

Emilia Kiiveri

SYKEVÄLIVAIHTELU AKTIIVISUUDEN JA TARKKAAVUUDEN HÄIRIÖSSÄ

Yhteiskuntatieteiden tiedekunta
Pro Gradu -tutkielma
Marraskuu 2021

TIIVISTELMÄ

Kiiveri, Emilia: Sykevälivaihtelu aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriössä
Pro Gradu -tutkielma, 26 s.
Tampereen yliopisto
Psykologia
Marraskuu 2021

Aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriö (ADHD) on yksi yleisimmistä lasten psykiatrisista häiriöistä, joka voi aiheuttaa huomattavia vaikeuksia niin akateemisen, sosiaalisen kuin myös psyykkisen toimintakyvyn ja terveyden kannalta. ADHD:n ilmeneminen on monimuotoista, ja häiriöstä voidaan erottaa kolme esiintymismuotoa, jotka ovat pääasiassa yliaktiivis-impulsiivinen, pääasiassa tarkkaamaton ja yhdistynyt muoto. Myös häiriön taustan ja etiologian on päätelty olevan monisyinen. Häiriöön tiedetään liittyvän aivojen toiminnallisia ja rakenteellisia poikkeavuuksia sekä mahdollisia autonomisen hermoston säätelyn häiriöitä. Heterogeenisen taustan ja ilmenemisen vuoksi yhtä yhtenäistä teoriaa ei ole pystytty muodostamaan ADHD:n selittämiseksi ja ymmärtämiseksi. Yksittäisiin ADHD:n ydinvaikeuksiin keskittyvien teorioiden sijaan itsesäätelyn ongelmien voidaan nähdä vaikuttavan näiden kaikkien vaikeuksien taustalla. Tähän perustuen itsesäätelyn puutteiden on ehdotettu olevan yhtenäinen ADHD-oireiden taustalla oleva ongelma.

Itsesäätelyn objektiivinen mittaaminen on kuitenkin osoittautunut haastavaksi, joten enenevässä määrin tutkimuksissa on hyödynnetty psykofysiologisia mittaamenetelmiä, kuten sykevälivaihtelua. Sykevälivaihtelun on havaittu heijastavan autonomisen hermoston toimintoja, minkä puolestaan on nähty olevan yhteydessä itsesäätelykykyyn. Sykevälivaihtelua mittaamalla voidaan siis saada tietoa niin ADHD:hen liittyvistä mahdollisista hermoston toiminnan poikkeavuuksista kuin myös itsesäätelyvaikeuksista. Aiemmat tutkimustulokset sykevälivaihtelun perustasosta ja muutoksista tarkkaavuutta kuormittavan tehtävän aikana ADHD:ssä ovat olleet ristiriitaisia, minkä vuoksi aihetta on mielekästä tutkia lisää. Lisäksi ADHD:n esiintymismuotojen välisiä mahdollisia eroja sykevälivaihtelussa ja ADHD-oireiden määrän yhteyttä sykevälivaihteluun on tutkittu vasta hyvin vähän.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, eroavatko ADHD-lasten ja tavanomaisesti kehittyneiden lasten sykevälivaihtelut toisistaan perustasolla tai reaktiona itsesäätelyä vaativaan tehtävään. Lisäksi tavoitteena oli tarkastella sykevälivaihtelun perustason ja reaktiivisuuden eroavuuksia ADHD:n esiintymismuotojen välillä ja yhteyksiä ADHD-oireisiin. Tutkimukseen osallistui 34 lasta, joilla oli ammattilaisen toteamia tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia sekä 22 tavanomaisesti kehittyntä lasta. Kumpikin ryhmistä teki kaksi tietokoneavusteista tehtävää, joiden aikana mitattiin sykevälivaihtelua. Lisäksi niiden lasten, joilla oli tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia, opettajat ja vanhemmat täyttivät kyselylomakkeet, joilla arvioitiin ADHD-oireiden esiintymismuotoa ja määrää. Kyselyvastausten perusteella ADHD-oireiset lapset jaettiin diagnosikriteerien mukaisesti katkaisurajat ylittäviin esiintymismuotojen mukaisiin ryhmiin.

Vertailtaessa niitä lapsia, joilla oli tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia tavanomaisesti kehittyneisiin lapsiin, ei havaittu eroavuuksia sykevälivaihtelussa perustasolla eikä reaktiona itsesäätelytehtävään. Kummassakin ryhmässä osalla lapsista sykevälivaihtelu vaimeni ja osalla voimistui suhteessa perustason reaktiona itsesäätelytehtävään. Myöskään ADHD:n esiintymismuotojen mukaan jaettujen ryhmien välillä ei havaittu eroavuuksia sykevälivaihtelussa perustasolla eikä reaktiona itsesäätelytehtävään. Sykevälivaihtelun perustaso oli kuitenkin yhteydessä opettajien arvioimiin yhdistyneisiin ja yliaktiivisuus-impulsiivisuusoireisiin siten, että mitä korkeampi oli lapsen sykevälivaihtelun perustaso, sitä enemmän oli oireita opettajien arvioimina. Lisäksi havaittiin tilastollisesti melkein merkitsevä yhteys sykevälivaihtelun perustason ja opettajien arvioimien tarkkaamattomuusoireiden välillä.

Tämän tutkimuksen perusteella saatiin lisää tietoa sykevälivaihtelun perustasosta ja reaktiivisuudesta ADHD:ssä. Vaikka sykevälivaihtelu ei tämän tutkimuksen perusteella erottelisi ADHD-lapsia tavanomaisesti kehittyneistä lapsista tai ADHD:n esiintymismuotoja toisistaan, tulokset viittaavat siihen, että sykevälivaihtelun perustaso olisi voimakkaammin yhteydessä tiettyihin ADHD:n ydinoireisiin, kuten yliaktiivisuus-impulsiivisuusoireisiin. Tutkimuksen tulokset viittaavat mahdollisesti yleisesti matalan vireystilan olevan yliaktiivisuus-impulsiivisuusoireiden taustalla. Koska tutkimuksen otoskoko oli pieni, tuloksia voidaan pitää vain suuntaa-antavina. Aihetta olisi syytä tutkia vielä lisää häiriön monimuotoisen taustan ja ilmenemisen selvittämiseksi.

Avainsanat: Aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriö, tarkkaamattomuus, yliaktiivisuus-impulsiivisuus, sykevälivaihtelu, sykevälivaihtelun reaktiivisuus, itsesäätely, toiminnanohjaus, tarkkaavuus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO	1
Itsesäätely, tarkkaavuus ja toiminnanohjaus.....	2
Aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriö (ADHD)	3
Sykevälivaihtelu itsesäätelyn mittarina	4
Sykevälivaihtelu aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriössä	7
Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimuskysymykset	8
MENETELMÄT	10
Tutkimuksen toteutus ja tutkittavat.....	10
Tutkimusmenetelmät ja mittarit.....	12
Aineiston analysointi.....	13
Tilastolliset analyysit.....	14
TULOKSET	15
TOTAKU- ja kontrolliryhmän sykevälivaihtelun perustaso.....	15
TOTAKU- ja kontrolliryhmän sykevälivaihtelun reaktiivisuus CPT-tehtävään	15
Sykevälivaihtelun eroavuudet ADHD:n esiintymismuotojen välillä	16
Sykevälivaihtelun ja ADHD-oireiden yhteydet.....	16
POHDINTA	17
Sykevälivaihtelun perustaso	18
Sykevälivaihtelun reaktiivisuus itsesäätelytehtävään	19
Sykevälivaihtelun eroavuudet ADHD:n esiintymismuotojen välillä	21
Sykevälivaihtelun ja ADHD-oireiden yhteydet.....	21
Tutkimuksen vahvuudet, rajoitukset ja jatkotutkimustarpeet	23
Johtopäätökset.....	25
LÄHTEET	27

JOHDANTO

Lapsen itsesäätelykyky, eli kyky säädellä käyttäytymistään, ajatteluaan ja tunteitaan sopeutuakseen eri ympäristöihin ja tilanteisiin ennustaa hyvää sosiaalista toimintakykyä, koulumenestystä ja kognitiivista kehitystä (Diamond, 2013; Vohs & Baumeister, 2016). Pitkäaikaisia ja lapsen kehitystasoon nähden poikkeavia vaikeuksia itsesäätelytaidoissa, toiminnanohjauksessa ja tarkkaavuudessa aiheuttava kehityksellinen häiriö on aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriö (ADHD) (Puustjärvi ym., 2017). ADHD on yksi yleisimmistä lasten pitkäaikaissairauksista, jota esiintyy arviolta 5–7 prosentilla kouluikäisistä lapsista kotimaisten ja kansainvälisten tutkimusten mukaan (Pihko, Haataja & Rantala, 2014; Puustjärvi ym., 2017).

ADHD on taustatekijöiltään ja ilmenemiseltään monimuotoinen häiriö, eikä siihen liittyvää patofysiologiaa ja etiologiaa vielä täysin tunneta (Tripp & Wickens, 2009). Häiriöön tiedetään liittyvän keskushermoston rakenteellisia ja toiminnallisia poikkeavuuksia. Lisäksi ADHD:n taustalla on arveltu olevan vireystilan säätelyn häiriöitä, jotka on liitetty autonomisen hermoston poikkeavaan toimintaan (Bellato, Arora, Hollis & Groom, 2020; Sergeant, 2000). ADHD:n syytekijöitä ja ilmene mistä ei ole pystytty selittämään yksittäisiin häiriöön kuuluviin vaikeuksiin keskittyvillä teorioilla, joten on ehdotettu, että laajemmat itsesäätelyn ongelmat voisivat olla ADHD:n taustalla (Shiels & Hawk, 2010).

Itsesäätelyn käsitteen laaja-alaisuuden vuoksi sen kokonaisvaltainen tutkiminen on osoittautunut haastavaksi pelkästään ulospäin näyttäytyvään käyttäytymiseen perustuvilla menetelmillä (Shiels & Hawk, 2010). Tämän vuoksi viime vuosina on käytetty yhä enemmän fysiologisia itsesäätelyn mittareita, kuten autonomisen hermoston säatelemää sykevälivaihtelua (Laborde, Mosley & Thayer, 2017). Sykevälivaihtelun on havaittu olevan yhteydessä itsesäätelykyvyn lisäksi myös muihin, osin päällekkäisiin toimintoihin, kuten toiminnanohjaukseen ja sosiaaliseen toimintakykyyn (Geisler, Kubiak, Siewert & Weber, 2013; McCraty & Shaffer, 2015; Thayer, Hansen, Saus-Rose & Johnsen, 2009). Niinpä sykevälivaihtelua mittaamalla voidaan mahdollisesti saada lisää tietoa ADHD:n hermostollisesta perustasta ja häiriöön liittyvistä itsesäätelyn vaikeuksista. Tutkimustietoa sykevälivaihtelusta ADHD:ssä on vielä melko vähän, ja tulokset ovat osin ristiriitaisia, minkä vuoksi lisää tutkimusta aiheesta tarvitaan (Bellato ym., 2020; Koenig ym., 2016).

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan, onko ADHD-lasten autonomisen hermoston säatelemässä sykevälivaihtelussa poikkeavuutta verrattuna tavanomaisesti kehittyneisiin lapsiin sykevälivaihtelun perustasolla, eli yksilön ollessa lepotilassa sekä reaktiona itsesäätelyä vaativaan tehtävään. Lisäksi

tavoitteena on tutkia, liittyykö eri ADHD:n esiintymismuotoihin ja oireiden määriin erilaista autonomisen hermoston toimintaa.

Itsesäätely, tarkkaavuus ja toiminnanohjaus

Itsesäätelyllä tarkoitetaan oman reaktiivisuuden säätelyä, mikä mahdollistaa toiminnan, tunteiden ja kognitioiden mukauttamisen tilanteeseen sopiviksi ja yksilön tavoitteiden mukaisiksi (Holzman & Bridgett, 2017; Vohs & Baumeister, 2016). Itsesäätelykyvyn voidaan nähdä olevan osa temperamenttia (Rothbart, Ahadi & Evans, 2000). Näin ollen itsesäätelyllä on siis biologinen perusta, ja se on suhteellisen pysyvä ajassa ja eri konteksteissa, mutta ympäristö voi kuitenkin vaikuttaa sen kehitykseen. Itsesäätelyn tiedetään kehittyvän vauvaiästä lapsuuteen ja vielä nuoruusikään asti sekä käyttäytymisen että hermoston tasolla (Albert & Steinberg, 2011; Dahl, 2004; Luna, Garver, Urban, Lazar & Sweeney, 2004). Psykobiologisen mallin mukaan lapsen varhaiset kokemukset ohjelmoivat autonomisen hermoston ja hypotalamus-aivolisäke-lisämunuaisakselin (HPA-akselin) välittämiä fysiologisia stressireaktioita (Blair & Raver, 2012). Näiden reaktioiden tarkoituksena on lisätä sellaista käyttäytymistä, joka edistää lapsen sopeutumista omaan ympäristöönsä. Niinpä myönteistä kehitystä tukevilla, responsiivisilla ja sensitiivisillä kasvuympäristöillä lapsen tarkkaavuus, tunne-elämä ja fysiologiset stressivasteet kehittyvät siten, että ne tukevat puolestaan myös hyviä itsesäätelyn taitoja (Blair & Raver, 2015). Lapsen itsesäätely kehittyy vanhemman ja lapsen yhteissäätelyn kautta tahdonalaisen hallinnan kehittymisen myötä lapsen omaksi säätelyksi (McCartney & Phillips, 2006).

Tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen toiminnot voidaan nähdä itsesäätelyyn tarvittavina mekanismeina (Vohs & Baumeister, 2016). Tahdonalaisella hallinnalla tarkoitetaan tarkkaavuuden hallintaa, joka mahdollistaa automaattisten, tarpeettomien reaktioiden ehkäisyn ja tarpeellisten reaktioiden aktivoimisen, suunnittelun sekä virheiden havaitsemisen. Tahdonalainen hallinta alkaa kehittyä jo varhaislapsuudessa, ja sen kapasiteetissa uskotaan tapahtuvan suurta kehitystä ensimmäisten kouluvuosien aikana (Vohs & Baumeister, 2016). Tämä mahdollistaa lapsen koulutyöskentelyn ja vertais-suhteissa toimimisen. Itsesäätelyn onnistuminen vaatii, että lapsi tuntee tilanteeseen sopivan käyttäytymismallin ja hallitsee sen toteuttamisen edellyttämät taidot, valvoo käyttäytymisen toteutumista ja on riittävän motivoitunut korjaamaan toimintaansa tarvittaessa (Hofmann, Schmeichel & Baddeley, 2012). Ajoittaiset vaikeudet itsesäätelyssä, toiminnanohjauksessa ja tarkkaavuudessa ovat lapsilla melko tavallisia. Vaikeuksien ollessa merkittäviä saattaa olla kyse aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriöstä.

Aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriö (ADHD)

Aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriö (ADHD) on kehityksellinen neuropsykiatrinen häiriö, jonka ydinoireita ovat ICD-10- ja DSM-5-tautiluokitusten mukaan tarkkaamattomuus, ylivilkkaus ja impulsiivisuus (Puustjärvi ym., 2017). Häiriö on havaittavissa jo lapsuudessa; diagnoosikriteerien mukaan oireita tulee esiintyä ennen seitsemän vuoden ikää. Diagnoosi on pojilla 1–3 kertaa yleisempi kuin tytöillä, mutta on arveltu, että tyttöjen ADHD saattaa jäädä useammin tunnistamatta (Pihko ym., 2014). ADHD:n oireet ovat lapsen kehitystasoon nähden poikkeavia, laaja-alaisia, ja haittaavat lapsen toimintaa useammassa kuin yhdessä tilanteessa, esimerkiksi sekä kotona että koulussa (Puustjärvi ym., 2017). ADHD heikentää lapsen arjen toimintakykyä ja voi aiheuttaa vaikeuksia myös koko perheelle, sillä ADHD-lapsen kasvatus voi olla haastavaa, mikä voi johtaa vanhempien toimimattomiin kasvatuskäytäntöihin sekä perheen kuormittumiseen (Hermanson, 2012).

ADHD on ilmenemiseltään heterogeeninen häiriö. Oireiden ilmeneminen ja niistä aiheutuva haitta vaihtelevat eri ikä- ja kehitysvaiheissa (Barkley, 1997). Lisäksi oireiden haittaavuus ja määrä vaihtelevat ympäristö- ja motivationaalisten tekijöiden vaikutuksesta. Oirekuvissa on vaihtelevuutta myös yksilöiden välillä, minkä vuoksi ADHD:stä voidaan erottaa kolme esiintymismuotoa, jotka ovat pääasiassa tarkkaamaton, pääasiassa yliaktiivis-impulsiivinen sekä yhdistynyt esiintymismuoto (Puustjärvi ym., 2017). Tutkimuksissa on havaittu, että näihin eri esiintymismuotoihin liittyy erilaisien pääoireiden lisäksi myös toisistaan eroavia poikkeavuuksia aivoalueiden välisissä yhteyksissä, erilaisia reaktioita emotionaalisiin vihjeisiin, palkkioihin ja rangaistuksiin sekä erilaisia sosioemotionaalisia ja kognitiivisia vaikeuksia (Gong ym., 2014; Conzelmann ym., 2009; Graetz, Sawyer, Hazell, Arney & Baghurst, 2001; Park, Kim, Seo, Lee & Park, 2015). Vaihtelevan ilmenemisen vuoksi ADHD:n hoitokin on monimuotoista, ja useiden eri psykososiaalisten ja lääkkeellisten hoitomuotojen yhdistäminen on usein tarpeellista (Puustjärvi ym., 2017).

Monimuotoisen ilmenemisen lisäksi ADHD on myös taustaltaan monisyinen häiriö. Häiriön taustatekijät ovat sekä perimään että ympäristöön liittyviä (Pihko ym., 2014). Riskitekijöitä ovat muun muassa äidin raskaudenaikainen stressi ja päihteiden käyttö, lapsen pieni syntymäpaino, vakava kaltoinkohtelu, kasvatuksen epäjohdonmukaisuus ja kielteinen perheilmapiiri (Puustjärvi ym., 2017). Lisäksi useiden geneettisten tekijöiden on osoitettu lisäävän ADHD:n esiintymisen todennäköisyyttä. Häiriöön tiedetään liittyvän toiminnallisia ja rakenteellisia poikkeavuuksia aivojen tarkkaavuutta ja vireystilaa säätelevissä hermoverkoissa (Huttunen & Socada, 2019; Tripp & Wickens, 2009). Aivo-kuvantamistutkimuksissa ADHD-lapsilla on havaittu muun muassa frontoparietaalisen verkoston aliaktiivisuutta sekä poikkeavuuksia frontaalialueiden harmaan aineen tilavuudessa ja yhteyksissä muihin aivoalueisiin (Cortese ym., 2012; Friedman & Rapoport, 2014; van Ewijk, Hesefeld, Zwiers,

Buitelaar & Oosterlaan, 2012). Tutkimuksissa on havaittu ADHD:hen liittyvän poikkeavuuksia aivojen rakenteessa ja toiminnassa niin lepotilassa kuin myös tehtävälanteissa, mutta toistaiseksi häiriöön liittyvää etiologiaa ja patofysiologiaa ei ole pystytty selvittämään kokonaan (Voutilainen, 2016).

DSM- ja ICD-tautiluokitusten ADHD:n määritelmien avulla ei pystytä täysin selittämään ja ymmärtämään ADHD:tä; ne ovat pikemminkin kuvauksia käyttäytymisestä, jonka perusteella häiriö voidaan diagnosoida (Barkley, 1997). Tähän määritelmien puutteellisuuteen on pyritty vastaamaan kehittämällä ADHD:n teoreettisia selitysmalleja. Aiemmissä malleissa ADHD:n taustalta on yritetty löytää tietty yksittäinen ydinvaikeus esimerkiksi tiedonkäsittelyssä tai motivaatiossa, mutta nämä teorit ovat kuitenkin osoittautuneet riittämättömiksi ADHD:n monimuotoisten kehityskulkujen, etiologian ja ilmenemisen selittämiseksi (Pennington, 2005; Shiels & Hawk, 2010). Tämän takia on päätelty, että häiriön ymmärtäminen vaatii laajempaa kehityksellistä näkökulmaa. Yksittäiseen vaikeuteen, kuten tarkkaavuuden ylläpitoon, reaktioiden inhibitioon tai työmuistiin keskittymisen sijaan itesäätelyn prosessien voidaan nähdä vaikuttavan kaikissa näissä toiminnoissa ilmenevien vaikeuksien taustalla. Itsesäätelyn ongelmiin liittyy sekä kognitiivisia että motivationaalisia tekijöitä, joita aiemmissa teorioissa on käytetty erikseen ADHD:n selittämiseksi.

Itsesäätelyn käsitteen monitahoisuus voi aiheuttaa haasteita, kun pyritään arvioimaan, ovatko siinä esiintyvät vaikeudet ADHD-oireiden taustalla; itsesäätelyyn liittyy monia eri toimintoja, joiden samanaikainen havaitseminen käyttäytymisestä on vaikeaa (Shiels & Hawk, 2010). Tämän vuoksi näissä tutkimuksissa on siirrytty käyttämään yhä enemmän myös fysiologisia mittareita, joiden avulla voidaan kerätä sellaista tietoa itsesäätelytoiminnoista, jota ei ulospäin ilmenevästä käyttäytymisestä voida saavuttaa. Fysiologisia mittareita käyttämällä on mahdollista saada monipuolisempaa ymmärrystä ADHD:n taustalla olevista itsesäätelyn vaikeuksista sekä mahdollisista hermostollisista poikkeavuuksista.

Sykevälivaihtelu itsesäätelyn mittarina

Psykofysiologisissa tutkimuksissa on käytetty yhtenä autonomisen hermoston aktivaation mittarina *sykevälivaihtelua* (engl. *heart rate variability, HRV*), jolla on päätelty olevan yhteyksiä itsesäätelytoimintoihin (Laborde ym., 2017). Sykevälivaihtelulla tarkoitetaan sydämen sykkeessä luonnollisesti esimerkiksi sisään- ja uloshengitysten mukaan tapahtuvaa vaihtelua. Sykevälivaihtelun mittaus on kivuton, edullinen ja ei-invasiivinen menetelmä, eli mittauksessa ei tarvitse kajota elimistön sisälle.

Sykevälivaihtelun ja siinä tapahtuvien muutosten yhteyttä itsesäätelyyn voidaan selittää polyvagaalisella teoriolla, jonka mukaan autonominen hermosto koostuu sympaattisesta ja parasympaat-

tisesta osasta (Porges, 2007). Sympaattinen osa valmistaa nopeaan reagointiin ja toimintaan. Parasympaattinen osa voidaan jakaa edelleen myelinisoitumattomaan ja myelinisoituneeseen vagushermoon. Myelinisoitumattoman vagushermon toiminta liittyy paikalleen pysähtymiseen ja jähmettymiseen, kun taas myelinisoituneen vagushermon toiminta liittyy rauhoittumiseen, koska sen impulssit inhiboivat sympaattisen hermoston sykettä kiihdyttävää vaikutusta ja HPA-akselin stressivasteita. Myelinisoituneen vagushermon rauhoittava ja jarruttava fysiologinen vaikutus tukee itsesäätelyä. Polyvagaalisen teorian mukaan tätä jarruttavaa vaikutusta tarvitaan erityisesti sosiaalisessa vuorovaikutuksessa. Sen sijaan vagushermon jarruttava vaikutus vähenee tilanteissa, jotka vaativat valppautta, uusien ärsykkeiden havaitsemista ympäristöstä ja aktiivista reagointia niihin (Porges, 1995). Polyvagaalisen teorian mukaan siis myelinisoituneen vagushermon säätely sykevälivaihtelussa on adaptiivista, koska sen avulla yksilö pystyy nopeasti vaihtelevaan eri fysiologisten tilojen välillä, mikä mahdollistaa muun muassa sosiaalisen vuorovaikutuksen ja elintoimintoihin liittyvän homeostaasin ylläpitämisen, sekä toisaalta tarkkaavuuden suuntaamisen nopeasti ympäristöön siinä tapahtuvien muutosten huomaamiseksi.

Thayerin ja kollegoiden (2009) integraatioteorian mukaan itsesäätelyn ja sykevälivaihtelun yhteyden taustalla on kognitiivisten ja elintoimintojen säätelystä vastaava keskushermoston autonominen verkosto, johon kuuluu muun muassa frontaalilohkon aivokuori sekä limbisen järjestelmän ja aivorungon rakenteita. Tämä keskushermoston autonominen verkosto on vagushermon välityksellä yhteydessä sydämeen, ja sen kautta kulkevat impulssit vaikuttavat sydäntä tahdistavan sinussolmukkeen toimintaan, joka määrittää sykkeessä tapahtuvaa vaihtelua. Tällöin yksilöiden väliset erot sykevälivaihtelussa heijastavat eroavuuksia keskushermoston ja etenkin frontaalilohkon aivokuoren toiminnossa. Tärkein malliin liittyvä oletus on, että mitä enemmän vagushermon välittämää sykevälivaihtelua, sitä parempi on yksilön itsesäätelykyky ja kognitiivinen suoriutuminen.

Sykevälivaihtelusta voidaan erottaa erilaisia komponentteja aika- tai taajuusperustaisesti, joista tässä tutkimuksessa keskitytään korkean taajuuden *respiratoriseen sinusarytmiaan* (engl. *respiratory sinus arrhythmia, RSA*), jonka ajatellaan olevan vagushermon aktivaation mittari (Berntson ym., 1997). RSA liittyy ilmiöön, jossa sydämen syke kiihtyy sisään hengittäessä ja hidastuu ulos hengittäessä (Laborde ym., 2017). RSA on tulosta hengityselinten sekä sydän- ja verenkiertoelimistön yhteistoiminnasta, jotka pyrkivät sopeutumaan ulkoisiin ja sisäisiin vaatimuksiin keskus- ja ääreishermostolta tulevan palautteen mukaan (Grossman & Taylor, 2007).

Edellä esitellyille teorioille (Porges, 2007; Thayer ym., 2009) on kertynyt tukea myös empiirisistä tutkimuksista, joissa RSA:lla on havaittu olevan yhteyksiä itsesäätelyn, tunteiden säätelyn ja toiminnanohjauksen toimintoihin (Geisler ym., 2013; McCraty & Shaffer, 2015; Thayer ym., 2009).

Holzmanin ja Bridgettin (2017) meta-analyysin mukaan tavanomaisesti kehittyneillä henkilöillä korkea RSA:n perustaso, eli se, että lepotilassa RSA:n vaihtelutaajuus on korkea, on yhteydessä parempaan itsesäätelyyn. Yhteys oli lapsilla heikompi kuin aikuisilla, ja tutkijat päättelivät tämän johtuvan mahdollisesti siitä, että lapsilla aivokuori ja vagusherma sekä näitä yhdistävät hermoradat eivät ole vielä kehittyneet aikuisen tasolle. Tavanomaisesti kehittyneillä aikuisilla korkean RSA:n perustason on havaittu olevan yhteydessä parempaan toiminnanohjaukseen ja tarkkaavuuteen (Forte, Favieri & Casagrande, 2019), parempaan kognitiiviseen suoriutumiseen (Williams, Thayer & Koenig, 2016), sinnikkyteen vaikeiden tehtävien suorittamisessa (Reynard, Gevirtz, Berlow, Brown & Boutelle, 2011; Segerstrom & Nes, 2016) sekä vahvempaan tunteiden säätelykykyyn (Geisler, Vennwald, Kubiak & Weber, 2010). Tutkimustietoa on lasten osalta vähemmän, mutta korkea RSA:n perustaso on ollut yhteydessä tavanomaisesti kehittyneiden lasten parempaan suoriutumiseen toiminnanohjausta vaativissa kognitiivisissa tehtävissä (Staton, El-Sheikh & Buckhalt, 2009). Sen sijaan matalan RSA:n perustason on havaittu olevan yhteydessä lasten ja nuorten käyttäytymisen säätelyn ongelmiin, sosiisiin vaikeuksiin ja uhmakkaaseen käytökseen (Griffiths ym., 2017; Porges, 2007).

RSA:n perustason lisäksi voidaan mitata myös sen reaktiivisuutta. Reaktiivisuudella tarkoitetaan RSA:n voimistumista tai vaimenemista tehtäväsuorituksen tai ärsykkeen aikana verrattuna perustasaan. Parasympaattisen hermoston inhibitorinen kontrolli laskee hengitystiheyttä, mikä puolestaan johtaa suurempiin RSA:n arvoihin, eli voimistumiseen, kun taas parasympaattisen hermoston vaikutuksen vähentyessä RSA saa pienempiä arvoja, eli vaimenee (Berntson ym., 1997). RSA:n reaktiivisuuden on esitetty kuvaavan yksilön kykyä sopeutua ympäristön muutoksiin ja säädellä omaa toimintaansa sen mukaisesti (Porges, 2007). Mittaamalla RSA:ta yksilön kohdatessa ympäristön haasteita, voidaan arvioida tilannesidonnaista parasympaattisen hermoston vaikutusta. RSA:n vaimenemisen ajatellaan johtuvan parasympaattisen hermoston vagushermon jarruttavan vaikutuksen vähenemisestä. Tämän on esitetty olevan fysiologinen strategia, jonka avulla yksilö voi vähentää homeostaattisiin prosesseihin käyttämiään resursseja, ja suunnata niitä enemmän kognitiivisiin toimintoihin tai käyttäytymisen ja tunteiden säätelyyn sekä saavuttaa psyykkiselle työskentelylle optimaalisen fysiologisen tilan (Duschek, Muckenthaler, Werner & Reyes del Paso, 2009; Calkins & Keane, 2004).

