

PERUSKOULUIKÄISTEN TOIMINNAHOJJAUKSEN TUKEMINEN FYYSISELLÄ AKTIIVISUUDELLA

Anniina Tall ja Noora Tuomi

Liikuntapedagogiikka pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2024

TIIVISTELMÄ

Tall, A. & Tuomi, N. 2024. Peruskouluikäisten toiminnanohjauksen tukeminen fyysisellä aktiivisuudella. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto (liikuntapedagogiikka) pro gradu -tutkielma, 51 s.

Tämän pro gradun tarkoituksena oli selvittää, millä tavalla peruskouluikäisten fyysinen aktiivisuus on yhteydessä toiminnanohjaukseen, spesifimmin inhibitioon ja sen tason vaihteluun päivän aikana. Fyysisen aktiivisuuden yhteyttä tarkasteltiin akuuttien ja kroonisten vasteiden näkökulmasta. Toiminnanohjaus voidaan jakaa inhibitioon ja työmuistiin. Inhibitiolla tarkoitetaan kykyä kontrolloida tarkkaavaisuutta, käyttäytymistä, ajatuksia ja tunteita. Fyysiseen aktiivisuuteen sisältyy kaikki toiminta, missä energiankulutus on suurempaa kuin paikallaan oltaessa.

Tässä pro gradu tutkielmassa akuuttina vasteena toimivat edeltävän päivän aikainen fyysinen aktiivisuus (MET, istumisen katkaisu ja askeleet) sekä tutkimuspäivän aikainen fyysinen aktiivisuus (CON, HIIE, MIIE) ja kroonisen vasteena edeltävän vuoden aikainen urheilutausta. Tutkielmassa hyödynnettiin 12–14-vuotiailla tehdyn BrainPANIC-tutkimuksen aineistoa, josta analyysiin sopi 17 koehenkilöä. Inhibitiota mitattiin sovelletulla flanker-testillä, ja fyysisen aktiivisuuden data kerättiin urheilutaustan osalta kyselylomakkeella ja tutkimuksia edeltäneiltä päiviltä kiihtyvyyssantureilla. Jokainen tutkittava osallistui tutkimukseen kolmena erilaista aktiivisuutta sisältävänä päivänä ja jokaisen päivän aikana inhibitiota mitattiin neljässä aikapisteessä. Aineistoa analysoitiin määrällisin menetelmin SPSS-tilasto-ohjelmalla korrelaatioiden ja Rmanovan testin avulla.

Korrelaatiomatriisista havaittiin, että tutkimuksia edeltävän päivän MET-arvo oli tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä inhibition kongruenttien ärsykkeiden oikeisiin vastauksiin ($p < 0.05$). Rmanovan analyysin mukaan edeltävän vuoden aikana aktiivisemmin liikkuneet saivat enemmän oikeita vastauksia inhibitiota mittaavasta flanker-testistä. Pro gradun tulokset tukevat aikaisempia flanker-testiä hyödyntäneitä inhibitiotutkimuksia: niin akuuteilla kuin kroonisilla fyysisen aktiivisuuden vasteilla on mahdollista tukea inhibitiota ja täten myös toiminnanohjausta. Käytännössä esimerkiksi välituntiaktiivisuus, taukojummat ja koulumatkojen kulkeminen jalan tai pyöräillen ovat hyviä keinoja lisätä lasten ja nuorten päivän kokonaisaktiivisuutta, josta näyttäisi olevan hyötyä toiminnanohjaukselle seuraavanakin päivänä. Myös koululiikunnalla voidaan lisätä päivän kokonaisaktiivisuutta ja lisäksi sillä on tärkeä rooli liikuntaan kasvamisessa ja liikunnasta innostumisessa. Mitä enemmän liikuntaa saadaan osaksi lasten ja nuorten arkea, sitä paremmat ovat edellytykset niin toiminnanohjaukseen kuin muuhunkin hyvinvointiin elämän eri osa-alueilla.

Asiasanat: inhibitio, toiminnanohjaus, fyysinen aktiivisuus, urheilutausta

ABSTRACT

Tall, A. & Tuomi, N. 2024. Supporting primary school-aged children's executive functions with physical activity. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis, 51pp.

The aim of this master thesis was to examine how primary school-aged children's physical activity is associated with executive functions more specifically inhibition and its variation during the day. Associations between physical activity and inhibition were examined from acute and chronic perspectives. Cognitive control is divided into inhibition and working memory. Inhibition can be defined as the ability to control behavior, thoughts, attention, and emotions. Physical activity includes all activities where energy consumption is greater than when sitting still.

In this study acute responses were physical activity during the previous day (MET, from sitting to standing and steps), physical activity during the test day (CON, HIIE, MIIE) and chronic response was the sport participation during the previous year. We used BrainPANIC research material in this study, from which we were able to use the results of 17 participants. Participants were 12-14 years old. Inhibition was measured with the modified flanker-test, information regarding sport participation was collected with a questionnaire and physical activity scores from the day before examination were collected with ActivPAL-accelometers. Each participant was tested on three different days and inhibition was measured four times during each day. The data was analyzed quantitatively (correlations and Rmanova) using the SPSS statistical program.

Correlation matrix showed that MET value from the day before tests was statistically significantly related to inhibitions correct congruent response stimuli ($p < 0.05$). According to Rmanova-analysis, during the previous year, those who were more physically active got more correct answers in the flanker-test. These results support previous studies of inhibition measured with the flanker-test: it's possible to support inhibition and thus cognitive control with physical activity in both acute and chronic responses. For example, being active during recesses, taking active breaks and biking or walking to school and back are great ways for children and youth to get more activity during the day. Also, physical education classes are a way to add activity to days and they also have an important role in learning a physically active lifestyle and getting excited about sports. The more sports are being included in different parts of life the bigger are chances for better executive functions as well as general wellbeing in life.

Key words: inhibition, executive functions, physical activity, sport participation

KÄYTETYT LYHENTEET

activPAL	kiihtyvyyssanturi
BrainPANIC	Brain Effects of Physical Activity and Nutrition in Children and adolescents
CON	control, paikallaanolo
EEG	elektroenkefalografia
HIIE	high intensity interval exercise, korkean intensiteetin intervalliharjoitus
MEG	magnetoenkefalografia
MET	metabolic equivalent, metabolinen ekvivalentti
MIIE	moderate intensity interval exercise, kohtalaisen intensiteetin intervalliharjoitus
MVPA	Moderate to vigorous physical activity
WHO	World Health Organization, Maailman terveysjärjestö

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO.....	1
2 TOIMINNANOHJAUS KOGNITIIVISENA TOIMINTONA.....	3
2.1 Toiminnanohjaus ja inhibitio.....	4
2.2 Toiminnanohjauksen ja inhibition tutkiminen.....	5
3 FYSIOLOGISET VASTEET TOIMINNANOHJAUKSEN TAUSTALLA.....	8
4 FYYSISEN AKTIIVISUUDEN MÄÄRÄN JA LAADUN MERKITYS.....	11
4.1 Kokoavien katsausten päätulokset.....	11
4.2 Akuutit vasteet toiminnanohjaukseen.....	13
4.3 Krooniset vasteet toiminnanohjaukseen.....	15
4.4 Istumisen katkaisu, askelmäärä ja MET-arvo.....	18
5 MENETELMÄT.....	20
5.1 Tutkimustehtävä ja tutkimuskysymykset.....	20
5.2 Tutkimuksen kohdejoukko ja aineiston kerääminen.....	21
5.3 Tutkimuksen mittarit.....	22
5.3.1 Kiihtyvyyssantureilla mitattu fyysinen aktiivisuus.....	22
5.3.2 PANIC Physical Activity Questionnaire.....	22
5.3.3 Flanker-testi.....	23
5.4 Tutkimusaineiston analysointi.....	24
5.5 Tutkimuksen validiteetti ja reliabiliteetti.....	27
5.6 Eettiset näkökohdat.....	29
6 TULOKSET.....	31
6.1 Keskiarvot, luottamusvälit, keskihajonnat ja normaalijakautuneisuus.....	31
6.2 Fyysisen aktiivisuuden ja inhibition baseline-mittauksen korrelaatiot.....	31
6.3 Fyysisen aktiivisuuden yhteys paikallaanolopäivän inhibitioon.....	33

6.3.1 Oikeat vastaukset	33
6.3.2 Oikeat vastaukset kongruentteihin.....	35
6.3.3 Oikeat vastaukset inkongruentteihin	37
6.3.4 Reaktioaika oikeissa vastauksissa	38
6.3.5 Reaktioaika kongruenttien ärsykkeiden oikeissa vastauksissa	39
6.3.6 Reaktioaika inkongruenttien ärsykkeiden oikeissa vastauksissa.....	40
6.4 Tutkimuspäivien (CON, HIIE, MIIE) aikainen inhibition vaihtelu	40
7 POHDINTA.....	45
7.1 Tulosten merkitys	47
7.2 Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitukset.....	49
7.3 Jatkotutkimus	50
7.4 Johtopäätökset	51
LÄHTEET	52

1 JOHDANTO

Fyysisen aktiivisuuden vähäisyys ja sen vaikutukset terveydelle ja oppimiselle ovat herättäneet huolta (Syväoja ym. 2014, 1). Suomalaisista 7–15-vuotiaista vain 36 % saavutti liikkumissuosituksen vuonna 2022 toteutetun LIITU-tutkimuksen mukaan (Martin ym. 2023, 16). Maailmanlaajuisesti tilanne on yhtä huolestuttava, kun 11–17 vuotiaista jopa yli 80 % ei saavuta päivittäisen fyysisen aktiivisuuden suosituksia (Guthold ym. 2020). Suomessa lapset ja nuoret viettävät valveilla ollessaan paljon aikaa paikallaan, erityisesti istuen. Vuodesta 2016 lasten paikallaanoloaika on lisääntynyt vuoteen 2022, lisäksi liikunnan määrä on vähentynyt jonkin verran vuosien 2018 ja 2022 välillä. (Husu ym. 2023, 42–44) Jotta inaktiivisuutta voitaisiin vähentää, yksilön päivittäiseen paikallaanoloon ja fyysiseen aktiivisuuteen tulisi tehdä muutoksia (Tremblay 2011, 16), sillä fyysisen aktiivisuuden tiedetään ehkäisevän useita terveystriskejä (Janssen & LeBlanc 2010, 13).

