexia Foundation. Psychology Press.
- Dawson, M. E., Schell, A. M., & Filion, D. L. (2000). *Handbook of Psychophysiology* (2. Painos), Cambridge University Press, Cambridge, 200-233.
- Denson, F., Moulds, L. & Grisham, R. (2012). The Effects of Analytical Rumination, Reappraisal, and Distraction on Anger Experience. *Behavior Therapy*, *43*, 355-364.
- Dykman, R. A., Ackerman, P. T., Holcomb, P. J., & Boudreau, A. Y. (1983). Physiological manifestations of learning disability. *Journal of Learning Disabilities*, *16*, 1, 46–53.

- Dykman, R. A., Ackerman, P. T., Oglesby, D. M., & Holcomb, P. J. (1982). Autonomic responsivity during visual search of hyperactive and reading-disabled children. *The Pavlovian Journal of Biological Science: Official Journal of the Pavlovian*, 17, 3, 150–157.
- Endler, Norman, & Kocovski, Nancy. (2003). Anxiety Assessment. In Fernández Ballesteros, Rocio (Toim.): *Encyclopedia of Psychological Assessment*. SAGE Publications Ltd., Lontoo, 35–40.
- Fink, R. (1995). Successful dyslexics: a constructivist study of passionate interest reading. *Journal of Adolescent and Adult Literacy*, 39, 268–280.
- Fowles, D. C. (1980). The three arousal model: Implications of Gray's two-factor learning theory for heart rate, electrodermal activity, and psychopathy. *Psychophysiology*, 17, 2, 87–104.
- Gaddes, W. H. (2013). *Learning disabilities and brain function: A neuropsychological approach*. Springer Science & Business Media.
- Gowers, S. (2005). Development in adolescence. *Psychiatry*, 4, 6, 6-9. The Medicine Publishing Company Ltd.
- Groscurth, P. (2002). Anatomy of sweat glands. *Current Problems in Dermatology*, 30, 1-9.
- Gross, J. J. (2002). Emotion regulation: Affective, cognitive and social consequences. *Psychophysiology*, 39, 281 – 291.
- Heikkilä, R. (2015). Rapid automatized naming and reading fluency in children with learning difficulties. Niilo Mäki Instituutti. *Jyväskylä studies in education, psychology and social research* 523. University of Jyväskylä.
- Hidi, S. (1991). Interest and its contribution as a mental resource for learning. *Review of Educational Research*, 60, 549–571.
- Hinton, C., Miyamoto, K. & Della-Chiesa, B. (2008). Brain Research, Learning and Emotions: implications for education research, policy and practice. *European Journal of Education*, 43, 1, 2008. Blackwell Publishing Ltd. 87-103.
- Hugdahl, K. (1995). *Psychophysiology: The Mind-Body Perspective*. Cambridge. *Harvard University Press*. 106-110.

- Hofmann, S.G., Moscovitch, D. A., Litz, B.T., Kim, H.J., Davis, L.L., Pizzagalli, D.A. 2005. The worried mind: autonomic and prefrontal activation during worrying. *Emotion* 5, 464–475.
- Holopainen, L., Kairaluoma, L., Nevala, J., Ahonen, T. & Aro, M. (2004). *Lukivaikeuksien seulontamenetelmä nuorille ja aikuisille*. Jyväskylä: Niilo Mäki -instituutti.
- Jacobs, G. D. (2001). The physiology of mind-body interactions: The stress response and the relaxation response. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 7, S83-S92.
- Jalongo, M. & Hirsh, R. (2010). Understanding Reading Anxiety: New Insights from Neuroscience. *Early Childhood Educ J*, 37, 431–435. Springer Science+Business Media, LLC 2010. doi: 10.1007/s10643-010-0381-5.
- Järviluoma, E., Paananen, M., Kaila, S., Mäntylä, M., Määttä, S. & Aro, T. (2014). *Opas lukivaikeudesta nuorten vanhemmille*. Niilo Mäki Instituutti. Euraprint, Eura.
- Kamhi, A.G., Catts, H.W. (1991). *Reading Disabilities. A Developmental Language Perspective*. Little, Brown and Company (Inc.) LB.
- Kreibig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological Psychology*, 84, 394-421.
- Laitio, T., Jalonen, J., Kuusela, T., & Scheinin, H. (2007). The role of heart rate variability in risk stratification for adverse postoperative cardiac events. *Anesthesia & Analgesia*, 105, 6, 1548-1560.
- Landerl, K., Wimmer, H., & Moser, E. (1997). *Salzburger Lese- und rechtschreibtest* [Salzburg reading and spelling test]. Bern: Huber.
- Lazarus, D. B. & Callahan, T. (2000). Attitudes toward reading expressed by elementary school students diagnosed with learning disabilities. *Reading Psychology*, 21, 4, 271–282.
- Lepola, J., Poskiparta, E., Laakkonen, E., & Niemi, P. (2005). Development of and relationship between phonological and motivational processes and naming speed in predicting word recognition in grade 1. *Scientific Studies of Reading*, 9, 367-399.