Empiiristen tutkimusten mukaan RSA:n reaktiivisuus ja se, onko voimistuminen vai vaimeneminen adaptiivista, näyttää riippuvan siitä, minkälainen tehtävä on kyseessä (Overbeek, van Boxtel & Westerink, 2014; Sulik, Eisenberg, Spinrad & Silva, 2015). Vertailua eri tehtävätyyppien välillä on vaikeuttanut se, että RSA:han voivat vaikuttaa häiritsevät tekijät, kuten esimerkiksi motorinen aktiivisuus tai puhuminen, joka vaikuttaa hengitystiheyteen. RSA:n on havaittu vaimenevan kognitiivisia tehtäviä suoritettaessa varsinkin silloin, kun tehtävät vaativat toiminnanohjausta, kognitiivista

kontrollia ja ponnistelua (Overbeek ym., 2014). Lisäksi tehtävän vaikeusasteen kasvamisen on havaittu johtavan RSA:n lisääntyneeseen vaimenemiseen. Tätä RSA:n vaimenemista kognitiivisten tehtävien aikana on nähty tapahtuvan sekä lapsilla (Marcovitch ym., 2010) että aikuisilla (Overbeek ym., 2014). Marcovitch ja kollegat (2010) havaitsivat, että lapsilla keskimääräinen RSA:n vaimeneminen oli adaptiivisinta tehtävässä suoriutumisen kannalta, kun taas heikoimmin suoriutuivat ne, joiden RSA vaimeni hyvin vähän tai paljon. Lisäksi on havaittu, että RSA:n vähäinen vaimeneminen haastavaa tehtävää suorittaessa saattaa olla yhteydessä erilaisiin käyttäytymisen haasteisiin (Graziano & Derefinko, 2013).

Sykevälivaihtelu aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriössä

Tutkimustietoa sykevälivaihtelusta ADHD:ssä on kertynyt vasta vähän, ja tulokset ovat olleet osin ristiriidassa. Koenigin ja kollegoiden (2016) meta-analyysin tuloksena oli, että ADHD:hen ei liity poikkeavaa RSA:n perustaso. Sen sijaan Rash ja Aguirre-Camacho (2012) päättelivät katsauksessaan ADHD-lapsilla olevan tavanomaisesti kehittyneisiin lapsiin verrattuna matalampi RSA:n perustaso. ADHD-lapsilla on havaittu olevan korkeampi syke ja matalampi RSA kuin tavanomaisesti kehittyneillä lapsilla, mutta ADHD-lääkitys näyttäisi korjaavan näitä poikkeavuuksia (Buchhorn, Conzelmann, Willaschek, Störk, Taurines & Renner, 2012; Buchhorn, Müller, Willaschek & Norozi, 2012).

Poikkeavan matala RSA:n perustaso on ollut yhteydessä tunne-elämän oireisiin, minkä vuoksi sen on havaittu liittyvän useaan eri mielenterveyden ja kehitykselliseen häiriöön (Beauchaine, 2015). Saattaisi siis olla perustellumpaa tutkia yksilön tilannesidonnaista itsesäätelykykyä vertailemalla RSA:n reaktiivisuutta tarkkaavuustehtävään suhteessa perustasoon, koska RSA:n perustasoissa on havaittu suurta yksilöiden välistä vaihtelua, eikä tarkkaa syytä tälle vaihtelulle tiedetä. Sykevälivaihtelun reaktiivisuudesta ADHD:ssä on tehty tutkimusta vasta vähän, eivätkä tulokset ole myöskään olleet täysin yhdensuuntaisia. Eniten näyttöä on kertynyt sen puolesta, että ADHD-lasten RSA:n vaimeneminen itsesäätelyä kuormittavissa tehtävissä olisi vähäisempää kuin tavanomaisesti kehittyneillä lapsilla (Rash & Aguirre-Camacho, 2012). Kliinisillä otoksilla on havaittu olevan vähemmän RSA:n vaimenemista haastavan tehtävän aikana kuin tavanomaisesti kehittyneillä lapsilla (Graziano & Derefinko, 2013). Tenenbaumin ja kollegoiden (2019) tutkimuksessa ADHD-lasten RSA:ssa tapahtui enemmän voimistumista suhteessa perustasoon, ja he tekivät enemmän virheitä kuin tavanomaisesti kehittyneet lapset, kun heidän piti reagoida tunteita herättäviin ärsykkeisiin. Roben, Dobreanin, Cristean, Păsărelun ja Predescun (2019) meta-analyysissä verrattiin ADHD-lasten ja tavanomaisesti kehittyneiden lasten RSA:ta tehtävän suorituksen jälkeen, ja johtopäätöksenä oli, että

ADHD-lasten RSA on matalampi tehtävätilanteen jälkeen kuin tavanomaisesti kehittyneiden lasten. Meta-analyysin efektin koko oli kuitenkin pieni, sillä monessa mukana olleessa tutkimuksessa ei ollut havaittu eroa ADHD-lasten RSA:ssa verrattuna tavanomaisesti kehittyneisiin lapsiin.

ADHD-lasten ja tavanomaisesti kehittyneiden lasten autonomisen hermoston toimintaa vertailleet tutkimukset ovat olleet hyvin heterogeenisiä, mikä vaikeuttaa johtopäätösten tekemistä katsauksissa ja meta-analyysseissa (Bellato ym., 2020). On monia häiritseviä tekijöitä, jotka saattavat vaikuttaa sykevälivaihteluun, kuten tutkittavien ikä, rinnakkaishäiriöt ja sukupuoli sekä mittauksen kesto ja tilanne (Koenig ym., 2016). Roben ja kollegoiden (2019) meta-analyysissä tehtävätyyppi, hengitystiheyden mittaaminen ja ADHD:n rinnakkaishäiriöt muunsivat tutkimusten efektin kokoja. Eri-tyyppiset tehtävät saattavat aiheuttaa erilaista reaktiivisuutta sykevälivaihtelussa: esimerkiksi reaktiivisuus tarkkaavuutta vaativiin tehtäviin saattaa poiketa reaktiivisuudesta tunteiden säätelytehtäviin, mikä on saattanut johtaa ristiriitaisuuksiin eri tutkimusten tulosten välillä. ADHD-lääkitystä tai komorbideja, eli rinnakkaisia mielenterveyden häiriöitä ei ole kontrolloitu kaikissa tutkimuksissa, joten myöskään niiden vaikutuksia tuloksiin ei ole voitu rajata pois. Myös ADHD-diagnoosin heterogeenisyys saattaa olla tuloksia sekoittavana tekijänä, mutta useimmissa tutkimuksissa ei kuitenkaan ole tutkittu eri esiintymismuotojen välisiä eroja.

Tutkimalla ADHD-lasten sykevälivaihtelua voidaan arvioida häiriöön mahdollisesti liittyviä poikkeavuuksia fysiologisessa autonomisen hermoston säätelyssä ja itsesäätelyprosesseissa. Tämän avulla voidaan ymmärtää paremmin monimuotoisen häiriön mekanismeja ja taustaa. Aiemmat tutkimustulokset sykevälivaihtelusta ADHD:ssä ovat olleet ristiriitaisia niin perustason kuin reaktiivisuudenkin osalta, joten lisää tutkimusta aiheesta tarvitaan. Aiempia kansainvälisiä tutkimuksia, joissa olisi selvitetty ADHD:n eri esiintymismuotoihin liittyviä mahdollisia eroavuuksia sykevälivaihteluissa tai oireiden yhteyttä sykevälivaihteluun, on tehty vasta hyvin vähän, minkä vuoksi aihetta on syytä tutkia lisää.

Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tutkia, onko lapsilla, joilla on tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia, itsesäätelykyvyssä sykevälivaihtelun poikkeavuutena heijastuvaa eroa verrattuna tavanomaisesti kehittyneisiin lapsiin. Lisäksi tavoitteena on tutkia, onko ADHD:n esiintymismuotojen välillä eroavuuksia sykevälivaihteluissa sekä ovatko ADHD-oireiden määrät yhteydessä sykevälivaihteluun. Eroavuuksia tarkastellaan sekä sykevälivaihtelun perustasossa että reaktiivisuudessa tarkkaavuutta ja itsesäätelyä kuormittavaan tehtävään.

Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä on, eroavatko RSA:n perustasot toisistaan, kun verrataan tavanomaisesti kehittyneitä lapsia niihin lapsiin, joilla on tarkkaavuuden vaikeuksia. ADHD:hen on havaittu liittyvän autonomisen hermoston poikkeavaa toimintaa ja tavanomaisesti kehittyneisiin lapsiin verrattuna matalampi RSA:n perustaso, mutta toisaalta osassa tutkimuksia näitä eroavuuksia ei ole löydetty (Bellato ym., 2020; Koenig ym. 2016; Rash & Aguirre-Camacho, 2012). Korkea RSA:n perustaso on aiemmissa tutkimuksissa tavanomaisesti kehittyneillä lapsilla ja aikuisilla ollut yhteydessä parempaan itsesäätelykykyyn, tarkkaavuuteen ja toiminnanohjaukseen (Forte ym., 2019; Holzman & Bridgett, 2017; McCraty & Shaffer, 2015; Porges, 2007; Staton ym., 2009; Williams ym., 2016). Näiden pohjalta oletuksena on, että lapsilla, joilla on tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia, RSA:n perustaso on matalampi kuin tavanomaisesti kehittyneillä lapsilla, heijastaen parasympaattisen hermoston vähäisempää aktiivisuutta ja heikompaa itsesäätelykykyä.

Toisena tutkimuskysymyksenä on, onko RSA:n reaktiivisuus tarkkaavuutta ja itsesäätelyä kuormittavaan tehtävään erilaista tavanomaisesti kehittyneillä lapsilla ja niillä lapsilla, joilla on tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia. RSA:n vaimenemisen suhteessa perustasoon on selitetty olevan adaptiivinen strategia, jonka avulla yksilö voi suunnata suuremman osan resursseistaan itsesäätelyyn ja tehtävän suorittamiseen (Calkins & Keane, 2004; Duschek ym., 2009), joten oletuksena on, että molemmilla ryhmillä tapahtuu vaimenemista reaktiona itsesäätelytehtävään. Tutkimustulosten ristiriitaisuudesta huolimatta on päätelty, että autonomisen hermoston toiminta on ADHD-lapsilla poikkeavaa kognitiivisten tehtävien aikana (Bellato ym., 2020) ja RSA:n reaktiivisuus itsesäätelytehtäviin on ollut heikompaa kuin tavanomaisesti kehittyneillä lapsilla (Rash & Aguirre-Camacho, 2012). Niinpä oletuksena on, että lapsilla, joilla on tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia, RSA:n vaimeneminen reaktiona itsesäätelytehtävään on vähäisempää kuin tavanomaisesti kehittyneillä lapsilla, heijastaen ADHD-lasten heikompaa kykyä sopeutua ympäristön vaatimuksiin ja säädellä omaa toimintaansa.

Kolmantena tarkastellaan, onko ADHD:n esiintymismuotojen (tarkkaamaton, yliaktiivis-impulsiivinen, yhdistynyt) välillä eroja RSA:n perustasoissa tai reaktiivisuudessa itsesäätelytehtävään. ADHD:n esiintymismuotoihin liittyy erilaisten pääoireiden lisäksi muun muassa toisistaan eroavia poikkeavuuksia aivoalueiden välisissä yhteyksissä sekä erilaisia reaktioita emotionaalisiin vihjeisiin, palkkioihin ja rangaistuksiin (Conzelmann ym., 2009; Gong ym., 2014; Park ym., 2015). Tämän pohjalta hypoteesina on, että ADHD:n esiintymismuotojen taustalla voisi olla myös eroavuuksia RSA:n perustasossa ja reaktiivisuudessa itsesäätelytehtävään.

Neljäntenä tarkastellaan, onko opettajien tai vanhempien arvioimien ADHD-oireiden (tarkkaamattomuus, yliaktiivis-impulsiivisuus, yhdistyneet eli kaikki oireet) määrillä yhteyksiä RSA:n perus-

tasoon tai reaktiivisuuteen. Aiemmissä tutkimuksissa RSA:n matala perustaso ja vähäinen vaimeneminen tehtävää suoritettaessa on ollut yhteydessä arjessa ilmeneviin käytösongelmiin (eksternalisoi- viin ja internalisoi viin) (Graziano & Derefinko, 2013; Griffiths ym., 2017). Tämän perusteella hypo- teesina on, että RSA:n matala perustaso ja vähäinen vaimeneminen reaktiona itsesäätelytehtävään ovat positiivisessa yhteydessä ADHD-oireiden määrään, eli siis mitä matalampi RSA:n perustaso ja mitä vähemmän vaimenemista, sitä enemmän ADHD-oireita.

MENETELMÄT

Tutkimuksen toteutus ja tutkittavat

Tämän tutkimuksen aineisto on kerätty vuosina 2018–2020 osana Suomen Akatemian rahoittamaa Cognirem-tutkimusprojektia, jossa tutkitaan vuorovaikutteisten pelien soveltuvuutta osaksi toiminnanohjauksen ja tarkkaavuuden ryhmäkuntoutusta. Projektin toteuttajina ovat Tampereen yliopiston psykologian opetus- ja tutkimuskeskus PSYKE sekä ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksen tutkimuskeskus TAUCHI. Tampereen alueen ihmistieteiden eettinen toimikunta on arvioinut projektin tutkimussuunnitelman ja antanut siitä myöntävän lausunnon.

Tutkimukseen osallistui toiminnanohjauksen ja tarkkaavuuden TOTAKU-ryhmäkuntoutuksen (Rantanen, Vierikko & Nieminen, 2013) vuosien 2018 ja 2019 syksyinä PSYKE:ssä aloittaneita lapsia ($n = 34$) sekä syksyn 2020 aikana rekrytoituja tavanomaisesti kehittyneitä lapsia ($n = 22$). Myöhemmin tässä tutkimuksen kuvauksessa näistä ryhmistä ensimmäiseen viitataan TOTAKU-ryhmänä ja jälkimmäiseen kontrolliryhmänä. Tutkimukseen osallistuminen oli kaikille vapaaehtoista. Sekä TOTAKU- että kontrolliryhmän lapsille ja heidän vanhemmilleen annettiin ensin kirjallinen tiedote tutkimuksesta, jonka jälkeen heiltä pyydettiin vielä kirjallinen suostumus tutkimukseen osallistumisesta.