Opetussuunnitelmassa liikuntaoppiaineessa korostetaan, että tavoitteena on kasvattaa oppilaat liikkumaan ja liikunnan avulla (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, 148, 433). Kaikenlainen liikunta on fyysistä aktiivisuutta (Haerens ym. 2014, 27). Fyysisen aktiivisuuden seurauksena saavutettava parempi fyysinen kunto ja paremmat motoriset taidot ovat yksi aivoterveysteen ja kognitiiviseen kehitykseen yhteydessä olevista tekijöistä (Chaddock ym. 2011; Haapala 2013). Liikuntaan liittyvien tavoitteiden lisäksi opetussuunnitelmassa nostetaan esiin koulun opetus- ja sivistystehtävä (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, 14, 18), eli fyysisellä aktiivisuudella on merkitystä myös tämän tehtävän kannalta. Tutkittaessa fyysisen aktiivisuuden ja koulumenestyksen välistä yhteyttä, kognitiiviset kyvyt ja erityisesti toiminnanohjaus toimii tätä yhteyttä välittävänä tekijänä (Visier-Alfonso ym. 2021). Lasten ja nuorten liikkumisen tärkeyttä ei turhaan korosteta, sillä riittävän ja monipuolisen liikunnan positiiviset vaikutukset ulottuvat hyvästä fyysisestä terveydestä ja aivojen terveydestä aina akateemiseen menestykseen asti. Nämä kaikki kolme asiaa ovat merkittäviä paremman elämänlaadun edistämässä. (Chaddock ym. 2011)

Aiheen kannalta keskeisimpiä käsitteitä ovat toiminnanohjaus, inhibitio ja fyysinen aktiivisuus. Toiminnanohjaus käsittää kognitiiviset prosessit, jotka vastaavat tavoitteellisen toiminnan suunnittelusta ja toteutuksesta (Banich 2009). Toiminnanohjauksen kaksi keskeisintä perustekijää ovat inhibitio ja työmuisti (Diamond 2013; Närhi & Korhonen 2006, 263). Inhibitiolla tarkoitetaan kykyä kontrolloida omaa käyttäytymistä, tunteita, tarkkaavaisuutta ja

ajatuksia, sekä estää itselle houkutteleva reaktio ja vähentää ärsykejä (Broomell & Ann Bell 2018; Diamond 2013). Inhibition on osoitettu olevan esimerkiksi yksi peruskouluikäisten keskittymisvaikeuksien taustatekijöistä (de Greeff ym. 2018).

Fyysisellä aktiivisuudella tarkoitetaan kaikkea lihasten tahdonalaista toimintaa, joka kuluttaa energiaa ja johtaa jonkinlaiseen liikkeeseen (Liikunta. Käypä hoito 2015). MET-arvo, eli metabolisen ekvivalentin arvo kuvaa kuinka paljon energiankulutus lisääntyy fyysisen aktiivisuuden vuoksi lepotasoon verrattuna (Duodecim 2018). Istumisen katkaisun muuttuja kertoo puolestaan paikallaanolon välttämisen positiivisista yhteyksistä terveyteen. Rungas istumisen päivittäinen määrä lisää kuolleisuuden riskiä (Chau ym. 2013, 12; Tremblay 2011). Askeleet muuttujana kuvastavat arjen aktiivisuutta ja liikuskelua. Schantz ym. (2022, 2) tutkimuksen mukaan askelmäärän tulisi olla viitenä päivänä viikossa vähintään 6000 optimaalisten terveyshyötyjen saavuttamiseksi.

Liikunnan yhteyksiä kognitiivisiin kykyihin tarkasteltaessa tutkimuskohteena on hyvin usein ollut toiminnanohjaus, eli inhibitiota ei erikseen erotella. Tutkimuksia on toteutettu monilla eri tavoilla, minkä vuoksi tutkimustuloksiakin on hyvin erilaisia. Suuressa osassa tutkimuksia on löydetty positiivisia yhteyksiä (Burkhalter & Hillman 2011; Chaddock ym. 2011; Donnelly ym. 2016; Haapala 2013; Solis-Urra ym. 2021), mutta toisaalta on myös niitä tutkimuksia, joissa liikunnan ja kognitiivisten toimintojen välille ei ole löytynyt yhteyttä (Haverkamp ym. 2021; Ruitter ym. 2019). Tutkimuksia, joissa liikunnalla olisi todettu negatiivisia vaikutuksia kognitiivisille kyvyille ei kuitenkaan ole. Tämän vuoksi voisi sanoa, että liikkumisesta ei ainakaan ole haittaa inhibitioon. Kirjallisuuskatsauksen kohdejoukoksi valikoitui peruskouluikäiset, mutta pro gradussa tarkastelussa on rajatumpi joukko, 12–14-vuotiaat.

Pro gradun tarkoituksena oli selvittää, millä tavalla peruskouluikäisten fyysinen aktiivisuus on yhteydessä toiminnanohjaukseen, erityisesti inhibitioon. Inhibition yhteyksiä tarkastellaan fyysisen aktiivisuuden kroonisten ja akuuttien vasteiden näkökulmasta. Kroonisilla vasteilla tarkoitetaan tässä pro gradussa edeltävän vuoden aikaista fyysistä aktiivisuutta (urheilutausta) ja akuuteilla vasteilla edeltävän päivän aikaista fyysistä aktiivisuutta (MET, istumisen katkaisu, askeleet) sekä tutkimuspäivän aikaista fyysistä aktiivisuutta (CON, HIIE, MIIIE). Tutkimuksessa selvitettiin, olivatko eri fyysisen aktiivisuuden muuttujat yhteydessä inhibitioon eri tavalla. Tulosten perusteella voidaan vetää johtopäätöksiä siitä, millainen fyysinen aktiivisuus on yhteydessä inhibitioon.

2 TOIMINNANOHJAUS KOGNITIIVISENA TOIMINTONA

Sana kognitiivinen on peräisin latinankielisestä sanasta *cognare*, joka tarkoittaa tietämistä. Neisser on vuonna 1967 määritellyt kognitiivisen psykologian tarkoittavan kaikkien sellaisten prosessien tutkimista, jossa aistein saatavia ärsyksiä muunnetaan, vähennetään, tarkennetaan, säilytetään, palautetaan mieleen ja käytetään. (Balota & Marsh 2004, 1) Kognitiivisilla toiminnoilla tarkoitetaan kaikkea tiedonkäsittelyyn liittyvää prosessointia. Tiedonkäsittely lähtee havaitsemisesta ja sen jälkeen tarvitaan ajattelua ja muistamista. (Vuoksimaa 2019) Kognition voidaan siis ajatella olevan psyykkistä toimintaa, joka tapahtuu aivoissa, mutta jolla on erittäin suuri merkitys fyysisen ja sosiaalisen toiminnan kannalta.

Kognitiiviset toiminnot ovat toisistaan riippuvaisia ja kokonaisvaltaisesti vaikuttava järjestelmä. Sen vuoksi siitä voidaan puhua ja tietyissä asiayhteyksissä usein puhutaankin kokonaisuutena sen tarkemmin yksityiskohtia erittelemättä. Kognitiiviset toiminnot voidaan kuitenkin myös nimetä erikseen ja jakaa erilaisiin alakategorioihin. Mikäli halutaan tarkastella esimerkiksi liikunnan yhteyksiä kognitiiviseen toimintaan, on mielekästä yleisen tarkastelun lisäksi tarkentaa näkökulmaa tiettyyn yksittäiseen toimintoon. Vaikka kognitiiviset toiminnot ovatkin kokonaisuus, yksittäiset toiminnot toimivat myös itsenäisesti ja kaikille toiminnoille on osoitettavissa omat toiminnasta pääosin vastaavat aivoalueet. (Baars & Gage 2010, 33–61)

Kognitiivisia toimintoja ovat tarkkaavaisuus, havaitseminen, oppiminen, muisti, metakognitiivinen ajattelu, tiedonkäsittely, toiminnanohjaus, ongelmanratkaisu ja kielelliset toiminnot (Hämäläinen & Ahonen 2006, 81–86). Kognitiivisten toimintojen kehitys on yksilöllistä, minkä vuoksi saman ikäisillä lapsilla niiden toiminta voi olla hyvin vaihtelevaa. Toimintojen kehitys ja toiminta voi helpottua tai vaikeutua erilaisten vaikutteiden vuoksi. On myös mahdollista, että jonkin toiminnon käytössä on haasteita, kuten esimerkiksi silloin kun toiminnosta vastaava aivojen osa on vaurioitunut, joko jo raskauden aikana tai myöhemmin elämässä, tai siitä vastaavat aivojen osat toimivat muulla tavoin epänormaalisti. (Baars & Gage 2010, 479– 506)

2.1 Toiminnanohjaus ja inhibitio

Toiminnanohjauksella tarkoitetaan sellaisia kognitiivisia prosesseja, jotka vastaavat tavoitteellisen toiminnan suunnittelusta ja toteutuksesta (Banich 2009). Lezak ym. (1995, 611) ovat jaotelleet toiminnanohjauksen vaiheet neljään. Ensin muodostetaan jokin tavoite ja sen jälkeen suunnitellaan, millä keinoilla tavoitteeseen päästään. Kolmantena vaiheena on näiden suunniteltujen keinojen ja toimintastrategioiden toteutus. Lopulta viimeisenä arvioidaan, kuinka tavoitteeseen päästiin. Aivoissa toiminnanohjaukselle erityisen tärkeitä alueita sijaitsee aivokuorella ja aivokuoren alaisilla alueilla. Aivokuoren alueista etuotsalohko on erityisen tärkeä toiminnanohjauksen kannalta ja sen vaurioituessa esimerkiksi inhibointikyky usein heikkenee (Baars & Gage 2010, 399–402; Banich & Compton 2018, 350). Toiminnanohjaukselle tärkeitä aivokuoren alaisia rakenteita ovat talamus, pikkuaivot (cerebellum) ja tyvitumakkeista häntätumake (caudate nucleus) ja aivokuorukka (putamen) (Bidzan-Bluma & Lipowska 2018).