- Leppänen, P., Aro, M., Hämäläinen, J. & Vesterinen, M. (2006). Dysleksia – kehityksellinen lukemisen vaikeus. Teoksessa Hämäläinen, H., Laine, M., Aaltonen, O., & Revonsuo, A. (2006). *Mieli ja aivot. Kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Kognitiivisen neurotieteen tutkimuskeskus, Turun yliopisto. Gummerus Kirjapaino Oy.
- Lerikkanen, M-K., Poikkeus, A-M. & Ketonen, R. (2007). *ARMI – Luku- ja kirjoitustaidon arviointimateriaali 1. luokalle*. Niilo Mäki-säätiö. NMI-bulletin.
- Liew, J., McTigue, E., Barrois L. & Hughes, J.N. (2008). Adaptive and effortful control and academic self-efficacy beliefs on literacy and math achievement: A longitudinal study on 1st through 3rd graders. *Early Childhood Research Quarterly* 23, 515–26.
- Lyytinen, H. (1978). Learning disability and phasic arousal. *Reports from the Department of Psychology*, University of Jyväskylä, 208, 1-62.
- Lyytinen, H. (1984). Psychophysiology of human learning and anticipation. In *Human action and personality. Essays in honour of Martti Takala*. (1984). Jyväskylä studies in education, psychology and social research. University of Jyväskylä. Gummerus Oy.
- Lyytinen, H. (2010). Dysleksia. Teoksessa Korpilahti, P., Aaltonen, O. & Laine, M. (toim.). (2010). *Kieli ja Aivot*. Kognitiivisen neurotieteen tutkimuskeskus. Turun yliopisto. Art-Print Oy, Helsinki.
- Lyytinen, H., Ahonen, T., Aro, M., Aro, T., Holopainen, L., Närhi, V. & Räsänen, P. (2001). Kehitysneuropsykologinen näkökulma oppimisvaikeuksiin. Teoksessa *Oppimisvaikeudet, tutkimuksesta käytäntöön. Learning Disabilities, from research to practise*. (2001). Niilo Mäki Instituutti. ER-Paino Oy.
- Lyytinen, H., Ahonen, T., Korhonen, T., Korkman, M., & Riita, T. (2005). *Oppimisvaikeudet, Neuropsykologinen näkökulma*, 2-3 painos, WSOY.
- Lyytinen, H., Erskine, J., Hämäläinen, J., Torppa, M., Ronimus, M. (2015). Dyslexia: early Identification and Prevention: Highlights from the Jyväskylä Longitudinal Study of Dyslexia. *Current Developmental Disorders Reports*, 2, 4, 330-338. doi:10.1007/s40474-015-0067-1. 16.10.2015.