Kaikilla TOTAKU-ryhmäläisillä oli ammattilaisen toteamia selkeitä tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia. Heistä 14:llä oli ADHD-diagnoosi, ja yhdellä monimuotoisen kehityshäiriön diagnoosi. TOTAKU-kuntoutuksen poissulkukriteereitä ovat vaikeat käytöshäiriöt ja tunne-elämän ongelmat sekä kuntoutukseen sitoutumista vaikeuttava perhetilanne.

Kontrolliryhmäläisten vanhempia pyydettiin täyttämään taustatietolomake ja Viivi-kyselylomake lapsen kehityksestä ja käyttäytymisestä (*Viivi 5-15R*; Kadesjö ym., 2017). Lomakkeilla kerätyistä tiedoista varmistettiin, että kontrolliryhmän lapsilla ei ollut merkittäviä vaikeuksia kehityksessä eikä tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen ongelmia vanhemman arvioimana. Kontrolliryhmän lapset pyrittiin kaltaistamaan TOTAKU-ryhmäläisten kanssa iän ja sukupuolen suhteen. Ryhmät eivät

eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi iän ($t(54) = -.614, p = .542$) tai sukupuolen ($\chi^2(1) = .218, p = .640$) perusteella. Sen sijaan lasten vanhempien koulutustasoissa oli ryhmien välinen tilastollisesti merkitsevä ero siten, että kontrolliryhmäläisten äidit ($U = 163.5, p < .001$) ja isät ($U = 182.5, p < .01$) olivat keskimäärin koulutetumpia kuin TOTAKU-ryhmäläisten vanhemmat. Taulukossa 1 on esitetty kaikkien tutkittavien taustatiedot.

TAULUKKO 1. Tutkittavien taustatiedot

	TOTAKU-ryhmä ($n = 34$)	Kontrolliryhmä ($n = 22$)
Sukupuoli		
Tytöjä n (%)	6 (18 %)	5 (23 %)
Poikia n (%)	28 (82 %)	17 (77 %)
Ikä ka (kh)	9.8 (1.6)	10.1 (1.8)
Tytöt ka (kh)	9.4 (0.43)	10.4 (1.5)
Pojat ka (kh)	9.9 (1.7)	10.0 (2.0)
ADHD-diagnoosi n (%)	14 (41 %)	0 (0 %)
ADHD-lääkitys n (%)	11 (32 %)	0 (0 %)
Äidin koulutus n (%)		
Kansa-, keski- tai peruskoulu	1 (2.8 %)	0 (0 %)
Toinen aste (ammattikoulu, lukio)	13 (36 %)	2 (9 %)
Korkeakoulu	18 (50 %)	20 (91 %)
Isän koulutus n (%)		
Kansa-, keski- tai peruskoulu	2 (5.6 %)	0 (0 %)
Toinen aste (ammattikoulu, lukio)	16 (45 %)	7 (32 %)
Korkeakoulu	11 (31 %)	15 (68 %)
*Viivi 5-15R, vastanneet n (%)	11 (32 %)	21 (95 %)
Motoriset taidot ka (kh)	0.25 (0.25)	0.087 (0.19)
Toiminnanohjaus ka (kh)	1.22 (0.38)	0.11 (0.16)
Hahmotus ka (kh)	0.33 (0.17)	0.072 (0.14)
Muisti ka (kh)	0.73 (0.44)	0.081 (0.10)
Kieli ka (kh)	0.44 (0.39)	0.067 (0.16)
Sosiaaliset taidot ka (kh)	0.62 (0.46)	0.045 (0.095)
Tunne-elämän ongelmat ka (kh)	0.46 (0.32)	0.080 (0.093)
**WPPSI-III/WISC-IV, testatut n (%)	34 (100 %)	0 (0 %)
FSIQ ka (kh)	98.4 (12.4)	ei testattu
VIQ ka (kh)	99.5 (12.7)	ei testattu
PIQ ka (kh)	98.3 (15.0)	ei testattu

ka = keskiarvo, kh = keskihajonta, FSIQ = kokonaisälykkyydosamäärä, VIQ = kielellinen päättely, PIQ = näönvarainen päättely

* = arvioitu Viivi 5-15R -lomakkeella; pisteiden vaihteluväli 0–2; matala pistemäärä ilmaisee arvioijan kokeneen vähän ongelmia ja korkea pistemäärä paljon ongelmia kyseisellä osa-alueella

** = arvioitu WPPSI-III ja WISC-IV -testistöillä

Tutkimuksessa lapset katselivat ensin videon ja sen jälkeen tekivät tietokoneella tehtävän, joiden aikana mitattiin heidän sykevälivaihteluaan. TOTAKU-ryhmäläisille teetettiin sykevälivaihtelun

mittauksen lisäksi toiminnanohjausta ja tarkkaavuutta arvioivat neuropsykologiset testitehtävät syksyllä kuntoutuksen alkaessa (T1), kuntoutuskauden puolivälissä (T2) ja keväällä kuntoutuksen päättyessä (T3), joista tässä tutkimuksessa tarkastellaan ainoastaan alkumittausajankohtaa (T1) ja sykevälivaihteluita. Kontrolliryhmälle toteutettiin sykevälivaihtelun mittaukset ainoastaan kertaalleen, eikä heillä teetetty neuropsykologisia testitehtäviä.

Tutkimusmenetelmät ja mittarit

Sykevälivaihtelu. Sydänsähkökäyrää (EKG:tä) mitattiin Nexus-10-mittalaitteella ja Biotrace+ -tietokoneohjelmalla (Mind Media B.V.) 256 Hz:n näytteenottotaajuudella. Lapsia ohjeistettiin olemaan mahdollisimman rentoina sekä välttämään ylimääräistä liikkumista ja puhumista videon katselun ja tehtävän suorittamisen aikana, koska niillä voi olla vaikutusta EKG-signaaliin. Sykevälivaihtelun perustaso mitattiin lapsen katsoessa noin kuuden ja puolen minuutin pituista rauhallista videota, jossa nainen rakentaa ja purkaa palikkatornia. Sykevälivaihtelun reaktiivisuutta mitattiin lapsen tehdessä *Conners' Continuous Performance Test (CPT-II)* -tehtävää, joka kuormittaa tarkkaavuutta ja on kliinisessä käytössä osana ADHD:n diagnosointia (Conners, 2000). Tehtävän kesto on noin 14 minuuttia, joten se vaatii tarkkaavuuden ylläpitoa sekä kykyä ehkäistä impulsseja, mikä tekee siitä itsesääteilyä kuormittavan tehtävän. CPT-tehtävässä tietokoneen näytölle ilmestyy kirjaimia satunnaisessa järjestyksessä ja vaihtelevalla tahdilla. Lapsen tehtävänä on painaa hiiren näppäintä mahdollisimman nopeasti kirjainten ilmestyessä kaikkien muiden, paitsi X-kirjaimen kohdalla. Mittauksen tulee olla riittävän pitkä, jotta vaihtelua sykkeessä ehtii tapahtua, ja jotta informaatiota lyhytaikaisista vaihteluista ehtii kertyä tarpeeksi monen sykerytmin ajalta (Berntson ym., 1997). RSA:n perustason mittauksen suositellaan kliinisissä tutkimuksissa olevan ihanteellisessa tilanteessa vähintään viiden minuutin ajanjaksolta, joten sykedatasta analysoitiin perustason mittauksesta keskimääräinen kuuden minuutin aikaväli ja vastaava kuuden minuutin ajanjakso CPT-tehtävän alusta. Sykedataa analysoitiin MATLAB-ohjelman RSA-algoritmitäydälyllä (Peltola, Hietanen, Forssman, & Leppänen, 2013), jolla laskettiin RSA:n arvot 0.15–0.40 Hz:n taajuudella, jolla se tavallisesti vaihtelee nuorilla ja aikuisilla (Berntson ym., 1997). Pienillä lapsilla taajuus on tyypillisesti korkeampi, mutta tätä korkeampaa taajuutta suositellaan käytettävän vain alle neljävuotiaita tutkittaessa (Bar-Haim, Marshall & Fox, 2000).

ADHD-oireet. ADHD-oireiden määrää ja esiintymismuotoa arvioitiin vanhempien ja opettajien täyttämien Conners 3 -kyselylomakkeiden avulla (Conners, 2008). Conners 3 -kysely on 6–18-vuotiaiden lasten ADHD:n ja sen kanssa tyypillisten rinnakkaishäiriöiden ja oireilun arviointiin kehitetty menetelmä, joka sisältää DSM-IV-diagnosikriteerien mukaiset skaalat ADHD:lle ja sen

esiintymismuodoille (tarkkaamattomuus, yliaktiivisuus-impulsiivisuus ja yhdistynyt esiintymismuoto). Kuhunkin skaalaan liittyy katkaisupistemäärä, jonka ylittyessä on todennäköistä, että diagnosikriteerit täyttyvät. Alkuperäisissä englanninkielisissä kyselylomakkeissa on vanhemmille 110 ja opettajalle 115 väittämää. Vastaajan tulee arvioida väittämien paikkaansa pitävyyttä lapsen kohdalla viimeisen kuukauden aikana neliportaisella asteikolla (0 = tämä ei pidä lainkaan paikkaansa, tätä ei tapahdu koskaan; 3 = tämä pitää täysin paikkaansa, tätä on tapahtunut usein). Suomennetuista kyselylomakkeista jätettiin osa liittäjänäishäiriöihin liittyvistä väittämistä pois, sillä niiden katsottiin soveltuvan heikosti suomalaiseen kontekstiin (esimerkiksi ”käyttää asetta (esim. mailaa, rikkoutunut pulloa, puukkoa tai ampuma-asetta)”). Conners 3:n skaaloilla ja indekseillä on ollut yhdysvaltalaisväestöllä ja kliinisillä aineistoilla tehdyissä standardointitutkimuksissa korkeat reliabiliteettikertoimet (vaihteluvälillä $\alpha = .77-.97$). Samoin Ruotsissa tehdyssä standardointitutkimuksessa vanhempien ja opettajan arviointilomakkeiden skaalojen reliabiliteettikertoimet olivat korkeita (vaihteluvälillä $\alpha = .81-.97$) (Thorell ym., 2018). Suomessa vastaavaa tutkimusta ei ole tehty.

Aineiston analysointi

Sykevälivaihtelun reaktiivisuuden tarkastelemiseksi muodostettiin reaktiivisuusmuuttuja vähentämällä yksilön CPT-tehtävän aikana mitatusta RSA-arvosta perustason mittauksessa saatu RSA-arvo. Tällä tavalla reaktiivisuusmuuttujan negatiiviset arvot kertovat sykevälivaihtelun vaimenemisesta CPT-tehtävän aikana verrattuna perustason ja positiiviset arvot puolestaan sykevälivaihtelun kasvusta CPT:n aikana verrattuna perustason. RSA-algoritmitökalun avulla korjattiin sykedatasta artefaktat, eli häiriöt, joita voi aiheutua esimerkiksi lapsen puhumisesta tai liikkumisesta sykevälivaihtelun mittauksen aikana. Sykedatan analyysissä jouduttiin yhden kontrolliryhmäläisen kohdalla käyttämään lyhyempää 4 minuutin ja 20 sekunnin mittaista osiota perustason mittauksessa tapahtuneen teknisen vian vuoksi.

Conners 3 -kyselyn vastausprosentti oli TOTAKU-ryhmäläisten opettajilla 88 % ja vanhemmilla 79 %. Sekä opettajan että vanhemman vastaukset puuttuivat yhdeltä lapselta, joten hänet jätettiin pois analyysistä kolmannen ja neljännen tutkimuskysymyksen kohdalla. Kyselyvastauksista tarkasteltiin yliaktiivisuus-impulsiivisuuden, tarkkaamattomuuden ja yhdistyneiden pääoireiden lukumääriä sekä luokiteltiin lapset katkaisupistemäärien perusteella esiintymismuotojen mukaan jaettuihin ryhmiin. Jaottelu tehtiin sekä opettajien että vanhempien arvioiden perusteella siten, että jos toisen arvion perusteella esiintyi tarkkaamattomuutta ja toisen arvion perusteella yliaktiivisuus-impulsiivisuutta, luokiteltiin nämä lapset yhdistyneeseen esiintymismuotoon. Osalla tutkittavista ei ollut näitä

katkaisupistemääriä ylittävää määrää oireita opettajan tai vanhemman arvioimana. Katkaisupistemäärien alapuolelle jäivät lapset jätettiin pois kolmannen tutkimuskysymyksen kohdalla tehdyistä sykevälivaihteluiden vertailuista esiintymismuotojen välillä, mutta heidät otettiin huomioon neljännessä tutkimuskysymyksessä, jossa tarkasteltiin oireiden yhteyksiä sykevälivaihteluun. Kaikkia ADHD:n esiintymismuotoja oli aineistossa, joista yleisimmät olivat tarkkaamaton ja yhdistynyt esiintymismuoto. Tyttöjä oli eniten tarkkaamattomien ja katkaisurajojen alle jäävien ryhmässä. Taulukossa 2 on esitetty ryhmien sukupuoli- ja ikäjakaumat.

TAULUKKO 2. Opettajien ja vanhempien arvioimien ADHD-oireiden perusteella jaoteltujen esiintymismuotoryhmien sukupuoli- ja ikäjakaumat

	Tarkkaamaton (<i>n</i> = 11)	Yliaktiivis- impulsiivinen (<i>n</i> = 6)	Yhdistynyt (<i>n</i> = 11)	Ei katkaisurajoja ylittäviä oireita (<i>n</i> = 5)
Sukupuoli				
Tyttöjä <i>n</i> (%)	2 (18 %)	1 (17 %)	0 (0 %)	2 (40 %)
Poikia <i>n</i> (%)	9 (82 %)	5 (83 %)	11 (100 %)	3 (60 %)
Ikä				
<i>Ka</i>	10.2	9.3	9.8	9.9
<i>Kh</i>	2.0	0.8	1.7	1.3

Tilastolliset analyysit

Aineiston tilastolliseen analysointiin käytettiin IBM SPSS Statistics 27 -ohjelmaa. Aineiston riittävän suuren koon (*n* = 56) vuoksi normaalijakautuneiden muuttujien tarkastelussa voitiin käyttää parametrisia testimenetelmiä. Muuttujien normaalijakautuneisuutta tutkittiin histogrammien ja Shapiro-Wilk-testin avulla. RSA:n perustaso noudatti normaalijakaumaa kaikissa ryhmissä, mutta reaktiivisuusmuuttuja ei noudattanut. Tämän vuoksi reaktiivisuusmuuttujaa tarkasteltaessa käytettiin epäparametrisia menetelmiä. ADHD:n esiintymismuotojen luokkakoot olivat pienehköjä, joten niiden vertailussa käytettiin niin ikään epäparametrisia testejä. Taustamuuttujien eroavuutta TOTAKU- ja kontrolliryhmän välillä tarkasteltiin t-testillä, khii toiseen -testillä sekä Mann-Whitneyn U-testillä. TOTAKU- ja kontrolliryhmän välisiä eroja RSA:n perustasossa tarkasteltiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Varianssianalyysi tehtiin ensin ilman muiden muuttujien kontrolloimista sekä tämän jälkeen myös siten, että kontrolloitiin iän ja ADHD-lääkityksen vaikutus. TOTAKU- ja kontrolliryhmän välisiä eroja RSA:n reaktiivisuudessa tarkasteltiin Mann-Whitneyn U-testillä. ADHD:n esiintymismuotojen muodostamien ryhmien välisiä eroja RSA:n perustasossa ja reaktiivisuudessa tarkasteltiin Kruskal-Wallis H-testillä. Opettajien ja vanhempien arvioimien ADHD-oireiden (tarkkaamattomuus, yliaktiivisuus-impulsiivisuus, yhdistyneet / kaikki oireet) yhteyksiä RSA:n perustasoon ja reaktiivisuuteen

tarkasteltiin Spearmanin korrelaatiokertoimien avulla. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi asetettiin $p < .05$, mutta aineiston suhteellisen pienen koon takia myös tuloksia, joiden $p < .10$ tarkastellaan suuntaa-antavina.