Toiminnanohjauksen kaksi keskeisintä perustekijää ovat inhibitio ja työmuisti (Diamond 2013; Närhi & Korhonen 2006, 263). Ilman näitä kahta tavoiteltua toimintaa ei saada aikaiseksi. Inhibitio tarkoittaa kykyä kontrolloida käyttäytymistä, tarkkaavaisuutta, tunteita ja ajatuksia. Sen avulla ihminen pystyy estämään itselleen tyypillisen ja houkuttelevan reaktion ja sen sijaan toteuttamaan itselleen epätavanomaisen toimintatavan. (Broomell & Ann Bell 2018; Diamond 2013) Inhibitio on erittäin kriittinen tavoitteellisen toiminnan kannalta (Banich & Compton 2018, 350), sillä sen avulla aistiärsyksiä vähennetään ja tarkennetaan (Lezak ym. 1995, 611). Näin pystytään suunnittelemaan ja toteuttamaan aiottua toimintaa (Lezak ym. 1995, 611). Inhibition kehittymistä voidaan tukea ja edistää monin tavoin (Diamond & Ling 2016; Röthlisberger ym. 2011; Volckaert & Noel 2015), aivan kuten muitakin kognitiivisia toimintoja. Tässä pro gradussa tarkastelu on rajattu nimenomaan toiminnanohjauksen osalta inhibition kehittämiseen, koska aikaisemmissa tutkimuksissa fyysisellä aktiivisuudella on havaittu olevan yhteyttä nimenomaan inhibitioon, mutta ei niinkään työmuistiin (Pindus ym. 2023; Pindus ym. 2016).

Inhibition on osoitettu olevan yhteydessä moniin tärkeisiin elämänaalueisiin (Diamond 2013; Honore ym. 2020), kuten elämänlaatuun (Brown & Landgraf 2010), fyysiseen terveyteen (Crescioni ym. 2011) ja jopa yleiseen turvallisuuteen rikollisuutta vähentämällä (Fosco ym. 2019). Sen on osoitettu olevan yhteydessä myös koulumenestykseen (Borella ym. 2010), joka

on tämän tutkimuksen tarkoituksen kannalta olennainen alue. Koulun arjessa lapsen inhibiointikyky näkyy muun muassa taitona odottaa omaa vuoroa, olla häiriintymättä luokassa olevista ärsykkeistä ja keskittyä sinnikkäästi annetun tehtävän tekemiseen (Baars & Gage 2010, 496; Diamond 2013). Kahdesta jo mainitusta toiminnanohjauksen perustekijästä (inhibitio ja työmuisti), varsinkin peruskouluikäisillä, päivittäin näkyviä ja sekä yksilöön, koko opetusryhmään, että opettajaan vaikuttavia haasteita osoittaa siis yksilön inhiboinnin heikkous tai kehittymätön toiminta.

Aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriön (ADHD) yhtenä kriteerinä on ulkopuolisista ärsykkeistä helposti ärsyyntyminen (Käypä hoito- suositus 2019). Se viittaa siihen, että muun muassa toiminnanohjaus on jotenkin häiriintynyt tai se ei toimi normaalisti. Toiminnanohjauksessa voi kuitenkin olla haasteita myös ilman synnynnäisiä tai jonkin trauman seurauksena vaurioituneita tai epänormaalisti toimivia aivorakenteita, terveiden aivojen toiminnanohjauskyvyt ovat tämän pro gradun aiheena.

2.2 Toiminnanohjauksen ja inhibition tutkiminen

Toiminnanohjausta ja inhibitiota tutkitaan erityisesti kognitiivisessa psykologiassa sekä kognitiivisessa neurotieteessä. Kognitiivisen neurotieteen rooli toiminnanohjauksen tutkimisessa ei välttämättä ole niin ilmeinen kuin perinteisen kognitiivisen psykologian. Niin kauan, kun kaikki aivoissa toimii kuten pitää, eivät ne tarvitse erityistä huomiota. Kuitenkin esimerkiksi siinä vaiheessa, kun oppilaalla on kognitiivisten toimintojen osalta vaikeuksia tai haasteita selviytyä koulussa, on kognitiivisen neurotieteen tarjoama tieto erityisen hyödyllistä ja kiinnostavaa. (Banich & Compton 2018, 527). Kognitiivinen psykologia tuottaa tarkkojen aivojen toimintojen kuvaamisen sijaan tietoa siitä, miten toiminnanohjaus ja inhibitio näkyy ja vaikuttaa ihmisen toiminnassa.

Jotta toiminnanohjauksen ja inhibition toiminnasta voisi saada täyden kuvan, täytyy ymmärtää sekä niiden neuraalista, että käyttäytymistieteellistä perustaa (Houghton & Tipper 1996, 20). Siksi tutkittavalle voidaan teettää erilaisia testejä, joiden suorittamista havainnoidaan. Mikäli tavoitteena on saada oikein tarkkaa tietoa aivojen toiminnasta, on myös mahdollista käyttää aivokuvantamismenetelmiä.

Toiminnanohjauksen ja samalla myös inhibition neuraalista perustaa on selvitetty esimerkiksi toiminnallisella magneettiresonanssikuvauksella (fMRI) ja elektroenkefalografialla (EEG) (Närhi & Korhonen 2006, 263). EEG on vanhempi ja yleisemmin käytetty menetelmä, joka mittaa aivojen sähköistä toimintaa (Degerman ym. 2006, 105). Tutkittavalle epämiellyttävämpi fMRI on kuvantamismenetelmä, joka rekisteröi aivoalueiden verenvirtausmuutoksia paljastaen mitkä aivoalueet aktivoituvat (Rinne ym. 2006, 125–126).

Kolmas, kustannusten vuoksi huomattavasti harvinaisempi menetelmä on magneettienkefalografia (MEG). Kuten EEG, myös MEG mittaa aivojen sähköistä toimintaa. MEG mittaa aivoissa tapahtuvaa aktivaation etenemistä aivomagneettikäyrillä ja tätä varten tarvitaan erikseen magneettisesti suojattu huone ja tutkimuksen ajan koehenkilön on oltava liikkumatta testauslaitteessa. (Hari 2006, 111–112) Näiden edellä mainittujen aivokuvantamismenetelmien lisäksi on paljon muitakin menetelmiä. Laitteiden hinnan ja toteutuksen haastavuuden vuoksi käytännön menetelmät ovat kuitenkin enemmän käytettyjä.

Inhibitiota voidaan mitata monenlaisilla käytännön testeillä. Paljon käytettyjä ovat esimerkiksi Go/ No-go-testi, stop-signal-testi ja Stroop-testi. Niistä jokainen mittaa inhiboinnin erillistä tyyppiä, jotka ovat motorisen vasteen pysäyttäminen, muiston mieleen palauttamisen pysäyttäminen ja emotionaalisen reaktion pysäyttäminen. (Banich & Compton 2018, 350–351; Diamond 2013) Näiden testien lisäksi Eriksenin flanker-testi on myös yksi käytetyistä testeistä ja sen perusta ja käytännön toteutus on hyvin samanlainen kuin Stroop-testissä. Molemmissa koehenkilön tehtävänä on reagoida ja erotella yhteneviä ja yhteen sopimattomia ärsykeitä. (Zhou ym. 2019)

Go/No-go-testissä henkilön tehtävänä on painaa nappia, kun hyväksyty ärsyke (esimerkiksi sininen väri) ilmestyy, ja silloin kun kielletty ärsyke (esimerkiksi violetti väri) ilmestyy, hän ei saa painaa nappia. Stop-signal-testi on edellisestä muokattu versio, jossa henkilön tehtävänä on reagoida ärsykkeeseen (esimerkiksi nuolen suunta) mahdollisimman nopeasti, mutta joillain kerroilla ärsykkeen ilmestymisen jälkeen tulee toinen ärsyke (esimerkiksi piippaus), jolloin henkilö ei saisikaan reagoida ensimmäiseen ärsykkeeseen. Stroop-testissä henkilön tehtävänä on valita kahdesta ärsykkeestä se, jota on pyydetty huomioimaan. Hänelle näytetään esimerkiksi värien nimiä, jotka on kirjoitettu eri väreillä, ja sitten tulisi sanoa se väri, joka näkyy eikä se, joka kirjaimilla on kirjoitettu. (Banich & Compton 2018, 350–351)

Tarkasteltaessa nimenomaan erilaisia fyysisen aktiivisuuden ja inhibition yhteyksiä tutkineita systemaattisia katsauksia ja meta-analyysejä voidaan todeta, että kaksi inhibitiota mittaavista testeistä, stroopin testi ja flanker-testi, ovat selvästi eniten käytettyjä. (Amatriain-Fernandez ym. 2021; Berrios-Aguayo ym. 2022; Haverkamp ym. 2020; Hsieh ym. 2021). Joissain katsauksissa Stroopin testi oli hieman useammin käytetty kuin flanker-testi, mutta esimerkiksi Paschenin ym. (2019) katsauksessa flanker-testin eri versiot olivat käytetympiä kuin stroopin testi ja Reyes-Amigon ym. (2022) analyysissä kaikki inhibitiomittaukset oli tehty käyttämällä flanker-testiä.