- Lyytinen, H., Erskine, J., Tolvanen, A., Torppa, M., Poikkeus, A.-M., & Lyytinen, P. (2006). Trajectories of reading development: A follow-up from birth to school age of children with and without risk for dyslexia. *Merrill-Palmer Quarterly*, 52, 3, 514-546. doi:10.1353/mpq.2006.0031.
- Lyytinen H., & Lyytinen P. (2006). Lukivaikeus ja sitä ennaltaehkäisevät toimet. Teoksessa Takala M. & Kontu E. (toim.). (2006). *Luki-vaikeudesta Luki-Taitoon*. Yliopistopaino Helsinki.
- Malliani, A., Pagani, M., Lombardi, F., & Cerutti, S. (1991). Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation*, 84, 2, 482-492.
- Marttunen, M. (2009). Nuorten mielenterveysongelmat. *Työterveyslääkäri*, 27, 1, 45-48. Suomen Työterveyslääkäriyhdistys ry.
- McKenna, M. C., Kear, D. J. & Ellsworth, R. A. (1995). Children's attitudes toward reading: a national survey. *Reading Research Quarterly*, 30, 934-955.
- McRae, K., Ciesielski, B., & Gross, J. J. (2012). Unpacking cognitive reappraisal: goals, tactics, and outcomes. *Emotion*, 12, 2, 250.
- McTigue, E. & Liew, J. (2011). Principles and Practices for Building Academic Self-Efficacy in Middle Grades Language Arts Classrooms. *The Clearing House*, 84, 114-118, Taylor & Francis Group, doi: 10.1080/00098655.2010.543191.
- Mendes, W. B. (2009). Assessing autonomic nervous system activity. In E. Harmon-Jones & J.S. Beer (Eds.), *Methods in social neuroscience*. New York, NY: Guilford Press. 118-147.
- Montano, N., Porta, A., Cogliati, C., Costantino, G., Tobaldini, E., Casali, K. R., & Iellamo, F. (2009). Heart rate variability explored in the frequency domain: a tool to investigate the link between heart and behavior. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33, 2, 71-80.
- Nelson, J. M., & Harwood, H. (2011). Learning disabilities and anxiety: a meta-analysis. *Journal of Learning Disabilities*, 44, 1, 3-17.
- Niilo Mäki Instituutti, LukiMat, Tietoverkkovälitteinen peruslukutaidon sekä matematiikan oppimisvalmiuksien oppimis- ja arviointiympäristö. *Lukeminen, lukivaikkeudet*. [Verkkolehti] [viitattu 9.12.2016]. Saatavissa: <http://www.lukimat.fi/>

- Ottaviani, C., Borlimi, R., Brighetti, G., Caselli, G., Favaretto, E., Giardini, I., ... & Sassaroli, S. (2014). Worry as an adaptive avoidance strategy in healthy controls but not in pathological worriers. *International Journal of Psychophysiology*, *93*, 3, 349-355.
- Pekrun, R. (2006). The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review*, *18*, 315-341
- Pichler, C., & Wimmer, L. (2006). *Das salzburger Lesescreening 2-9*. Handreichung für Lehrerinnen und Lehrer. Based on Mayringer, H., & Wimmer, H. (2003). *Salzburger Lesescreening für die Klassenstufen 1-4* and Auer, M., Gruber, G., Mayringer, H., & Wimmer, H. (2005). *Salzburger Lesescreening für die Klassenstufen 5-8*.
- Polychroni, F., Koukoura, K., & Anagnostou, I. (2006). Academic self-concept, reading attitudes and approaches to learning of children with dyslexia: do they differ from their peers? *European Journal of Special Needs Education*, *21*, 4, 415-430
- Porges, S. W. (1995). Orienting in a defensive world: Mammalian modifications of our evolutionary heritage: A polyvagal theory. *Psychophysiology*, *32*, 301-318.
- Porges, S. W. (1997). Emotion: an evolutionary by-product of the neural regulation of the autonomic nervous system. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *807*, 1, 62-77.
- Porges, S. W. (1998). Love: An emergent property of the mammalian autonomic nervous system. *Psychoneuroendocrinology*, *23*, 837-861.
- Porges, S. W. (2001). The polyvagal theory: Phylogenetic substrates of a social nervous system. *International Journal of Psychophysiology*, *42*, 123-146.
- Porges, S. W. (2003). Social engagement and attachment. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1008*, 1, 31-47.
- Porges, S. W. (2007). The polyvagal perspective. *Biological Psychology*, *74*, 116-143.
- Rapcsak, S., Henry, M., Sommer, T., Carnahan, S. & Beeson, P. (2007). Do dual-route models accurately predict reading and spelling performance in individuals with acquired alexia and agraphia? *Neuropsychologia*, *45*, 11, 2519-2524.