TULOKSET

TOTAKU- ja kontrolliryhmän sykevälivaihtelun perustaso

Keskiarvotarkastelun perusteella TOTAKU-ryhmän RSA:n perustaso oli hieman matalampi kuin kontrolliryhmällä (ks. taulukko 3). RSA:n perustasot vaihtelivat TOTAKU-ryhmässä suuremmalla vaihteluvälillä kuin kontrolliryhmässä. Yksisuuntaisen varianssianalyysin perusteella TOTAKU- ja kontrolliryhmän RSA:n perustasoissa ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ilman muiden muuttujien kontrollointia ($F(1, 54) = .045, p = .832$). Eroja ei löytynyt myöskään, kun kontrolloitiin iän ja ADHD-lääkityksen vaikutukset ($F(1, 52) = .303, p = .584$). Johtopäätöksenä siis RSA:n perustasossa ei ollut eroja TOTAKU- ja kontrolliryhmän välillä.

TAULUKKO 3. RSA:n perustasot TOTAKU- ja kontrolliryhmässä

	TOTAKU-ryhmä	Kontrolliryhmä
<i>Ka</i>	6.98	7.04
<i>Kh</i>	0.95	1.02
<i>Minimi</i>	4.62	5.14
<i>Maksimi</i>	9.07	8.93

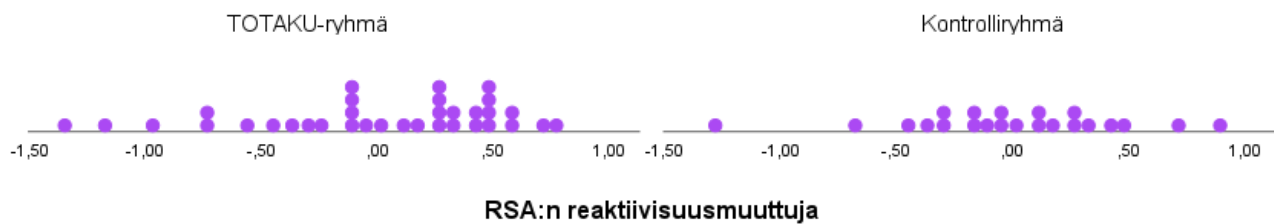
TOTAKU- ja kontrolliryhmän sykevälivaihtelun reaktiivisuus CPT-tehtävään

RSA:n reaktiivisuusmuuttujan keskiarvot olivat sekä TOTAKU- että kontrolliryhmässä lähellä nollaa (ks. taulukko 4), mikä kuvastaa sitä, että osalla lapsista tapahtui RSA:n vaimenemista, kun taas osalla voimistumista. Mediaaneja sekä kuvan 1 arvoja tarkastelemalla havaittiin, että TOTAKU-ryhmässä oli enemmän lapsia, joilla RSA voimistui reaktiona CPT-tehtävään kuin kontrolliryhmässä. Mann-Whitneyn U-testin perusteella RSA:n reaktiivisuudessa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa TOTAKU- ja kontrolliryhmän välillä ($U(34, 22) = 351.0, z = -.386, p = .700$).

TAULUKKO 4. RSA:n reaktiivisuus TOTAKU- ja kontrolliryhmässä

	TOTAKU-ryhmä	Kontrolliryhmä
<i>Ka</i>	0.0009	0.0027
<i>Kh</i>	0.54	0.48
<i>Md</i>	0.14	-0.028
<i>Minimi</i>	-1.35	-1.28
<i>Maksimi</i>	0.76	0.90

KUVA 1. RSA:n reaktiivisuusmuuttujan arvot TOTAKU- ja kontrolliryhmän tutkittavilla. Negatiivinen arvo kuvastaa vaimenemista ja positiivinen voimistumista CPT-tehtävän aikana suhteessa perustasoon.



Sykevälivaihtelun eroavuudet ADHD:n esiintymismuotojen välillä

Kruskal-Wallis testin perusteella opettajien ja vanhempien arvioiden mukaisesti jaettujen ADHD:n esiintymismuoto-ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja RSA:n perustasoissa ($H(2) = 1.833, p = .400$) eikä myöskään reaktiivisuudessa ($H(2) = .506, p = .777$). Taulukossa 5 on esitetty RSA:n perustason ja reaktiivisuuden mediaanit eri esiintymismuodoilla.

TAULUKKO 5. RSA:n perustason ja reaktiivisuuden mediaanit ADHD:n esiintymismuotoryhmissä

	Tarkkaamaton (<i>n</i> = 11)	Yliaktiivis-impulsiivinen (<i>n</i> = 6)	Yhdistynyt (<i>n</i> = 11)
Perustaso	6.9	7.2	7.3
Reaktiivisuus	0.16	0.0023	0.24

Sykevälivaihtelun ja ADHD-oireiden yhteydet

Spearmanin korrelaatiokertoimien perusteella havaittiin tilastollisesti merkitsevät yhteydet opettajan arvioimien yliaktiivisuus-impulsiivisuusoireiden ja RSA:n perustason välillä ($r = .344, p = .046$) ja opettajan arvioimien yhdistyneiden (kaikkien) oireiden ja RSA:n perustason välillä ($r = .378, p = .028$) sekä tilastollisesti melkein merkitsevä yhteys opettajan arvioimien tarkkaamattomuusoireiden ja RSA:n perustason välillä ($r = .306, p = .078$). Sen sijaan mitkään ADHD-oireet eivät olleet tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä RSA:n reaktiivisuuteen. Myöskään oireiden määrät vanhempien

arvioimina eivät olleet tilastollisesti merkitsevässä yhteydessä RSA:n arvoihin. Kaikki tarkastellut korrelaatiot on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. RSA:n perustason ja reaktiivisuuden korrelaatiot opettajan ja vanhempien arvioiden ADHD-oireiden määrään

	RSA:n perustaso	RSA:n reaktiivisuus
Opettajien arviot		
Tarkkaamattomuus	.306*	-.043
Yliaktiivisuus-impulsiivisuus	.344**	.008
Yhdistynyt (kaikki oireet)	.378**	.013
Vanhempien arviot		
Tarkkaamattomuus	.029	.112
Yliaktiivisuus-impulsiivisuus	.110	.011
Yhdistynyt (kaikki oireet)	.100	.075

* = $p < .10$, ** = $p < .05$

POHDINTA

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin tarkkaavuusvaikeuksisten ja tavanomaisesti kehittyneiden lasten mahdollisia eroja itsesäätelyssä RSA:n perustason ja reaktiivisuuden perusteella. Tarkoituksena oli selvittää, eroaako niiden lasten RSA, joilla on tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia, tavanomaisesti kehittyneiden lasten RSA:sta perustasolla tai reaktiona itsesäätelyä vaativaan tehtävään. Lisäksi tavoitteena oli tarkastella, onko ADHD:n esiintymismuotojen välillä eroavuuksia RSA:n perustasossa tai reaktiivisuudessa sekä ADHD-oireiden ja RSA:n yhteyksiä. Tutkimukseen osallistui 34 TOTAKU-ryhmäkuntoutuksessa käynyttä lasta, joilla oli ADHD-diagnoosi tai ammattilaisen toteamia tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia sekä 22 tavanomaisesti kehittyntä lasta. Kumpikin ryhmistä katseli videon ja teki tietokonetehtävän, joiden aikana mitattiin lasten sykeväli-vaihtelua. Lisäksi TOTAKU-ryhmäläisten vanhemmat ja opettajat täyttivät Conners 3 -kyselylomakkeet, joiden perusteella arvioitiin ADHD-oireiden määrää ja esiintymismuotoa. Opettajien ja vanhempien arvioiden perusteella TOTAKU-ryhmästä eroteltiin edelleen ADHD:n esiintymismuotojen mukaiset ryhmät, eli tarkkaamaton, yliaktiivis-impulsiivinen ja yhdistynyt esiintymismuoto.

Tutkimuksen tuloksena oli, että niiden lasten, joilla oli tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia, RSA:n perustasossa tai reaktiivisuudessa ei havaittu eroja verrattuna tavanomaisesti kehittyneisiin lapsiin. Kummassakin ryhmässä osalla lapsista tapahtui RSA:n voimistumista ja osalla vaimenemista reaktiona itsesäätelytehtävään. Myöskään ADHD:n esiintymismuotojen välillä ei ha-

vaittu eroavuuksia RSA:n perustasossa tai reaktiivisuudessa. Sen sijaan havaittiin, että RSA:n perustaso oli tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä opettajien arvioimiin yliaktiivisuus-impulsiivisuusoireisiin ja yhdistyneisiin (eli kaikkiin) oireisiin. Lisäksi RSA:n perustaso oli tilastollisesti melkein merkitsevässä yhteydessä opettajien arvioimiin tarkkaamattomuusoireisiin. Kaikki yhteydet olivat positiivisia, eli siis mitä enemmän opettajan arvioimia oireita oli, sitä korkeampi oli lapsen RSA:n perustaso. RSA:n reaktiivisuus ei ollut yhteydessä ADHD-oireiden määrään, eivätkä myöskään vanhempien arvioimien oireiden määrät olleet yhteydessä RSA-arvoihin.

Sykevälivaihtelun perustaso

Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli, eroavatko niiden lasten, joilla on tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia ja tavanomaisesti kehittyneiden lasten RSA:n perustasot toisistaan. Aiempien tutkimusten perusteella ei ollut täysin selvää, onko tällaista eroavuutta tai kumpaan suuntaan eroa on (Bellato ym., 2020; Koenig ym. 2016; Rash & Aguirre-Camacho, 2012). Korkea RSA:n perustaso on kuitenkin aiemmissa tutkimuksissa tavanomaisesti kehittyneillä lapsilla ja aikuisilla ollut yhteydessä parempaan itsesäätelykykyyn, tarkkaavuuteen ja toiminnanohjaukseen (Forte ym., 2019; Holzman & Bridgett, 2017; McCraty & Shaffer, 2015; Porges, 2007; Staton ym., 2009; Williams ym., 2016). Niinpä hypoteesina oli, että niillä lapsilla, joilla on tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia, RSA:n perustaso olisi matalampi kuin tavanomaisesti kehittyneillä lapsilla, heijastaen heikompaan itsesäätelykykyä. Tutkimuksen tulokset eivät tukeneet hypoteesia. Keskiarvoja tarkastellen niiden lasten, joilla oli tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia, RSA:n perustaso oli matalampi kuin tavanomaisesti kehittyneiden lasten, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Nyt saatu tulos on siis linjassa niiden aiempien tutkimusten kanssa, joissa on tehty päätelmä, että RSA:n perustaso ei näyttäisi olevan poikkeava ADHD-lapsilla verrattuna tavanomaisesti kehittyneisiin lapsiin (esim. Koenig ym., 2016). Myös Griffiths ja kollegat (2017) vertailivat tutkimuksessaan ADHD-lasten sykevälivaihtelun perustasoa tavanomaisesti kehittyneisiin lapsiin suuremmassa aineistossa ($n = 473$) käyttäen useampaa eri mittayksikköä. Tutkimuksen tulos oli sama kuin tämänkin tutkimuksen, eli ADHD-lasten ja tavanomaisesti kehittyneiden lasten välillä ei ollut eroja perustasolla RSA:ssa eikä aikaperustaisessa vagushermon aktivaatiota heijastavassa RMSSD:ssä (*root mean square of successive RR interval differences*). Sen sijaan matalan taajuuden voimakkuus suhteessa korkean taajuuden voimakkuuteen oli ADHD-lapsilla korkeampi kuin tavanomaisesti kehittyneillä lapsilla. Tässä tutkimuksessa käytettiin mittayksikkönä ainoastaan RSA:ta, joten ei voida olla varmoja, olisiko eroavuutta havaittu muilla mittayksiköillä tarkasteltuna.

RSA:n perustasoissa näyttää olevan paljon yksilöllistä vaihtelua, minkä vuoksi eroja ADHD-lapsista ja tavanomaisesti kehittyneistä lapsista muodostettujen ryhmien välillä voi olla vaikeaa havaita. Tässä tutkimuksessa etenkin TOTAKU-ryhmän sykevälivaihteluissa oli perustasolla suuri vaihteluväli, kun verrattiin yksilöitä toisiinsa. Tämä saattaa johtua esimerkiksi ryhmän heterogeenisyydestä; siitä, että osalla lapsista oli enemmän ja erityyppisiä ADHD-oireita kuin toisilla. Lisäksi mittaustilanne on saattanut olla osalle lapsista helpompi kuin toisille. On pohdittu mahdollisuutta, että ADHD-lasten sykevälivaihtelut poikkeaisivat tavanomaisesti kehittyneistä lapsista pidemmällä aikavälillä mitattuna, koska ADHD:hen liittyy vireystilan säätelyn ongelmia, kuten nukahtamisvaikeuksia. Tällaista eroa ei voida havaita lyhyessä perustason mittauksessa, vaan mittaus tulisi tehdä esimerkiksi kokonaisen vuorokauden ajalta.