Flanker-testin perusajatuksena on selvittää, kuinka täsmällisesti ja nopeasti osallistuja onnistuu suoriutumaan testistä (Baars & Gage 2010, 272–273). Flanker-testistä on erilaisia versioita. Niissä voi olla esimerkiksi symboleista tai kirjaimista muodostuvia rivejä. Flanker- testissä koehenkilön tehtävänä on reagoida eteen ilmestyviin ärsykkeisiin, joista fiksaatiopisteessä, eli keskimmäisenä oleva on kohdeärsyke ja sen molemmin puolin on häiritseviä ärsykeitä. Testissä mitataan kohdeärsykkeen tunnistamisen virheettömyyttä ja siihen kuluva reagointi-aikaa. (Eriksen & Eriksen 1974, 143) Lapsilla ja nuorilla virheettömyyden, eli oikeiden vastausten määrän on todettu olevan reaktioaikaa parempi inhibition mittari (Christakou ym. 2009, 231; Davidson ym. 2006, 2037).

Käytännön testit ilman kalliita laitteita ovat halvimpia ja helpoimpia toteuttaa. Niiden avulla on myös mahdollista testata suurempiakin koehenkilöjoukkoja. Useimmissa tähän pro graduun valituissa tutkimuksissa käytetään juuri tällaisia ilman aivokuvantamista havainnoitavissa olevia testejä, selvittäessä toiminnanohjauksen ja inhibition tilaa juuri kyseisellä hetkellä. Mikäli aivokuvantamismenetelmiä on tutkimuksessa kuitenkin käytetty, lisäävät ne tuloksen luotettavuutta. Tämän pro gradun tutkimuksissa on tutkittu terveitä lapsia ja nuoria, jolloin voidaan olettaa, että aivot toiminta on normaalia. Tarkastelussa on näkökulmat siitä, miten toiminnanohjaus ja inhibitio vaihtelevat eri interventioiden tai taustamuuttujien seurauksena.

3 FYSIOLOGISET VASTEET TOIMINNANOHJAUKSEN TAUSTALLA

Koska inhibitio on osa toiminnanohjausta ja toiminnanohjaus on yksi kognitiivisista toiminnoista, on hyödyllistä tarkastella ensin yleisesti liikunnan ja kognitiivisten toimintojen välistä yhteyttä. Kuten kappaleessa kaksi jo todettiin, kognitiiviset toiminnot voivat kehittyä paremmaksi tai heikentyä erilaisten vaikutteiden takia (Baars & Gage 2010, 479–506). Liikunta on yksi tämän kaltaisista vaikutteista (Burkhalter & Hillman 2011). Myös esimerkiksi ruokavalio (Burkhalter & Hillman 2011) ja uni (Philbrook ym. 2017) ovat liikunnan lisäksi kognitiiviseen toimintaan vaikuttavia elämäntyyllitekijöitä. Tässä kappaleessa tarkastellaan sitä, miten liikunta ja sen aiheuttamat fysiologiset vasteet liittyvät kognitiiviseen toimintaan ja toiminnanohjaukseen.

Liikunnalla on monia terveysvaikutuksia ihmisen aivoille, hermostolle, hengitys- ja verenkiertoelimistölle, lihaksille, nivelille ja aineenvaihdunnalle. Näiden vaikutusten seuraukset voivat näkyä muun muassa unen laadussa, fyysisessä ja psyykkisessä suorituskyvyssä ja mielialassa. Liikunta on merkittävässä roolissa myös sairauksien ehkäisyssä. (WHO 2020, 15) Liikunta vaikuttaa kognitiivisiin toimintoihin siis sekä suoraan, että välillisesti kaikkien terveyden ja hyvinvointiin vaikuttavien reittien kautta.

Liikunta (physical exercise) on terminä yleisemmin Suomessa arkikielessä käytössä, mutta tässä pro graduissa ollaan kiinnostuneita fyysisestä aktiivisuudesta (physical activity), jota voidaan mitata esimerkiksi kiihtyvyyssantureilla. Niiden avulla on mahdollista selvittää istumisen katkaisua, askeleita ja MET-arvoa (Steeves ym. 2015). Aiemmissa tutkimuksissa fyysistä aktiivisuutta on lähestytty myös erilaisten liikuntamuotojen kautta (Zinelabidine ym. 2022; Alesi ym. 2016; Meijer ym. 2021; van der Niet ym. 2016). Tässä työssä fyysisellä aktiivisuudella tarkoitetaan kaikkea lihasten tahdonalaista toimintaa, joka kuluttaa energiaa ja johtaa jonkinlaiseen liikkeeseen (Liikunta. Käypä hoito 2015). Se on toimintaa, jossa energiankulutus on suurempaa, kun paikallaan ollessa (Vuori 2016, 16). Keskeisin ero termeillä on se, että toisin kuin fyysinen aktiivisuus, liikunta tähtää joihinkin ennalta mietittyihin tavoitteisiin ja toimintaan (Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisusarja 2021, 13). Liikunta on fyysisen aktiivisuuden muoto, joka on suunniteltua, toistuvaa ja strukturoitua (Haerens ym. 2014, 27). Käsitteenä nämä kaksi ovat siis hyvin lähellä toisiaan ja niitä voi osittain käyttää samoissa yhteyksissä, sillä kaikenlainen liikunta on myös fyysistä aktiivisuutta.

Muutokset aivojen rakenteissa ja verenkierrossa. Fyysinen aktiivisuus vaikuttaa inhibointikykyyn samojen prosessien kautta, kuin kognitiiviseen toimintaan. Yksi tutkimuksissa esiin nousseista löydöksistä fyysisen kunnon ja kognitiivisen toimintakyvyn yhteyden välittävänä tekijänä on aivoverenkierron toiminta. Säännöllinen liikkuminen alentaa verenpainetta ja parantaa hapensaantia ja näiden lisäksi aivojen välittäjäaineiden määrä kasvaa ja aivoperäisen hermokasvutekijän (BDNF) tuotanto lisääntyy. (Davenport ym. 2012; Tomporowski ym. 2015, 27) BDNF on hyvin olennainen hermosolujen selviytymisen ja neurogeneesin eli uusien hermosolujen syntymisen kannalta erityisesti hippokampuksen alueella. Hippokampuksen tiedetään olevan muun muassa muistin ja oppimisen keskus ja siten sen toiminta on hyvin tärkeää kognitiivisten toimintojen kannalta. (Chaddock ym. 2010, 177; Davenport ym. 2012) Neurogeneesin lisäksi rakenteellisia muutoksia tapahtuu synapsien lisääntyessä, mikä tarkoittaa, että hermosolujen välille tulee uusia liitoksia. Fyysisen aktiivisuuden aikaansaama parempi verenkierto myös lisää aivohormonien erityistä ja kasvattaa aivojen ravinteiden saantia. (Bidzan-Bluma & Lipowska 2018)

Osa liikunnan tuottamista hyödyistä näkyy heti eli suorituksen aikana ja/tai välittömästi sen jälkeen, jolloin kyseessä on akuutti vaste. Aivoissa tapahtuvia akuutteja vasteita ovat esimerkiksi verenkierron vilkastuminen ja otsalohkon aktivoituminen (Heinonen ym. 2014; Hillman ym. 2008). Myös liikunnan säännöllisyydellä on positiivisia vaikutuksia kognitiiviseen toimintaan (Donnelly ym. 2016), sillä krooninen liikunta, eli useampien viikkojen, kuukausien tai vuosien ajan toistetut liikuntaharjoitukset saavat fyysisen kunnon kehittymisen lisäksi aikaan rakenteellisia muutoksia aivoissa (Tomporowski ym. 2015, 24). Näitä pidempiaikaisen liikunnan vaikutuksia on tutkittu niin sanotuilla kroonisilla interventioilla. Liikunnan ajoituksen ja keston lisäksi liikkumista voidaan tarkastella sen intensiteetin mukaan. Yleisesti käytössä olevaa käsitettä ”reippaasta rasittavaan liikuntaan” (moderate to vigorous physical activity=MVPA) käytetään liikuntasuosituksissakin liikkumisen määritelmässä. Reipas liikunta on sellaista, joka kuormittaa kohtuullisesti, eli syke tihenee ja hengitys kiihtyy ainakin jonkin verran. Rasittavan liikunnan aikana syke ja hengitys puolestaan kiihtyvät huomattavasti. (Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisusarja 2021, 13) Reippaalle liikunnalle raja-arvona pidetään 4-7 MET:iä ja rasittavalle liikunnalle raja-arvo on puolestaan yli 7 MET:iä (Korhonen ym. 2021, 1980).