- Richter, M. & Slade, K. (2017). Interpretation of physiological indicators of motivation: Caveats and recommendations. *International Journal of Psychophysiology*, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2017.04.007>.
- Roth, W. T., Dawson, M. E., & Fillion, D. L. (2012). Publication recommendations for electrodermal measurements. *Psychophysiology*, *49*(8), 1017-1034.
- Rugel, R. P., & Rosenthal, R. (1974). Skin conductance, reaction time, and observational ratings in learningdisabled children. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *2*, 3, 183–192.
- Satterfield, J. H., Atoian, G. E., Brashears, G. C., Burleigh, A. C., & Dawson, M. E. (1974). Electrodermal studies in minimal brain dysfunction children. *Symposium on the clinical use of stimulant drugs in children*. 87-95.
- Seymour, P., Aro, M. & Erskine, J. M. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*, *94*, 143-175.
- Sheriston, L., Critten, S. & Jones, E. (2016). Routes to Reading and Spelling: Testing the Predictions of Dual- Route Theory. International Literacy Association. *Reading Research Quarterly*, *51*, 4, 403–417. doi:10.1002/rrq.143.
- Steinberg, L. (2005). Cognitive and affective development in adolescence. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*, 2, 69-74.
- Takala M., & Kontu E. (2006). *Luki-vaikeudesta Luki-taitoon*. Yliopistopaino Helsinki.
- Teodorescu, K. & Erev., I. (2014). Learned Helplessness and Learned Prevalence: Exploring the Causal Relations Among Perceived Controllability, Reward Prevalence, and Exploration. *Psychological Science* *25*, 10, 1861 –1869. doi: 10.1177/0956797614543022.
- Tobia, V., Bonifacci, P., Ottaviani, C., Borsato, T. & Marzocchi, G. (2015). Reading under the skin: physiological activation during reading in children with dyslexia and typical readers. The International Dyslexia Association 2015. *Ann. of Dyslexia*, *66*, 171–186. doi 10.1007/s11881-015-0109-8.
- Torppa, M., Tolvanen, A., Poikkeus, A. M., Eklund, K., Lerkkanen, M. K., Leskinen, E. & Lyytinen, H. (2007). Reading development subtypes and their early characteristics. *Annals of Dyslexia*, *57*, 1, 3-32.

- Torppa, M., Parrila, R., Niemi, P., Lerkkanen, M-K., Poikkeus, A-M. & Nurmi, J-E. (2013). The double deficit hypothesis in the transparent Finnish orthography: a longitudinal study from kindergarten to Grade 2. *Springer Science+Business Media Dordrecht 2013*. *Read Writ* (2013) 26:1353–1380. DOI 10.1007/s11145-012-9423-2.
- Väljjarvi, J. & Linnakylä, P. (toim.). (2002). *Tulevaisuuden osajat. PISA 2000 Suomessa*. Kirjapaino Oma Oy. Jyväskylä.
- Wimmer, H., Mayringer, H., & Landerl, K. (2000). The double-deficit hypothesis and difficulties in learning to read a regular orthography. *Journal of Educational Psychology*, 92. 668–680.
- Zahn, T. P., Abate, F., Little, B. C., & Wender, P. H. (1975). Minimal brain dysfunction, stimulant drugs, and autonomic nervous system activity. *Archives of General Psychiatry*, 32, 3, 381–387.
- Zahn, T. P., Little, B. C., & Wender, P. H. (1978). Pupillary and heart rate reactivity in children with minimal brain dysfunction. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 6, 1, 135–147.
- Zelege, S. (2004). Self-concepts of students with learning disabilities and their normally achieving peers: a critical review. *European Journal of Special Needs Education*, 19, 2, 145–170.