Sykevälivaihtelun reaktiivisuus itsesäätelytehtävään

Toisena tutkimuskysymyksenä oli, onko RSA:n reaktiivisuudessa itsesäätelytehtävään eroavuuksia niiden lasten, joilla on tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia ja tavanomaisesti kehittyneiden lasten välillä. RSA:n vaimenemisen on ajateltu olevan autonomisen hermoston reaktio, jonka avulla voidaan suunnata enemmän resursseja itsesäätelyyn ja tehtävän suorittamiseen (Calkins & Keane, 2004; Duschek ym., 2009). Aiemmat tutkimustulokset ovat olleet ristiriitaisia, mutta enemmän näyttöä on sen puolesta, että ADHD-lasten autonomisen hermoston toiminta kognitiivisten tehtävien aikana on poikkeavaa (Bellato ym., 2020) ja heidän RSA:n reaktiivisuutensa tunteiden- ja itsesäätelytehtäviin on ollut vähäisempää kuin tavanomaisesti kehittyneillä lapsilla (Rash & Aguirre-Camacho, 2012). Tämän tiedon pohjalta oletuksena oli, että molemmilla ryhmillä RSA vaimenisi reaktiona itsesäätelytehtävään, mutta niillä lapsilla, joilla on tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia, tämä vaimeneminen olisi vähäisempää kuin tavanomaisesti kehittyneillä lapsilla. Tutkimuksen tulokset eivät tukeneet hypoteeseja. Lapsilla, joilla oli tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia ja tavanomaisesti kehittyneiden lasten ryhmissä tapahtui kummassakin osalla lapsista RSA:n voimistumista ja osalla vaimenemista reaktiona itsesäätelytehtävään. Yksilötasolla tarkasteltuna TOTAKU-ryhmässä oli enemmän lapsia, joilla tapahtui RSA:n voimistumista kuin tavanomaisesti kehittyneiden lasten ryhmässä. Tästä huolimatta ryhmätasolla RSA:n reaktiivisuudessa itsesäätelytehtävään ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa.

RSA:n reaktiivisuutta ADHD-lapsilla on tutkittu vasta vähän. Aiemmissa tutkimuksissa on keskitytty enemmän RSA:n perustasojen tai tehtävän suorittamisen jälkeisten RSA:n tasojen vertailuun. RSA:n voimistumisen suhteessa perustasoon on esitetty liittyvän rauhoittumiseen ja sosiaaliin vuorovaikutukseen suuntautumiseen, kun taas vaimenemisen suhteessa perustasoon on ajateltu

liittyvän yksilön resurssien käyttöönottoon ja aktiiviseen toimintaan (Porges, 2007). Tästä syystä se, että TOTAKU-ryhmässä oli enemmän lapsia, joilla RSA voimistui reaktiona itsesäätelytehtävään kuin tavanomaisesti kehittyneiden lasten ryhmässä saattaa olla merkinä autonomisen hermoston vähemmän adaptiivisesta reagoinnista näillä lapsilla, joilla voimistumista tapahtui. Griffiths kollegoineen (2017) vertailivat ADHD-lasten ja tavanomaisesti kehittyneiden lasten RSA:n reaktiivisuutta itsesäätelytehtävään. He saivat samankaltaisen tuloksen suuremmassa aineistossa kuin tässäkin tutkimuksessa saatu, eli siis eroavuuksia ADHD-lasten ja tavanomaisesti kehittyneiden lasten RSA:n reaktiivisuudessa ei havaittu. Tarkemmissa analyyseissa he kuitenkin havaitsivat matalan RSA:n tajuuden voimistuvan reaktiona itsesäätelytehtävään enemmän nuorilla, joilla oli ADHD kuin tavanomaisesti kehittyneillä nuorilla. Tämä eroavuus näkyi kuitenkin vain nuoruusikäisillä, mutta ei siis lapsilla. Tutkijat päättelivät tämän mahdollisesti tarkoittavan sitä, että ADHD-nuorten motivaatio tehtävän suorittamiseen oli heikompi kuin tavanomaisesti kehittyneiden nuorten. Sen, että eroavuus näkyi pelkästään nuorilla, tutkijat esittivät johtuvan nuoruusiässä tapahtuvasta keskushermoston kehityksestä. On mahdollista, että myös tässä tutkimuksessa ne TOTAKU-ryhmän lapset, joilla RSA voimistui reaktiona tehtävään, eivät olleet yhtä motivoituneita tehtävän suorittamiseen, jolloin heidän suhtautumisensa siihen saattoi olla rauhallisempi ja rennompi eikä kuormittaa yhtä paljon itsesäätelyä kuin niillä, jotka ponnistelivat menestyäkseen tehtävässä hyvin.

On havaittu, että itsesäätelytehtävän tyyppi saattaa mahdollisesti vaikuttaa siihen, millainen reaktio sykevälivaihtelussa tapahtuu. Overbeekin ja kollegoiden (2014) tutkimuksessa RSA vaimeni reaktiona työmuistitehtävään, mutta ei visuaalisen tarkkaavuuden tehtävään. Tutkimuksessa käytetty visuaalisen tarkkaavuuden tehtävä oli vastaavanlainen kuin tässä tutkimuksessa käytetty CPT-tehtävä. Tutkittavat olivat aikuisia, joten tutkijat päättelivät visuaalisen tarkkaavuuden tehtävän olevan aikuisille niin helppo, ettei se kuormita itsesäätelyä siinä määrin, että autonomisen hermoston tasolla tapahtuisi reaktiota. Visuaalisen tarkkaavuuden tehtävään tiedetäänkin myös lapsilla tarvittavan pitkäkestoista tarkkaavuuden ylläpitoa ja kykyä ehkäistä impulsseja, joiden voidaan ajatella olevan alemman tason toiminnanohjauksen toimintoja. Tehtävä ei sen sijaan kuormita vaativimpia toiminnanohjauksen taitoja, kuten joustavaa ongelmanratkaisua. On mahdollista, että RSA:n poikkeava reaktiivisuus liittyisi ADHD-lapsillakin vain vaativampaa itsesäätelyä ja toiminnanohjausta kuormittaviin tehtäviin, eikä yksinkertaisempiin pelkkää tarkkaavuutta ja reaktion ehkäisyä vaativiin tehtäviin. Toisaalta tässä tutkimuksessa perustason mittauksessakin lasten piti jo säädellä omaa toimintaansa pysytellen omalla paikallaan ja puhumatta mahdollisesti pitkästyttävän videon katselun aikana, mikä on jo voinut aiheuttaa muutoksia RSA:ssa. Tämä saattoi osaltaan peittää RSA:n reaktiivisuutta itsesäätelytehtävään.

Sykevälivaihtelun eroavuudet ADHD:n esiintymismuotojen välillä

Kolmantena päätettiin tarkastella, eroavatko ADHD:n esiintymismuotojen mukaan jaettujen ryhmien RSA:n perustasot tai reaktiivisuus toisistaan. Aiemmissä tutkimuksissa on havaittu ADHD:n esiintymismuotoihin liittyvän muun muassa erilaisia aivoalueiden yhteyksien poikkeavuuksia sekä erilaisia reaktioita emotionaalisiin vihjeisiin, palkkioihin ja rangaistuksiin (Conzelmann ym., 2009; Gong ym., 2014; Park ym., 2015). Tämän perusteella hypoteesina oli, että ADHD:n esiintymismuotojen mukaan jaettujen ryhmien välillä voisi olla eroavuuksia myös RSA:n perustasossa ja reaktiivisuudessa itsesääteilytehtävään. Hypoteesi ei kuitenkaan saanut tukea tutkimustuloksista.

Se, ettei eroavuuksia RSA:ssa ADHD:n esiintymismuotojen välillä havaittu, viittaa siihen, että näiden erilaisten ilmiöiden taustalla saattaa olla kuitenkin samanlaista autonomisen hermoston aktiivisuutta ja reaktiivisuutta. RSA:n heijastaman parasympaattisen hermoston aktivaation ajatellaan liittyvän kokonaisuudessaan itsesääteilytoimintoihin. ADHD:n esiintymismuodot, eli tarkkaamattomuus, yliaktiivisuus-impulsiivisuus ja yhdistynyt, puolestaan voidaan kaikki nähdä eri tavoin ilmenevinä itsesääteilyn vaikeuksina. Saattaa siis olla niin, että kaikkien ADHD:n esiintymismuotojen taustalla on autonomisen hermoston poikkeavaa toimintaa, ja jokin muu yksilöön tai ympäristöön liittyvä tekijä, jota ei tässä tutkimuksessa voitu huomioda, vaikuttaa siihen, millainen ulospäin näkyvä oirekuva on.

Toisaalta on myös pohdittu sitä, että diagnostiset kriteerit ja luokat ovat vain ihmisten luomia keinotekoisia tapoja jäsenellä oirekuvia (esim. Willcutt ym., 2012). ADHD:n esiintymismuodot helpottavat häiriön kuvailua ja luokittelua esimerkiksi hoito- ja kuntoutustoimenpiteiden kannalta. Silti kuitenkin todellisuus on, että useimpien oirekuvassa ilmenee piirteitä sekä tarkkaamattomuudesta että yliaktiivisuus-impulsiivisuudesta. Puhtaasti vain toista oiretta sisältävät oirekuvat ovat harvinaisia. Myös tämän tutkimuksen aineistossa monen oirekuva voitiin luokitella yhdistyneeksi, eikä puhdasta tarkkaamatonta tai yliaktiivis-impulsiivista oirekuva esiintynyt (eli siis sellaista, jossa toisesta oirekategorista ei esiintyisi yhtäkään oiretta). Lisäksi oireiden esiintyminen ja painottuminen saattaa vaihdella lapsilla eri ympäristöissä. Lapsen kehityksen myötä oirekuva saattaa myös muuttua; usein yliaktiivisuus-impulsiivisuuden oireet vähenevät iän myötä.

Sykevälivaihtelun ja ADHD-oireiden yhteydet

Neljäntenä tarkasteltiin sitä, ovatko vanhempien tai opettajien arvioimien ADHD-oireiden määrät yhteydessä RSA:n perustasoon tai reaktiivisuuteen. Aiemmissä tutkimuksissa RSA:n matala perustaso ja vähäinen vaimeneminen suhteessa perustasoon ovat olleet yhteydessä eksternalisoiviin ja internalisoiviin oireisiin sekä käytösongelmiin (Graziano & Derefinko, 2013; Griffiths ym., 2017).

Siispä hypoteesina oli, että RSA:n matala perustaso ja vähäinen vaimeneminen reaktiona itsesäätelytehtävään olisivat yhteydessä suurempaan ADHD-oireiden määrään. Hypoteesi ei saanut tukea, vaan tässä tutkimuksessa RSA:n perustaso oli tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä opettajien arvioimien yliaktiivisuus-impulsiivisuuden ja yhdistyneiden, eli kaikkien oireiden määrään. Lisäksi RSA:n perustaso oli tilastollisesti melkein merkitsevästi yhteydessä opettajien arvioimien tarkkaamattomuusoireiden määrään. Kaikki yhteydet olivat positiivisia, eli siis mitä korkeampi oli lapsen RSA:n perustaso, sitä enemmän oireita lapsella oli opettajan arvioimana. Vanhempien arvioimien oireiden määrät eivät olleet tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä RSA:n arvoihin. Myöskään minkään oireiden määrät eivät olleet tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä RSA:n reaktiivisuuteen.

Tässä tutkimuksessa siis opettajien arvioimien yliaktiivisuus-impulsiivisuuden ja yhdistyneiden oireiden määrät olivat tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä RSA:n perustasoon. Tarkkaamattomuusoireiden kohdalla yhteys ei ollut yhtä vahva. Mahdollisesti siis yliaktiivisuus-impulsiivisuusoireiden yhteys RSA:n perustasoon selittää myös yhdistyneiden oireiden osalta havaittua yhteyttä. Toisaalta Wang, Huang, Kuo, Lee ja Yang (2012) havaitsivat tutkimuksessaan, että vanhempien arvioimat tarkkaamattomuuden ja käytöshäiriön oireet olivat niin ikään positiivisessa yhteydessä RSA:n perustasoon ja negatiivisessa yhteydessä sympaattisen hermoston aktivaation mittareihin. RSA:n perustaso heijastaa polyvagaalisen teorian mukaisesti myelinisoituneen vagushermon toimintaa (Porges, 2007). Myelinisoitunut vagusherma puolestaan inhiboi sympaattisen hermoston ja HPA-akselin vireystilaa nostattavaa vaikutusta. Tämän tutkimuksen tulos on siis yhdenmukainen niiden aiempien tutkimusten kanssa, joissa on ehdotettu, että ADHD:hen liittyisi autonomisen hermoston poikkeavaa toimintaa siten, että vireystila olisi kroonisesti aliaktiivinen (esim. Bellato ym., 2020). Tällöin ulospäin havaittava yliaktiivinen ja impulsiivinen käyttäytyminen saattaisi ollakin säätelystrategia, jonka avulla yksilö pyrkii nostamaan ja tasapainottamaan vireystilaansa ja valppauttaan. Tiivistettynä tämä siis tarkoittaisi sitä, että ADHD:ssä korkea RSA:n perustaso heijastaisi kroonisesti matalaa vireystilaa, jota puolestaan pyritään tasapainottamaan yliaktiivisuudella ja impulsiivisuudella, jotka tässä tapauksessa on luokiteltu ADHD:n ulospäin näkyviksi oireiksi. Päinvastoin esimerkiksi traumaperäistä stressihäiriötä sairastavilla on havaittu, että matala RSA:n perustaso on yhteydessä kroonisesti koholla olevaan vireystilaan (Sack, Hopper & Lamprecht, 2004).

Huomionarvoista on myös se, että RSA:n perustaso oli yhteydessä ainoastaan oireiden määrään opettajien arvioimana, mutta ei vanhempien arvioimana. Mahdollisesti koulussa vaatimukset toiminnanohjaukselle ja tarkkaavuudelle ovat korkeammat kuin kotiarjessa, minkä vuoksi lasten oireistot näkyisivät selkeämmin kouluympäristössä kuin kotona. Tämä voisi olla selityksenä sille, että RSA:lla oli yhteys vain opettajien arvioimien oireiden määriin, mutta ei vanhempien. Lisäksi on myös

mahdollista, että lapsella on vaikeuksia pysyä tarkkaavaisena, valppaana ja motivoitua itseään koulussa tarvittavaan tehtäväsuuntautuneeseen työskentelyyn, jos hänen vireystilansa on liian matala, jolloin siis RSA:n perustaso on korkeampi.

ADHD-lasten autonomisen hermoston on esitetty olevan kroonisesti alivirittyneessä tilassa, eli siis niin perustasolla kuin myös tehtävätilanteissa (esim. Bellato ym., 2020). Tässä tutkimuksessa RSA:n perustaso oli yhteydessä ADHD-oireiden määrään, mutta RSA:n reaktiivisuudella puolestaan ei havaittu olevan vastaavaa yhteyttä oireisiin. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan tarkasteltu pelkän tehtävätilanteen aikaisen RSA:n tason yhteyttä oireisiin. On siis mahdollista, että niillä lapsilla, joilla oli enemmän ADHD-oireita, oli korkeampi RSA:n taso eli enemmän parasympaattista aktiivisuutta perustason lisäksi myös tehtävätilanteessa. Tämä oletus vaatisi kuitenkin vielä lisää tutkimusta.