Erilaiset fyysisen aktiivisuuden muodot parantavat toiminnanohjausta hieman eri mekanismien kautta. Aerobinen liikunta, eli kestävyyskuntoa vaativa, hengitys- ja verenkiertoelimistöä

kehittävä (Liikunta. Käypä hoito 2015) fyysinen aktiivisuus saa aivojen hermoverkoissa aikaan rakenteellisia ja neurokemiallisia muutoksia, jotka muiden positiivisten vaikutusten lisäksi edistävät toiminnanohjausta (Best 2010; Tomporowski ym. 2015, 24). Kestävyyuskunto eli aerobinen kunto määritellään tavallisesti maksimaalisen hapenottokyvyn ja maksimaalisen aerobisen tehon avulla (Peltonen & Nummela 2018, 65). Maksimaalinen hapenottokyky kertoo verenkierto- ja hengityselimistön kyvystä kuljettaa happea lihaksille sekä lihasten kyvystä käyttää happea rasituksen ollessa maksimaalista. Kansainvälisen kuntoluokituksen mukaan huippukestävyysurheilijoilla maksimaalinen hapenottokyky (ml/kg/min) on miehillä luokkaa 80-90 (22-26 MET), naisilla 70-80 (20-23 MET) ja harjoittelemattomilla henkilöillä puolestaan 25 (7MET). 20-25-vuotiailla naisilla kuntotason ajatellaan olevan heikko kun maksimaalinen hapenottokyky on alle 27 ja erinomainen kun se on yli 51. Miehillä samassa ikäryhmässä kunto on heikko kun maksimaalinen hapenottokyky on alle 32 ja erinomainen kun se on yli 62. Iän lisääntyessä maksimaalinen hapenottokyky heikkenee. (Scwartz & Reibold 1990, Duodecim 2021 mukaan)

Toinen fyysisen aktiivisuuden muoto, jota tässä yhteydessä on paljon tutkittu, on kognitiivisesti aktivoiva liikunta, kuten yhteistyötä vaativat joukkuepelit, jotka vaativat ongelmanratkaisukykyä ja reagointia muuttuviin tilanteisiin. Kognitiivisesti aktivoiva liikunta vaatii samoja prosesseja ja aivoalueiden toimintaa kuin toiminnanohjaus. Tämän vuoksi tällaisten liikuntamuotojen vaikutuksien on joissain tutkimuksissa löydetty olevan jopa tehokkaampia, kuin aerobisen liikunnan (Best 2010; Tomporowski ym. 2015, 24–28).

Aiemmissä kappaleissa on tarkasteltu liikunnan ja toiminnanohjauksen (ja samalla inhibition) yhteyksiä. Liikunnalla on havaittu olevan paljon yhteyksiä moniin muihinkin eri asioihin ja toiminnanohjauskyky voi toimia näiden yhteyksien välittävänä tekijänä. Esimerkiksi Visier-Alfonson ja kumppaneiden (2021) systemaattisesta katsauksesta selviää, että tutkittaessa fyysisen aktiivisuuden ja koulumenestyksen välistä yhteyttä, kognitiiviset kyvyt ja erityisesti toiminnanohjaus toimii tätä yhteyttä välittävänä tekijänä. He myös toteavat, että yhteys liikunnan ja toiminnanohjauskyvyn välillä voi syntyä hengitys- ja verenkiertoelimistön kunnan kohentumisen kautta. Tämä tulos on yhteneväinen tässä alaluvussa aiemmin mainittujen tutkimustulosten kanssa. Huomionarvoista on siis se, että harvoin tavoitteena ja päämääränä on nimenomaan parantaa juuri toiminnanohjausta, sillä toiminnanohjausta, kuten muitakin kognitiivisia toimintoja, halutaan edistää jotain käytännön elämässä näkyvää ja hyödyttävää seurausta (esimerkiksi koulumenestys) varten.

4 FYYSISEN AKTIIVISUUDEN MÄÄRÄN JA LAADUN MERKITYS

Hyvästä fyysisestä kunnosta on hyötyä psyykkiselle toimintakyvylle (Chaddock ym. 2012, 427; Donnelly ym. 2016). Koululaisten kognitiivista toimintaa, toiminnanohjaus mukaan luettuna, on mahdollista edistää sitä enemmän, mitä suurempi määrä fyysistä aktiivisuutta oppilailla on tai mitä korkeampi intensiteetti fyysisessä aktiivisuudessa on (Donnelly ym. 2016). Fyysisen kunnan osa-alueita ovat nopeus, kestävyys, voima, liikkuvuus ja motoriset taidot (Ortega ym. 2018). Muntaner-Masin ym. (2022) kahden vuoden pitkittäistutkimuksessa havaittiin, että näistä osa-alueista nuoren parempi kestävyyskunto, motoriikka ja lihaskunto ennustivat parempaa suoriutumista toiminnanohjausta mittaavista testeistä loppumittauksissa. Lihassoima oli kuitenkin näistä kolmesta vahvimmin yhteydessä inhibitioon ja työmuistiin. Pro gradun kannalta on keskeistä tuoda esiin etenkin flanker-testillä tehtyjä tutkimuksia, joissa on todettu yhteyksiä toiminnanohjauksen ja fyysisen aktiivisuuden välillä ainakin akuuteissa interventioissa (esim. Kao ym. 2018; Lind ym. 2019; Ludyga ym. 2018). Myös kroonisten vasteiden tutkimuksissa on saatu positiivisia tuloksia inhibitioon (Drollette ym. 2018; Tarp ym. 2016).

4.1 Kokoavien katsausten päätulokset

Aloitamme aikaisempien tutkimusten tulosten tarkastelun kokoavista katsauksista. Huomion arvoista on, että tutkimuksissa on selkeitä eroja siinä, onko niissä tutkittu toiminnanohjausta yleisesti, vai onko toiminnanohjauksen eri osia (inhibitio ja työmuisti) tarkasteltu erikseen. Esimerkiksi Berrios-Aguayon ym. (2022, 85) systemaattisessa katsauksessa liikunnan on havaittu edistävän toiminnanohjausta. Tässä katsauksessa on siis tarkasteltu kaikkia toiminnanohjauksen osia niitä erittelemättä. Tällöin katsauksen tuloksista voidaan todeta, että liikunta edistää inhibitiota. Toteamus ei kuitenkaan ole täysin aukoton. Mikäli tutkimuksessa olisi erikseen tarkasteltu inhibitiota ja työmuistia, olisi voitu varmuudella todeta, että liikunnalla on juuri inhibition kannalta ollut merkitystä.

Haverkampin ym. (2020) ja de Greeffin ym. (2018) melko tuoreiden meta-analyysien tuloksena oli, että akuuteilla liikuntainterventioilla on merkittävä positiivinen vaikutus peruskouluikäisten inhibitioon. De Greeffin ym. (2018) analyysissä todetaan, että koko toiminnanohjausta ajatellen akuuteilla interventioilla ei ollut vaikutusta, mutta kroonisilla oli. Haverkampin ym. (2020)

analyysin tarkemmasta tarkastelusta taas selvisi, että vaikka krooniset ja akuutit interventiot vaikuttivat toiminnanohjaukseen positiivisesti, juuri inhibitioon merkittävää vaikutusta oli vain akuuteilla interventioilla. Tätä tulosta tukee Amatriain- Fernandezin ym. (2021) meta-analyysi, jossa todetaan, että kroonisilla liikuntainterventioilla on vain hyvin vähäisiä hyötyjä inhibitiolle.

Myös Paschen ym. (2019, 279) lähes yhtä tuore systemaattinen katsaus toteaa, että mikäli tarkastellaan kaikenlaisia akuutteja interventioita (siis sekä kognitiivisesti aktivoivia että ei aktivoivia), on niiden ja inhibition välillä selkeä positiivinen yhteys. Toisaalta Paschen ym. (2019, 267) toteavat, että inhibition suhteen akuuttien interventioiden vasteista on saatu ristiriitaista tietoa. Tämän selittää kuitenkin se, että katsauksessa tarkoituksena oli tutkia, millaisia vaikutuksia akuuteilla interventioilla on saatu aikaan, eli tarvitaanko siihen kognitiivisesti aktivoivaa liikuntaa vai ei. Palaamme seuraavassa alaluvussa tämän kaltaisten tulosten taustalla olevien muuttujien huomiointiin.

Useampia tutkimuksia kokoavista katsauksista tarkastellaan seuraavaksi Hsiehin ym. (2021) ja Reyes-Amigon ym. (2022) katsauksia. Toisin kuin Haverkampin ym. (2020), de Greefin ym. (2018) ja Amatriain-Fernandezin ym. (2021) analyysit, Hsieh ym. (2021) ovat katsauksessaan löytäneet yhteyden sekä akuuttien, että kroonisten liikuntainterventioiden ja inhibition välille. Heidän analyysinsä interventiot olivat sisältäneet kovatehoista intervallitreeniä (high intensity interval training, HIIT), josta voidaankin päätellä, että liikuntamuodoista ainakin HIIT-harjoittelulla näyttäisi olevan yhteys inhibitioon. Reyes-Amigo ym. (2022, 84) katsauksessa saatiin kuitenkin osin päinvastaista tietoa, sillä vaikka HIIT-harjoittelulla voitiin parantaa toiminnanohjausta, he totesivat, että interventiolla oli suurempi merkitys työmuistin, kuin inhibition kannalta.

Amenin ym. (2017, 605) tutkimuksessa selvisi, että naisten ja miesten aivo eroaa toisistaan. Aikaisemmissa tutkimuksissa sukupuolen vaikutuksesta liikunnan ja inhibition yhteyksiin on saatu osin ristiriitaista tietoa. Pindus ym. (2023) havaitsivat, että fyysisen aktiivisuuden intensiteetillä oli yhteyttä inhibitioon tytöillä, mutta ei pojilla. Ludygan ym. (2020, 603) systemaattisessa katsauksessa havaittiin, että sukupuoli vaikuttaa fyysisen aktiivisuuden ja kognitiivisten toimintojen yhteyteen. Toisaalta taas esimerkiksi Booth ym. (2013) ja Egger ym. (2019, 4) havaitsivat yhteyden olevan sukupuolesta riippumatonta. Kingstonin ym. (2020,

3260) interventiossa fyysinen aktiivisuus lisäsi osallistujien inhibitiota, mutta sukupuolella ei ollut yhteyttä tuloksiin.