Tutkimuksen vahvuudet, rajoitukset ja jatkotutkimustarpeet

Tutkimusta toteutettaessa havaittiin tutkimusasetelmaan ja aineistoon liittyviä vahvuuksia ja rajoitteita, jotka on hyvä ottaa huomioon tuloksia tulkittaessa ja aiheesta tehtävissä jatkotutkimuksissa. Tämä tutkimus toteutettiin laboratorio-olosuhteissa, joka mahdollisti sen, että mittaustilanteet säilyivät suhteellisen samanlaisina eri tutkittaville. Tällä tavoin pystyttiin kontrolloimaan ympäristön ärsykkeiden vaikutusta sykevälivaihteluun. Tutkimus toteutettiin tietokoneavusteisesti, mikä mahdollisti sen, että tutkimustilanteet pystyttiin pitämään samanlaisina riippumatta tutkijoista. Lisäksi mittausmenetelmänä käytetty sykevälivaihtelu on objektiivinen, mikä lisää tuloksen luotettavuutta. Se soveltuu lapsilla tehtäviin tutkimuksiin, koska se on kivuton sekä helppo ja nopea toteuttaa. Tutkimusasetelmaan liittyvänä vahvuutena oli myös se, että sykevälivaihtelun mittaukset toteutettiin sekä perustasolla että itsesäätelytehtävän aikana. Tämä mahdollisti sen, että tehtävän aiheuttamat muutokset sykevälivaihtelussa voitiin havaita, kun oli tiedossa perustaso, johon verrata. Tutkimuksissa, joissa on mitattu ainoastaan tehtävänäikaista sykevälivaihtelua, ei pystytä kontrolloimaan sitä, joutuuko tehtävän aikana havaittu sykevälivaihtelun taso tehtävän aiheuttamasta reaktiosta vai yleisestä sykevälivaihtelun tasosta. Aineistoon liittyvänä vahvuutena on se, että tutkimukseen saatiin mukaan tavanomaisesti kehittyneiden kontrolliryhmä, johon voitiin vertailla niitä lapsia, joilla oli tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia. Vahvuutena voidaan nähdä myös se, että nämä ryhmät samankaltaistettiin, mikä osaltaan lisää tulosten vertailtavuutta ja tutkimuksen luotettavuutta.

Tutkimuksen merkittävänä rajoituksena on melko pieni otoskoko, mikä heikentää tilastollisten menetelmien selitysvoimaa ja mahdollisuutta ryhmien välisten erojen havaitsemiseen. Tutkittavia ei myöskään voitu valita satunnaisotannalla, koska TOTAKU-ryhmä koostui ryhmäkuntoutukseen osal-

listuneista lapsista ja kontrolliryhmään pyrittiin valitsemaan iältään ja sukupuoleltaan samankaltaistettuja lapsia. Tämä voi osaltaan vaikuttaa tutkimustulosten yleistettävyyteen. Rajoituksena on myös TOTAKU-ryhmän heterogeenisuus. Kaikilla ryhmän lapsilla oli ammattilaisen toteamia tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia, mutta kaikilla ei ollut ADHD-diagnoosia. Toisaalta oireiden voimakkuudessa on vaihtelua niidenkin välillä, joille diagnoosi on asetettu, mutta vaihteluväli saattaa olla hieman suurempi, kun mukana oli myös niitä, joilla diagnoosia ei ollut. Tämä kuitenkin huomioitiin analyyseissa, sillä TOTAKU- ja kontrolliryhmän välisten erojen vertailun lisäksi tutkittiin oireiden määrien yhteyksiä sykevälivaihteluun. Osalla lapsista oli myös ADHD-lääkitys käytössä. Aiemmissa tutkimuksissa on havaittu lääkityksen lieventävän poikkeavuutta ADHD-lasten sykevälivaihteluissa verrattuna tavanomaisesti kehittyneisiin lapsiin (Buchhorn ym., 2012a; Buchhorn ym., 2012b). Edellä mainitut tekijät pyrittiin kontrolloimaan analyyseissa, mutta ne saattoivat kuitenkin osaltaan vaikuttaa siihen, ettei TOTAKU- ja kontrolliryhmän välillä havaittu eroja sykevälivaihteluissa. Lisäksi on joitakin tekijöitä, jotka liittyvät tutkittaviin ja siihen, mitä he olivat mittausta edeltäneesti tehneet, joita ei kontrolloitu, kuten fyysinen tai psyykinen rasitus, joka saattaa vaikuttaa autonomisen hermoston toimintoihin ja itsesätelytehtävän suorittamiseen. Tämä huomioitiin tässä tutkimuksessa siten, että kaikki mittaukset pyrittiin toteuttamaan samaan aikaan vuorokaudesta.

Tutkimusmenetelmiin liittyvänä rajoituksena on, että sykevälivaihtelun perustason mittauksessa katseltu video ja itsesätelytehtävä olivat kumpikin kestoltaan pitkiä. Osalla lapsista etenkin TOTAKU-ryhmässä oli vaikeuksia katsella video ja suorittaa tehtävä loppuun saakka, sillä se vaati pitkäkestoista tarkkaavuuden ylläpitoa ja itsesätelyä. Lapsia ohjeistettiin pysyttelemään liikkumatta ja puhumatta koko mittauksen ajan. Tämä tuotti osalle vaikeuksia, mikä puolestaan voi aiheuttaa häiriöitä sykevälivaihtelun mittauksiin, jotka kuitenkin jälkeen päin korjattiin RSA-algoritmitäydälyllä. Lisäksi vaikka videon katselun aikana oli tarkoitus mitata sykevälivaihtelun perustasoa, tämäkin tehtävä saattoi olla etenkin ADHD-oireisille lapsille itsesätelyä kuormittava, sillä videon sisältö oli yksitoikkoinen, ja sen aikana lapsen piti säädellä omaa toimintaansa pysytellen liikkumatta ja puhumatta. Jo perustason mittaukseen tarkoitettu videon katselu on siis saattanut vaatia lapsilta ponnisteluja ja oman toiminnan säätelyä.

Rajoituksena on myös huomioitava se, että tutkimusasetelma oli korrelatiivinen siinä suhteessa, että ei voida tietää aiheuttavatko sykevälivaihtelun poikkeavuudet tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen vaikeuksia vai toisin päin. Lisäksi ADHD-oireiden määrän ja esiintymismuodon mitarina käytettiin tässä tutkimuksessa opettajien ja vanhempien arvioita, jotka saattavat olla alttiita subjektiivisuudelle. Toisaalta yhdistämällä näistä eri lähteistä kerättyä tietoa, voitiin huomioida lapsen käyttäytyminen eri ympäristöissä, ja subjektiivisuuden vaikutus vähenee, kun arvioijia on useampia.

Sykevälivaihtelun reaktiivisuutta on tutkittu ADHD-lapsilla vasta vähän, ja tutkimustulokset ovat olleet keskenään ristiriitaisia, joten aihetta olisi syytä tutkia lisää. Etenkin suuremmalla otoskoolla tehtyjä tutkimuksia aiheesta tarvittaisiin. Kaiken kaikkiaan tarvitaan vielä lisää tutkimusta vertailemaan ADHD-lasten sykevälivaihtelua tavanomaisesti kehittyneisiin lapsiin. Lisäksi tämän tutkimuksen tulokset kannustavat siihen, että jatkossa eri ADHD:n ydinoireiden ja sykevälivaihtelun yhteyttä kannattaa tutkia lisää. Sykevälivaihtelun reaktiivisuutta tutkittaessa olisi tärkeää suorittaa perustason mittaus, johon tehtävänäikainen mittaus voidaan suhteuttaa. Perustason mittaus tulisi kuitenkin toteuttaa mahdollisimman neutraalissa, lapselle helpossa arkipäiväisessä tilanteessa. Myös pidemmällä aikavälillä toteutetuista sykevälivaihtelun mittauksista voitaisiin saada olennaista tietoa vuorokausirytmien ja vireystilan säätelyn vaikeuksista ADHD:ssä. Lisäksi tulevaisuudessa tutkimuksissa olisi tarpeen selvittää, aiheuttavatko erityyppiset tehtävät erilaisia reaktioita sykevälivaihtelussa. Vertailu esimerkiksi tunteiden ja tarkkaavuuden säätelyä vaativien tehtävien välillä voisi olla hyödyllistä. Myös tehtävien vaikeustasoa varioimalla voitaisiin saada hyödyllistä tietoa siitä, aiheuttaako vaikeampi tehtävä voimakkaamman reaktion autonomisessa hermostossa. Tulevaisuudessa tutkimuksissa voitaisiin selvittää myös sitä, ovatko autonomisen hermoston reaktiot yhteydessä tehtävässä suoriutumiseen.

Johtopäätökset

ADHD on heterogeeninen häiriö, jonka selittämiseksi ja ymmärtämiseksi ei ole toistaiseksi olemassa yhtä yhtenäistä teoriaa. Itsesäätelyn ongelmilla on mahdollista selittää ja ymmärtää ADHD:n taustaa ja ilmenemistä. ADHD:n taustalla vaikuttavia mekanismeja olisi kuitenkin syytä tutkia lisää, jotta häiriön ilmenemistäkin voitaisiin ymmärtää paremmin. Tämän perusteella myös häiriön tunnistaminen ja hoito saattaisivat kehittyä. Tämä on erityisen tärkeää siksi, että ADHD on yksi yleisimmistä psykiatrisista häiriöistä, joka saattaa aiheuttaa kasautuvia ongelmia myöhemmin nuoruudessa ja aikuisuudessa.

Tämän tutkimuksen perusteella saatiin lisää tietoa RSA:n perustasosta ja reaktiivisuudesta aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriössä. Tämä lisää ymmärrystä taustatekijöiltään ja ilmenemiseltään monimuotoisen häiriön hermostollisesta perustasta. Lisäksi tämä tutkimus oli ensimmäisiä, jossa selvitettiin ADHD:n esiintymismuotojen ja oireiden mahdollisia yhteyksiä RSA:han. Koska tämän tutkimuksen aineisto oli pienehkö, varmoja johtopäätöksiä ei vielä voida tehdä. Tämän tutkimuksen perusteella näyttäisi siltä, että RSA:n perustaso tai reaktiivisuus ei erottelisi ADHD-lapsia tavanomaisesti kehittyneistä lapsista, mutta ADHD-lapsilla RSA:n perustaso olisi kuitenkin voimakkaammin

yhteydessä tiettyihin ADHD:n ydinoireisiin, kuten yliaktiivisuus-impulsiivisuuteen. Tutkimuksen tulokset viittaavat siihen suuntaan, että yleisesti matala vireystila mahdollisesti liittyisi ADHD-oireisiin. Tämä puolestaan voisi tarkoittaa sitä, että ulospäin näkyvä yliaktiivinen ja impulsiivinen toiminta olisivat keinoja kompensoida taustalla olevaa matalaa valppautta ja vireystilaa.

Tässä tutkimuksessa ei havaittu eroavuuksia RSA:ssa, kun verrattiin ADHD-lapsia tavanomaisesti kehittyneisiin lapsiin, eikä myöskään vertailtaessa ADHD:n esiintymismuotoja (tarkkaamaton, yliaktiivis-impulsiivinen ja yhdistynyt) toisiinsa. Sen sijaan havaittiin, että yhdistyneet ja yliaktiivisuus-impulsiivisuusoireet olivat yhteydessä RSA:n perustasoon siten, että mitä korkeampi oli RSA:n perustaso, sitä enemmän oireita lapsilla oli opettajien arvioimana. Tiedetään, että autonomisen hermoston toimintaan vaikuttaa useita eri tekijöitä. Näin ollen voikin olla todennäköistä, ettei ADHD-lapsia pystytä erottelamaan tavanomaisesti kehittyneistä lapsista RSA:n perusteella, sillä ADHD-lapset ovat hyvin heterogeeninen joukko. Tämän tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että diagnostisten luokittelujen ja katkaisurajojen sijaan RSA saattaisi toimia mittarina etenkin yliaktiivisuus-impulsiivisuuden oireistoon. Tällöin RSA:ta voisi kuitenkin olla mahdollista käyttää erotusdiagnostiikan tukena näiden oireiden määrän arvioinnissa.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella RSA kuvastaisi sellaista ilmiötä, jota kaikilla ihmisillä on jatkumona riippumatta siitä, täyttyvätkö diagnostiset kriteerit. Näiden ilmiöiden, eli matalan vireystilan ja itsesäätelyn vaikeuksien, voidaan nähdä tässä tapauksessa puolestaan ilmenevän ulospäin havaittavasta käyttäytymisestä esimerkiksi yliaktiivisuus-impulsiivisuuden oireiksi luokiteltuna toimintana. On mahdollista, että nämä taustalla olevat prosessit eivät istu ihmisten luomien diagnosiluokitusten muotteihin, ja että diagnostiset luokittelut ilmentäisivätkin jotakin muuta kuin taustalla olevia hermoston toimintaan liittyviä ilmiöitä – esimerkiksi sitä, miten yksilön käyttäytyminen soveltuu yhteiskuntaan ja sen normeihin. Tämän vuoksi onkin mielenkiintoista, että tässä tutkimuksessa RSA oli yhteydessä ADHD-oireisiin opettajien arvioimana, mutta ei vanhempien arvioimana. Näyttäisi siis siltä, että ympäristön vaatimusten ja yksilön ominaisuuksien, eli esimerkiksi hermoston toiminnan ja itsesäätelyn, interaktiot määrittävät sen, millaisia ulkopuolelta havaittavia oireita ilmenee. Lisäksi, mikäli ADHD-oireet nähdään kypsymättöminä keinoina oman vireystilan säätelyyn, voitaisiin ADHD:n hoitokeinona hyödyntää tehokkaampien ja paremmin ympäristön odotuksiin soveltuvien säätelystrategioiden harjoittelua.