Koska katsaustutkimuksia on tehty niin monilla eri tavoilla ja ne eroavat sekä kohderyhmien että erityisesti liikunnan määrän, laadun ja ajoituksen suhteen, tarkastelussa on seuraavaksi joitain yksittäisiä interventiota. Yksittäisten interventioiden toteutustapoja tutkiessa on mahdollista paremmin havaita, miksi kyseinen interventio mahdollisesti tuotti tulosta tai miksi joku toinen ei tuottanut tulosta. Systemaattisten katsausten ja meta-analyysien ristiriitaisia tuloksia on myös helpompi ymmärtää, kun interventioita tarkastelemalla huomaa, miten monilla muuttujilla on merkitystä lopputulokseen.

Interventiot eroavat toisistaan enimmäkseen siinä, minkälaista fyysistä aktiivisuutta on testattu ja kuinka pitkän aikaa. Suurin osa seuraavaksi esitetyistä interventioista on testattu peruskouluikäisillä lapsilla ja nuorilla. Koululaiset ovat siitä otollinen kohderyhmä, että heidän toimintaansa koulupäivän ja erityisesti oppituntien aikana on helppo vaikuttaa ja muuttaa. Vapaa-ajalla toimimista on huomattavasti haastavampaa kontrolloida ja valvoa. Tutkimuksia varten täytyy tietää, että se toteutetaan suunnitellulla tavalla. Laboratorio-olosuhteet eivät ole lapselle luontainen ympäristö toimia. Lisäksi koulussa tehtyjen tutkimusten tulokset ovat olleet johdonmukaisimpia (Donnelly ym. 2016).

4.2 Akuutit vasteet toiminnanohjaukseen

Lambrick ym. (2016) tutkivat liikunnan akuuttien vasteiden näkymistä lasten toiminnanohjauksessa juoksumatolla Stroopin testillä. Koehenkilöt juoksivat kaksi viidentoista minuutin testiä, toisen tasaisella kohtalaisella kuormituksella ja toisen vaihtelevalla kuormituksella. Tutkimuksen tuloksena selvisi, että molemmat tavat paransivat toiminnanohjaustestin tulosta ja inhibitiota mittaavan Stroopin testin tulosta, joka mitattiin alkutestin lisäksi sekä minuutin, että puolen tunnin kuluttua testistä. Vaihtelevan kuormituksen jälkeiset tulokset olivat kaikista parhaimpia, minkä perusteella voidaankin todeta, että lasten välituntiliikkuminen on erityisen hyödyllistä. Välituntiliikkuminen on hyvin verrattavissa tämän tutkimuksen vaihtelevan kuormituksen testiin. (Lambrick ym. 2016)

Akuutteja vasteita toiminnanohjaukselle ei havaittu paikallaan istumisen ja kuntopyörällä polkemisen välillä Ruiten ym. (2019) tutkimuksen mukaan. Tässä tutkimuksessa inhibitiota oli mitattu flanker-testillä, joka oli mitattu silloin kun lapsi istui paikallaan ja silloin kun hän polki omaan tahtiin kuntopyörää. Flanker-testissä tulokset eivät eronneet mittausten välillä, eikä muissakaan toiminnanohjausta mittaavissa testeissä havaittu eroja. Tästä tutkijat kuitenkin tekivät johtopäätöksen, että fyysisen aktiivisuuden määrää voi hyvin lisätä kouluissa esimerkiksi pulpettikuntopyörillä, sillä niillä polkeminen ei aiheuta haittaa toiminnanohjaukselle. (Ruiter ym. 2019) Oppituntien aikaisen aktiivisuuden vaikutuksia tutkivat myös Mavilidin ym. (2018, 1), joiden interventiossa toteutettiin 3x 40min fyysisesti aktiivisia oppitunteja neljän viikon ajan alakoululaisille. Ennen interventiota kognitiivisista toiminnoista mitattiin työmuistia ja inhibitiota flanker-testillä. Inhibition yhteydestä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä tuloksia, mutta inhibitiotuloksissa oli havaittavissa kasvavaa trendiä (Mavilidi ym. 2018, 9).

Aerobisen liikunnan intensiteetillä (kohtalainen vai kova intensiteetti) näyttäisi olevan merkitystä vasteisiin toiminnanohjauksessa, mutta eri tutkimusten tulokset ovat osin ristiriitaisia keskenään. Moreaun ym. (2018, 1) tutkimukseen osallistui 318 nuorta, iältään he olivat 7–13-vuotiaita. Nuoret osallistuivat kuusi viikkoa kestäneeseen kovan intensiteetin fyysisen aktiivisuuden interventioon, harjoituksia oli viidesti viikossa. Tulosten mukaan interventio paransi toiminnanohjausta. (Moreau ym. 2018, 1) Ludygan ym. (2018) selvittivät eri intensiteetin fyysisen aktiivisuuden yhteyttä flanker-testillä mitattuun inhibitioon 12–15-vuotiailla. Inhibitiio mitattiin flanker-testillä ennen ja jälkeen kovan intensiteetin ja kohtalaisen intensiteetin harjoitusta. Fyysisen aktiivisuuden harjoitukset sisälsivät X-hyppyjä, viivajuoksua, hyppynarulla hyppimistä, penkille ylös ja alas hyppäämistä, sivuttain hyppimistä ja pallon pomputtelua juoksun aikana. Kohtalaisen intensiteetin harjoitus paransi flanker-testissä reaktioaikaa 30 minuuttia ja 60 minuuttia harjoituksen jälkeen. (Ludyga ym. 2018, 96–97) Myös Kaon ym. (2018, 90) tutkimuksessa selvitettiin kohtalaisen ja kovan intensiteetin fyysisen aktiivisuuden akuuttia yhteyttä inhibitioon flanker-testillä nuorilla aikuisilla. Molempien intensiteettien harjoitukset vaikuttivat inhibitioon positiivisesti.

Näiden aerobisella liikunnalla testattujen interventioiden jälkeen tarkastellaan interventioita, joissa on tehty pelkästään kognitiivisesti aktivoivaa liikuntaa tai sitä ja aerobista liikuntaa. Kingstonin ym. (2020) tutkimuksessa vertailtiin kognitiivisesti aktivoivaa liikuntaa sisältävän liikuntatunnin, ja vähemmän kognitiivisesti aktivoivan ohjatun pelailuvälitunnin ja

ohjaamattoman pelailuvälitunnin akuutteja vaikutuksia toiminnanohjaukselle. Inhibitiota testattiin Stroopin testillä jokaisen liikuntatunnin (kesto puoli tuntia) tai välitunnin (kesto 20 minuuttia) ennen ja jälkeen. Tuloksena oli, että lapset, jotka olivat kognitiivisesti eniten aktivoivan liikuntatunnin ryhmässä, saivat toiminnanohjaustesteistä, inhibition testit mukaan lukien, eniten parannusta verrattuna alkutesteihin. Kaikissa ryhmissä tulokset olivat kuitenkin aina tuokion jälkeen parempia, mikä osoittaa, että kaikenlainen fyysinen aktiivisuus edistää toiminnanohjausta. (Kingston ym. 2020)

Hyvin samankaltaisia tuloksia Kingstonin ym. (2020) tutkimuksen kanssa saivat Sriramatr ja Maphong (2022), jotka vertailivat kognitiivisesti ja fyysisesti aktivoivan 40 minuutin tuokion ja tavallisen luokkatoiminnan vaikutuksia alakoululaisten toiminnanohjaukseen. Inhibitiota mitattiin Stroopin testillä ennen ja jälkeen tuokioiden, aivan kuten Kingstonin ym. (2020) tutkimuksessakin. Fyysisesti ja kognitiivisesti aktivoivaan tuokioon osallistuneiden testituloksissa oli suurempi parannus kuin niiden testeissä, jotka jatkoivat tavallista luokkahuonetyöskentelyä.

Lindin ym. (2019) interventiossa tarkastelussa olivat lasten jalkapallon pienpelit. Alakoululaiset jaettiin kolmeen ryhmään, jotka suorittivat jalkapallon pienpelin juosten tai kävellen tai istuivat ja katsoivat pelin kulkua. Tavallisesti pienpelit vaativat hyvää kestävyyskuntoa, sillä ne ovat kohtuullisesti tai paljon rasittavia. Jalkapallo pelinä on lisäksi hyvin kognitiivisesti aktivoivaa. Kävelypelin intensiteetti oli vain matalaa tai kohtuukuormitteista (60–80% maksimisykkeestä). Inhibitiio mitattiin flanker-testillä 20 minuuttia intervention jälkeen. Tulokset paranivat eniten korkean kuormituksen (70–100 % maksimisykkeestä) eli juosten tapahtuneen pienpeliin osallistuneilla. Artikkelissa pohdittiin, että koulumaailmassa tämän kaltaisesta välituntiliikkumisesta voisi olla hyötyä seuraavalla oppitunnilla.

4.3 Krooniset vasteet toiminnanohjaukseen

Kroonisilla vasteilla tarkoitetaan säännöllisen liikunnan tuottamia vasteita. Niitä tarkastelleet tutkimukset ovat voineet olla interventioita, eli sellaisia, joissa koehenkilöt ovat osallistuneet määrättyyn toimintaan pidemmän aikaa (8 viikkoa – 1 vuosi). Kroonisia vasteita on voitu selvittää myös ilman interventioita, sillä lasten ja nuorten tavallisesta liikkumisen määrästä

syntyy kroonisia vasteita. Näin ollen mittaamalla lapsen fyysisiä ominaisuuksia ja motorisia taitoja tai selvittämällä heidän liikuntataustaansa ja yhdistämällä ne toiminnanohjaustestien tuloksiin, voidaan erotella erilaisten liikuntaprofiilien merkitystä toiminnanohjauksen kehitykselle.