LÄHTEET

- Albert, D., & Steinberg, L. (2011). Age differences in strategic planning as indexed by the tower of london. *Child Development*, 82(5), 1501-1517. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2011.01613.x>
- Bar-Haim, Y., Marshall, P. J., & Fox, N. A. (2000). Developmental changes in heart period and high-frequency heart period variability from 4 months to 4 years of age. *Developmental Psychobiology*, 37(1), 44-56. [https://doi.org/10.1002/1098-2302\(200007\)37:1](https://doi.org/10.1002/1098-2302(200007)37:1)
- Barkley, R. A. (1997). Attention-deficit/hyperactivity disorder, self-regulation, and time: Toward a more comprehensive theory. *Developmental and Behavioral Pediatrics*, 18(4). <https://doi.org/10.1097/00004703-199708000-00009>
- Beauchaine, T. P. (2015). Respiratory sinus arrhythmia: A transdiagnostic biomarker of emotion dysregulation and psychopathology. *Current Opinion in Psychology*, 3, 43-47. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2015.01.017>
- Bellato, A., Arora, I., Hollis, C., & Groom, M. J. (2020). Is autonomic nervous system function atypical in attention deficit hyperactivity disorder (ADHD)? A systematic review of the evidence. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 108, 182-206. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.11.001>
- Berntson, G. G., Bigger, T., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., . . . Van Der Molen, Maurits W. (1997). Heart rate variability: Origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623-648. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1997.tb02140.x>
- Blair, C., & Raver, C. C. (2012). Individual development and evolution: Experiential canalization of self-regulation. *Developmental Psychology*, 48(3), 647-657. <https://doi.org/10.1037/a0026472>
- Blair, C., & Raver, C. C. (2015). School readiness and self-regulation: A developmental psychobiological approach. *Annual Review of Psychology*, 66(1), 711-731. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015221>
- Buchhorn, R., Conzelmann, A., Willaschek, C., Störk, D., Taurines, R., & Renner, T. J. (2012a). Heart rate variability and methylphenidate in children with ADHD. *Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 4(2), 85-91. <https://doi.org/10.1007/s12402-012-0072-8>
- Buchhorn, R., Müller, C., Willaschek, C., & Norozi, K. (2012b). How to predict the impact of methylphenidate on cardiovascular risk in children with attention deficit disorder:

Methylphenidate improves autonomic dysfunction in children with ADHD. *ISRN Pharmacology*, 2012, 170935-4. <https://doi.org/10.5402/2012/170935>

- Calkins, S. D., & Keane, S. P. (2004). Cardiac vagal regulation across the preschool period: Stability, continuity, and implications for childhood adjustment. *Developmental Psychobiology*, 45(3), 101-112. <https://doi.org/10.1002/dev.20020>
- Conzelmann, A., Mucha, R. F., Jacob, C. P., Weyers, P., Romanos, J., Gerdes, A. B. M., . . . Pauli, P. (2009). Abnormal affective responsiveness in attention-deficit/hyperactivity disorder: Sub-type differences. *Biological Psychiatry (1969)*, 65(7), 578-585. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2008.10.038>
- Conners, C. K. (2000). *Conners' continuous performance test II*. Toronto, Canada: Multi-Health Systems.
- Conners, C. K. (2008). *Conners third edition (Conners 3)*. Los Angeles, CA: Western Psychological Services.
- Cortese, S., Kelly, C., Chabernaud, C., Proal, E., Di Martino, A., Milham, M. P., & Castellanos, F. X. (2012). Toward systems neuroscience of ADHD: A meta-analysis of 55 fMRI studies. *American Journal of Psychiatry*, 169(10), 1038-1055. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2012.11101521>
- Dahl, R. E. (2004). Adolescent brain development: A period of vulnerabilities and opportunities. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1021(1), 1-22. <https://doi-org.lib-proxy.tuni.fi/10.1196/annals.1308.001>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Duschek, S., Muckenthaler, M., Werner, N., & Reyes del Paso, G. A. (2009). Relationships between features of autonomic cardiovascular control and cognitive performance. *Biological Psychology*, 81(2), 110-117. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2009.03.003>
- Friedman, L. A., & Rapoport, J. L. (2014). Brain development in ADHD. *Current Opinion in Neurobiology*, 30, 106-111. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2014.11.007>
- Forte, G., Favieri, F., & Casagrande, M. (2019). Heart rate variability and cognitive function: A systematic review. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 710. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00710/full>
- Geisler, F. C. M., Kubiak, T., Siewert, K., & Weber, H. (2013). Cardiac vagal tone is associated with social engagement and self-regulation. *Biological Psychology*, 93(2), 279-286. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.02.013>

- Geisler, F. C. M., Vennewald, N., Kubiak, T., & Weber, H. (2010). The impact of heart rate variability on subjective well-being is mediated by emotion regulation. *Personality and Individual Differences, 49*(7), 723-728. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2010.06.015>
- Gong, J., Yuan, J., Wang, S., Shi, L., Cui, X., & Luo, X. (2014). Feedback-related negativity in children with two subtypes of attention deficit hyperactivity disorder. *PloS One, 9*(6), e99570. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099570>
- Graetz, B. W., Sawyer, M. G., Hazell, P. L., Arney, F., & Baghurst, P. (2001). Validity of DSM-IV ADHD subtypes in a nationally representative sample of Australian children and adolescents. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 40*(12), 1410-1417. <https://doi.org/10.1097/00004583-200112000-00011>
- Graziano, P., & Derefinko, K. (2013). Cardiac vagal control and children's adaptive functioning: A meta-analysis. *Biological Psychology, 94*(1), 22-37. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.04.011>
- Griffiths, K. R., Quintana, D. S., Hermens, D. F., Spooner, C., Tsang, T. W., Clarke, S., & Kohn, M. R. (2017). Sustained attention and heart rate variability in children and adolescents with ADHD. *Biological Psychology, 124*, 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.01.004>
- Grossman, P., & Taylor, E. W. (2007). Toward understanding respiratory sinus arrhythmia: Relations to cardiac vagal tone, evolution and biobehavioral functions. *Biological Psychology, 74*(2), 263-285. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2005.11.014>
- Hermanson, E. (2012). Tarkkaavuuden ja yliaktiivisuuden ongelmat. *Lääkärikirja Duodecim*. Saatavilla: https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=kot00811
- Hofmann, W., Schmeichel, B. J., & Baddeley, A. D. (2012). Executive functions and self-regulation. *Trends in Cognitive Sciences, 16*(3), 174-180. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.01.006>
- Holzman, J. B., & Bridgett, D. J. (2017). Heart rate variability indices as bio-markers of top-down self-regulatory mechanisms: A meta-analytic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 74*(Pt A), 233-255. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.12.032>
- Huttunen, M., & Socada, L. (2019). ADHD (aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriö). *Lääkärikirja Duodecim*.
- Kadesjö, B., Janols, L.-O., Korkman, M., Mickelsson, K., Strand, G., Trillingsgaard, A., Lambek, R., Øgrim, G., Bredesen, A. M., & Gillberg, C. (2017). Five-To-Fifteen-Revised (5-15R). Saatavilla: www.5-15.org
- Koenig, J., Rash, J. A., Kemp, A. H., Buchhorn, R., Thayer, J. F., & Kaess, M. (2016). Resting state vagal tone in attention deficit (hyperactivity) disorder: A meta-analysis. *The World Journal of Biological Psychiatry, 18*(4), 256-267. <https://doi.org/10.3109/15622975.2016.1174300>

- Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. F. (2017). Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research – recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Frontiers in Psychology, 8*, 213. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00213>
- Luna, B., Garver, K. E., Urban, T. A., Lazar, N. A., & Sweeney, J. A. (2004). Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood. *Child Development, 75*(5), 1357-1372. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00745.x>
- Mccraty, R., & Shaffer, F. (2015). Heart rate variability: New perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. *Global Advances in Health and Medicine, 4*(1), 46-61. <https://doi.org/10.7453/gahmj.2014.073>
- Marcovitch, S., Leigh, J., Calkins, S. D., Leerks, E. M., O'Brien, M., & Blankson, A. N. (2010). Moderate vagal withdrawal in 3.5-year-old children is associated with optimal performance on executive function tasks. *Developmental Psychobiology, 52*(6), 603-608. <https://doi.org/10.1002/dev.20462>
- McCartney, K., & Phillips, D. (Eds.). (2006). *Blackwell handbook of early childhood development*. Malden: Blackwell Publishing.
- Overbeek, T. J. M., van Boxtel, A., & Westerink, J. H. D. M. (2014). Respiratory sinus arrhythmia responses to cognitive tasks: Effects of task factors and RSA indices. *Biological Psychology, 99*, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.02.006>
- Park, B., Kim, M., Seo, J., Lee, J., & Park, H. (2015). Connectivity analysis and feature classification in attention deficit hyperactivity disorder sub-types: A task functional magnetic resonance imaging study. *Brain Topography, 29*(3), 429-439. <https://doi.org/10.1007/s10548-015-0463-1>
- Peltola, M. J., Hietanen, J.K., Forssman, L. & Leppänen, J.M. (2013). The emergence and stability of the attentional bias to fearful faces in infancy. *Infancy, 18*, 905–926. <https://doi.org/10.1111/infa.12013>
- Pennington, B. F. (2005). Toward a new neuropsychological model of attention-deficit/hyperactivity disorder: Subtypes and multiple deficits. *Biological Psychiatry (1969), 57*(11), 1221-1223. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.03.010>
- Pihko, H., Haataja, L., & Rantala, H. (2014). *Lastenneurologia*. Helsinki: Duodecim.
- Porges, S. W. (1995). Orienting in a defensive world: Mammalian modifications of our evolutionary heritage. A polyvagal theory. *Psychophysiology, 32*(4), 301-318. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1995.tb01213.x>
- Porges, S. W. (2007). The polyvagal perspective. *Biological Psychology, 74*(2), 116-143. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2006.06.009>

- Puustjärvi, A., Leppämäki, S., Närhi, V., Pihlakoski, L., Sumia, M., Virta, M., . . . Tuunainen, A. (2017). ADHD (aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriö): Käypä hoito -suositus. *Duodecim*. Saatavilla: https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId=od_____1593::4b4f276496445045c947d83efec80a9b
- Rantanen, K., Vierikko, E., & Nieminen, P. (2013). *TOTAKU II: Toiminnanohjauksen ja tarkkaavuuden ryhmäkuntoutus: käsikirja*. Psykologian opetus- ja tutkimusklinikan julkaisuja 1/2013. Tampere: Tampereen yliopisto.
- Rash, J. A., & Aguirre-Camacho, A. (2012). Attention-deficit hyperactivity disorder and cardiac vagal control: A systematic review. *Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 4(4), 167-177. <https://doi.org/10.1007/s12402-012-0087-1>
- Reynard, A., Gevirtz, R., Berlow, R., Brown, M., & Boutelle, K. (2011). Heart rate variability as a marker of self-regulation. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 36(3), 209-215. <https://doi.org/10.1007/s10484-011-9162-1>
- Robe, A., Dobrean, A., Cristea, I. A., Păsărelu, C. R., & Predescu, E. (2019). Attention-deficit/hyperactivity disorder and task-related heart rate variability: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 99, 11-22. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.01.022>
- Rothbart, M. K., Ahadi, S. A., & Evans, D. E. (2000). Temperament and personality: Origins and outcomes. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78(1), 122-135. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.78.1.122>
- Sack, M., Hopper, J. W., & Lamprecht, F. (2004). Low respiratory sinus arrhythmia and prolonged psychophysiological arousal in posttraumatic stress disorder: Heart rate dynamics and individual differences in arousal regulation. *Biological Psychiatry*, 55(3), 284-290. [https://doi.org/10.1016/s0006-3223\(03\)00677-2](https://doi.org/10.1016/s0006-3223(03)00677-2)
- Segerstrom, S. C., & Nes, L. S. (2016). Heart rate variability reflects self-regulatory strength, effort, and fatigue. *Psychological Science*, 18(3), 275-281. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01888.x>
- Sergeant, J. (2000). The cognitive-energetic model: An empirical approach to attention-deficit hyperactivity disorder. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 24(1), 7-12. [https://doi.org/10.1016/s0149-7634\(99\)00060-3](https://doi.org/10.1016/s0149-7634(99)00060-3)
- Shiels, K., & Hawk, L. W. (2010). Self-regulation in ADHD: The role of error processing. *Clinical Psychology Review*, 30(8), 951-961. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2010.06.010>

- Staton, L., El-Sheikh, M., & Buckhalt, J. A. (2009). Respiratory sinus arrhythmia and cognitive functioning in children. *Developmental Psychobiology*, *51*(3), 249-258. <https://doi.org/10.1002/dev.20361>
- Sulik, M. J., Eisenberg, N., Spinrad, T. L., & Silva, K. M. (2015). Associations between respiratory sinus arrhythmia (RSA) reactivity and effortful control in preschool-age children. *Developmental Psychobiology*, *57*(5), 596-606. <https://doi.org/10.1002/dev.21315>
- Tenenbaum, R., Tenenbaum, R., Musser, E., Musser, E., Morris, S., Morris, S., . . . Pelham Jr, W. (2019). Response inhibition, response execution, and emotion regulation among children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *47*(4), 589-603. <https://doi.org/10.1007/s10802-018-0466-y>
- Thayer, J. F., Hansen, A. L., Saus-Rose, E., & Johnsen, B. H. (2009). Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: The neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Annals of Behavioral Medicine*, *37*(2), 141-153. <https://doi.org/10.1007/s12160-009-9101-z>
- Thorell, L. B., Chistiansen, H., Hammar, M., Berggren, S., Zander, E., & Bölte, S. (2018). *Standardization and cross-cultural comparisons of the swedish conners 3® rating scales*. Informa UK Limited. <https://doi.org/10.1080/08039488.2018.1513067>
- Tripp, G., & Wickens, J. R. (2009). Neurobiology of ADHD. *Neuropharmacology*, *57*(7-8), 579-589. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2009.07.026>
- van Ewijk, H., Heslenfeld, D. J., Zwiers, M. P., Buitelaar, J. K., & Oosterlaan, J. (2012). Diffusion tensor imaging in attention deficit/hyperactivity disorder: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *36*(4), 1093-1106. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.01.003>
- Vohs, K. D., & Baumeister, R. F. (Eds.). (2016). *Handbook of self-regulation: Research, theory, and applications* (3rd ed.). New York, NY: Guilford Publications.
- Voutilainen, A. (2016). ADHD ja aivojen kuvantamistutkimukset. Saatavilla: <https://www.kaypa-hoito.fi/nix01797#R14>
- Wang, T., Huang, W., Kuo, T. B. J., Lee, G., & Yang, C. C. H. (2012). Inattentive and hyperactive preschool-age boys have lower sympathetic and higher parasympathetic activity. *The Journal of Physiological Sciences*, *63*. 87-94. <https://doi.org/10.1007/s12576-012-0238-3>
- Willcutt, E. G., Nigg, J. T., Pennington, B. F., Solanto, M. V., Rohde, L. A., Tannock, R., . . . Lahey, B. B. (2012). Validity of DSM-IV attention deficit/hyperactivity disorder symptom dimensions and subtypes. *Journal of Abnormal Psychology* (1965), *121*(4), 991-1010. <https://doi.org/10.1037/a0027347>

Williams, D. P., Thayer, J. F., & Koenig, J. (2016). Resting cardiac vagal tone predicts intraindividual reaction time variability during an attention task in a sample of young and healthy adults. *Psychophysiology*, *53*(12), 1843-1851. <https://doi.org/10.1111/psyp.12739>