Eggerin ym. (2019) tutkimuksessa selvitettiin, voidaanko 20 viikkoa kestäväällä fyysisen aktiivisuuden interventiolla edistää 7–9-vuotiaiden lasten kognitiivisia toimintoja. Inhibitiota mitattiin lapsille tarkoitettulla sovelletulla versiolla flanker-testistä. Luokassa tapahtunut fyysinen aktiivisuus ei vaikuttanut lasten inhibitioon tilastollisesti merkitsevästi. Kognitiivisesti aktivoivat fyysisen aktiivisuuden harjoitukset kuitenkin edistivät lasten matemaattisia taitoja tehokkaammin kuin aerobiset harjoitukset.

Domazetin ym. (2016) 12–14-vuotiaille tehdyssä tutkimuksessa perehdyttiin akuutteihin ja kroonisiin vasteisiin. Akuutteja vasteita selvitettiin tutkimuspäivän aikaisen fyysisen aktiivisuuden avulla ja kroonisia itse raportoidun urheilutaustan perusteella. Tulokset osoittivat, että akuuteilla vasteilla on mahdollista parantaa inhibition oikeiden vastausten määrää ja reaktioaikaa. Urheilutausta ei puolestaan ollut tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä inhibitioon.

Chaddock ym. (2012, 421) selvittivät, että paremman kestävyyskunnan omaavilla lapsilla oli huonokuntoisempia vertaisiaan huomattavasti parempi toiminnanohjaus. Kestävyyskunto testattiin tarkan tuloksen antavalla maksimaalisen hapenottokyvyn juoksumattotestillä, inhibitiota mitattiin flanker-testillä. Tämän lisäksi koehenkilöt olivat käyneet aivojen magneettikuvissa, joiden perusteella voitiin todeta, että paremman kestävyyskunnan omaavilla lapsilla oli suurempi aivokuorukka. Se on yksi toiminnanohjaukselle tärkeistä rakenteista. (Chaddock ym. 2012, 421–423)

Aerobisesti aktivoivilla fyysisen aktiivisuuden interventioilla näyttäisi olevan positiivinen yhteys inhibitioon (Tarp ym. 2016; Drollette 2018). Drolletten ym. (2018, 3) yhdeksän kuukauden fyysisen aktiivisuuden interventiossa tarkasteltiin 8–9-vuotiaiden lasten sydän- ja hengityselimistön kunnon ja kognitiivisten toimintojen yhteyttä. Interventio kehitti lasten kuntoa ja vastausten tarkkuutta flanker-testissä. (Drollette ym. 2018, 3) Tarpin ym. (2016, 1) interventio 12–14-vuotiaille oppilaille kesti puolestaan yhteensä 20 viikkoa. Tarkoituksena oli selvittää koulussa tapahtuvan aerobisen liikunnan intervention yhteyttä kognitiivisten

toimintojen kehittymiseen. Inhibitiota mitattiin flanker-testillä ja inhibitiotestien tulokset parantuivat intervention loputtua tarkkuuden ja reaktioajan osalta.

Kuten aiemmin esitelty Lindin ym. (2019) tutkimus, myös Alesi ym. (2016) olivat kiinnostuneita jalkapallon merkityksestä eri toimintojen kehitykselle alakouluikäisillä. Heidän tutkimuksessaan verrattiin vähän liikkuvien ryhmän ja kahdesti viikossa 75 minuutin jalkapalloharjoituksiin osallistuvan ryhmän toiminnanohjauksen kehittymistä kuuden kuukauden aikana. Inhibitiota mitattiin Tower of London-testillä ja jalkapalloryhmän tulokset lopputestissä, niin inhibition kuin muidenkin toiminnanohjaukseen liittyvien tekijöiden osalta, olivat huomattavasti enemmän parantuneet verrattuna vähän liikkuvaan kontrolliryhmään.

Jalkapallon lisäksi liikuntalajeista tanssi, jossa syke nousee ja jonka tavoitteena on oppia ja muistaa liikesarjoja paransi alakoululaisten toiminnanohjausta. Zinelabidine ym. (2022) tutkimuksessa koeryhmään kuuluvien kahdeksan viikon liikuntatuntien sisältönä oli aerobista tanssia kahdesti viikossa, kun kontrolliryhmä jatkoi tavallista kouluarkeaan ilman liikuntatunteja. Tutkimuksessa lapsilta testattiin inhibitiota Stroopin testillä. Tämän ja muidenkin toiminnanohjaustestien osalta koeryhmän lasten testitulokset paranivat, mutta kontrolliryhmän tulokset eivät. (Zinelabidine ym. 2022)

Jalkapallo ja tanssi ovat molemmat esimerkkejä aerobisesti ja kognitiivisesti aktivoivista lajeista. Aerobisen ja kognitiivisesti aktivoivan liikunnan vaikutuksia toiminnanohjaukselle tutkittiin myös van der Nietin ym. (2016, 66) 22 viikon interventiossa, jossa kontrolliryhmä jatkoi tavallista kouluarkeaan ja koeryhmälle lisättiin kaksi puolentuntin liikuntatuokiota. Inhibitiota mitattiin Stroopin testillä. Koeryhmän toiminnanohjaus, inhibitio mukaan lukien, parani huomattavasti enemmän koeryhmässä olleilla lapsilla (van der Niet 2016, 64).

Tutkijat ovat kuitenkin olleet kiinnostuneita myös siitä, kumpi liikuntamuodoista (aerobinen vai kognitiivisesti aktivoiva) on toiminnanohjausta enemmän kehittävää. Ludygan ym. (2019, 1) tutkimuksessa verrattiin 9–10-vuotiaiden lasten koordinaatioharjoittelun ja aerobisen harjoittelun yhteyttä inhibitioon. Inhibitiota mitattiin flanker-testillä, joka toteutettiin ennen interventiota ja sen jälkeen. Koordinaatioharjoittelu ja aerobinen harjoittelu eivät vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi inhibitoriseen kontrolliin.

Meijer ym. (2021) jakoivat alakoululaiset koehenkilöt 14 viikon ajaksi kolmeen ryhmään, joista yksi toimi kontrolliryhmänä (tavallista koululiikuntaa kaksi kertaa viikossa), ja kaksi ryhmää toimivat aerobisena ja kognitiivisesti aktivoivan liikunnan ryhminä (määrättyä liikuntaa neljä kertaa viikossa). Inhibitiota mitattiin Stop signal-testillä. Tuloksena oli, että ryhmien välillä ei ollut toiminnanohjauksessa eroja. Sen lisäksi, että fyysisen aktiivisuuden muodolla ei ollut merkitystä, Meijerin ym. (2021, 9) tutkimuksessa ei myöskään havaittu, että fyysisellä aktiivisuudella olisi hyödyllisiä vaikutuksia toiminnanohjaukselle. Tämä on täysin päinvastainen tulos esimerkiksi Bestin (2010) tutkimuksen kanssa, jossa tuloksena oli, että kaikenlainen liikunta parantaa toiminnanohjausta ja kognitiivisesti aktivoivalla fyysisellä aktiivisuudella on suurempi vaikutus toiminnanohjaukseen. Meijer ym. (2021, 11) esittivät tutkimuksessaan kuitenkin yhteyden MVPA:n ajan ja toiminnanohjauksen välillä. Tämä tarkoittaa, että kohtalaisella tai hyvin rasittavalla tasolla liikkumisen määrällä olisi merkitystä toiminnanohjauksen kehitykselle. Myös Booth ym. (2013) totesivat että mitä suurempi nuoren MVPA:n määrä arjessa oli, sitä paremmin hän suoriutui toiminnanohjausta mittaavista testeistä.

Aerobisen ja kognitiivisesti aktivoivan liikunnan sijaan Haverkamp ym. (2021) ovat asettaneet vertailuun sellaiset liikuntamuodot, joissa tavoitellaan terveyden, eli hengitys- ja verenkiertoelimistön kunnan ja lihasvoiman kautta määriteltävää hyvää fyysistä kuntoa tai ketteryyden- ja nopeustaitojen kautta määriteltävää hyvää fyysistä osaamista. Heidän tutkimuksensa tuloksena oli, että ketterämmät ja nopeammat nuoret suoriutuivat paremmin toiminnanohjaustesteistä. Terveyden kautta määriteltävään parempaan kuntoon ei voitu yhdistää parempaa toiminnanohjausta. (Haverkamp ym. 2021) Myös Solis-Urra ym. (2020) vertailivat täysin samoja liikuntamuotoja. Heillä oli käytössä hyvin samanlaisia testejä kuin Haverkampilla ym. (2021). Toiminnanohjauksesta Solis-Urra ym. (2020, 1355) olivat testanneet inhibitiota stop-signaali testillä. Heidän tutkimustuloksensa oli kuitenkin täysin päinvastainen kuin Haverkampin ym. (2021), sillä nuorten hengitys- ja verenkiertoelimistön kunnolla ja lihasvoimalla oli selkeä yhteys toiminnanohjaukseen. Paremmat ketteryyden- ja nopeustaidot ennustivat vain parempaa inhibitiota (Solis-Urra ym. 2020, 1352).

4.4 Istumisen katkaisu, askelmäärä ja MET-arvo

Kasvavissa määrin on todisteita siitä, että liiallinen paikallaanolo voi aiheuttaa terveystarpeita lapsilla ja nuorilla (Agbaje 2023; Tremblay ym. 2011; WHO 2020, 29–31). Koululaisten

istumisen katkaisulla on mahdollisia akuutteja positiivisia vaikutuksia kognitiivisiin toimintoihin (Penning ym. 2017, 8). Mazzolinin ym. (2019, 11) tutkimuksessa lapsilla havaittiin askelmäärän ja istumisen katkaisun olevan yhteydessä inhibitiotestin reaktioaikaan ja vastaustarkkuuteen. Tulosten perusteella Mazzolin ym. (2019, 11) totesivat, että lasten tulisi katkaista yhtäjaksoista istumista useammin. Mora-Gonzalezin ym. (2020, 6) tutkimuksessa paikallaanoloaika ei ollut tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä inhibitioon, mutta fyysinen aktiivisuus oli. Zengin ym. (2021, 68) tutkimuksen mukaan matala paikallaanolon määrä ja korkea fyysinen aktiivisuus olivat positiivisesti yhteydessä 6–12-vuotiaiden toiminnanohjaukseen.

MET-arvo (Metabolic Equivalent) kuvastaa eri liikuntamuotojen sekä arjen askareiden fyysistä rasitusta. Se selittää, kuinka fyysisestä aktiivisuudesta seurannut lihasten käyttö aiheuttaa lepotasoon verrattuna energiankulutusta. MET-arvot liikunnalle vaihtelevat 1–20 välillä. Paikallaan istumisen rasittavuus on 1 MET ja kaikki muut fyysiset aktiviteetit on verrattavissa tähän lepotasossa tapahtuvaan perusaineenvaihdunnan hapenkulutukseen. Esimerkiksi rauhallisen kävelyn MET-arvo on 4, eli siinä energiaa kulutetaan nelinkertainen määrä istumiseen verrattuna, reippaan kävelyn arvo on puolestaan 5 MET, seisomisen 1,2 MET ja nukkumisen 0,9. (Duodecim 2018)

MET-arvoa on käytetty aikaisemmissa tutkimuksissa muuttujana kognitiivisten toimintojen ja fyysisen aktiivisuuden yhteyden selvittämiseen (Angevaren ym. 2007; Engeroff ym. 2022; Kerr ym. 2013; Nakagawa ym. 2020). Esimerkiksi Nakagawan ym. (2020, 3) tutkimuksessa tutkittavat jaettiin kolmeen fyysisen aktiivisuuden ryhmään (matala, keskitaso ja korkea) mitattujen viikoittaisten MET-arvojen perusteella. Tällaista fyysisen aktiivisuuden luokittelutapaa on käytetty paljon aikaisemmassa kirjallisuudessa, se ei kuitenkaan välttämättä anna todellista kuvaa fyysisen aktiivisuuden intensiteetistä (Nakagawa 2020, 3).

The American College of Sports Medicine on määritellyt tietyt MET-arvot kevyen, keskitason ja raskaan fyysisen aktiivisuuden perusteella. MET-arvo ei huomio yksilöllisiä eroavaisuuksia, jotka saattavat vaikuttaa energiankulutukseen. Se on ennen kaikkea kehitetty tarjoamaan aktiivisuusluokittelujärjestelmän, joka huomioi fyysisen aktiivisuuden intensiteetit. (Ainsworth ym. 2000, 502)

5 MENETELMÄT

Pro gradussa on käytetty Eero Haapalan johtaman BRAIN effects of Physical Activity and Nutrition in Children and adolescents eli lyhyesti BrainPANIC- hankkeen aineistoa. BrainPANIC tutkimuksessa on hyödynnetty Itä-Suomen yliopiston Lasten liikunta ja ravitsemustutkimuksen ja Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellisen tiedekunnan Vascular and brain health, ExeRcise, and Nutrition in Adolescents (VERNA) -tutkimuksen aineistoja.

5.1 Tutkimustehtävä ja tutkimuskysymykset

Tutkimustehtävänä oli selvittää, millä tavalla 12–14-vuotiaiden fyysinen aktiivisuus on yhteydessä inhibitioon. Tutkimme, voidaanko akuuteilla ja kroonisilla fyysisen aktiivisuuden vasteilla vaikuttaa 12–14-vuotiaiden inhibitioon. Akuutteina vasteina tarkastelemme tutkimusta edeltäneen päivän fyysistä aktiivisuutta sekä tutkimuspäivän aikaista fyysistä aktiivisuutta ja kroonisena vasteena edellisen vuoden aikaista fyysistä aktiivisuutta. Tutkimuksessa selvitetään, ovatko eri fyysisen aktiivisuuden muuttujat (MET, askeleet, istumisen katkaisu, urheilutausta) yhteydessä inhibitioon ja sen päivän aikaiseen vaihteluun. Tarkoituksena on siis lisätä ymmärrystä siitä, millaiset arjen liikuntarutiinit ja yksittäisten päivien fyysiseen aktiivisuuteen liittyvät valinnat ovat yhteydessä inhibitioon.

Erityisesti pyrimme tutkimuksessa vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- 1) Millä tavalla edeltävän päivän fyysisen aktiivisuuden määrä/intensiteetti, askeleet ja istumisen katkaisu ennustavat inhibitiotulosta ja sen muutosta mittauspäivän aikana?
- 2) Millä tavalla edeltävän vuoden aikainen urheilun harrastaminen ennustaa inhibitiotulosta ja sen muutosta mittauspäivän aikana?
- 3) Millä tavalla inhibition oikeat vastaukset ja reaktioaika vaihtelevat neljässä aikapisteessä tutkimuspäivien (CON, HIIE, MIIE) aikana?

Aikaisemmissa tutkimuksissa fyysisen aktiivisuuden akuuttien ja kroonisten vasteiden yhteyksistä toiminnanohjaukseen ja täten inhibitioon on osittain ristiriitaista tietoa (de Greeff ym. 2018; Haverkamp ym. 2020; Haverkamp ym. 2021; Paschen ym. 2019, 267; Solis-Urra ym. 2020) Liikunnasta ei kuitenkaan ainakaan ole haittaa näille. Aikaisempien tulosten perusteella tiedetään, että parempi fyysinen kunto (Berrios-Aguayo ym. 2022, 85; Chaddock

ym. 2012; Muntaner-Mas ym. 2022; Solis-Urra ym. 2020) ja suurempi liikunnan määrä (Berrios-Aguayo ym. 2022, 85; Best 2010; Booth ym. 2013; Donnelly ym. 2016; Meijer ym. 2021; van der Niet ym. 2016, 64) ennustavat parempaa toiminnanohjausta. Lyhyilläkin liikuntahetkillä (Haverkamp ym. 2020; Kingston ym. 2020; Lambrick ym. 2016; Sriramatr & Maphong 2022) voidaan ainakin hetkellisesti parantaa toiminnanohjausta. Aikaisemman tutkimusdatan perusteella voidaan olettaa, että jo yksittäinen fyysisen aktiivisuuden harjoituskerta voi olla hyödyllinen kognitiivisten toimintojen kannalta. Tulokset saattavat kuitenkin vaihdella riippuen fyysisen aktiivisuuden kestoista, liikuntamuodosta ja intensiteetistä. (Engeroff 2022, 94) Oletamme siis, että fyysisellä aktiivisuudella on positiivinen yhteys toiminnanohjaukseen ja täten inhibitioon.

5.2 Tutkimuksen kohdejoukko ja aineiston kerääminen

Tutkimuksen osallistujat olivat terveitä 12–14-vuotiaita suomalaisia nuoria (keskimäärin 12,8 vuotta) ja yhteensä heitä oli tutkimuksessa 25. Puuttuvien tutkimuskäyntien ja tulosten vuoksi analyysiin sopi lopulta 17 koehenkilöä. Tyttöjä oli kymmenen ja poikia seitsemän. Osallistujat tulivat tutkimukseen yhteensä neljä kertaa 4–6 viikon aikana. Tutkittavat eivät tiedäneet, mikä tutkimuskerta oli kulloinkin kyseessä ja tutkimuspäivät toteutettiin satunnaisessa järjestyksessä. Tutkimuspäivien välillä oli aina vähintään kaksi päivää. Ennen jokaista tutkimuspäivää (MIIE, HIIE ja CON) tutkittavilta kerättiin tietoa edellisen vuorokauden aikaisesta fyysisestä aktiivisuudesta (askeleet, MET-arvo ja istumisen katkaisu) kiihtyvyyssmittareiden (thigh-worn movement and posture sensor, ActivPALmicro, PALTechnologies) avulla. Yhteen mittaukseen aikaa kului noin 6,75–7,25 tuntia. Tutkittavat osallistuivat myös EEG- ja MEG-kuvantamisiin.

Ensimmäisen tapaamisen aikana (alkumittaus) osallistujat vastasivat fyysisen aktiivisuuden kyselyyn (PANIC Physical Activity Questionnaire). Lisäksi alkumittauksessa harjoiteltiin flanker-testiä, mitattiin paino, pituus ja kehonkoostumus sekä tehtiin maksimaalinen polkupyöräergometritesti. Flanker-testiä harjoiteltiin ensimmäisellä kerralla noin 10 minuuttia. Ohjeistukset alkumittausten aikana flanker-testiin olivat samanlaiset kuin virallisilla mittauskerroilla, mutta alkumittauksissa testin kerrottiin olevan harjoituskerta.

Tutkimuspäivien sisältöinä oli 6–7 tunnin istuminen (CON), korkean intensiteetin fyysisen aktiivisuuden intervalliharjoitus pyöräillen (HIIE) sekä kohtalaisen intensiteetin fyysisen aktiivisuuden intervalliharjoitus pyöräillen (MIIE). MIIE- ja HIIE-mittauskerrat olivat rakenteeltaan samanlaisia. Intervalliharjoituksiin kuormitukset määriteltiin alkumittausten perusteella. Inhibitiota mitattiin flanker-testillä jokaisen kolmen virallisen tutkimuspäivän aikana yhteensä neljässä mittapisteessä: baseline, 1 h, 2 h, 4 h. Mittaukset aloitettiin aikaisin aamulla, tällöin edeltävää fyysistä aktiivisuutta juuri ennen testiä ei ollut ehtinyt kerääntyä paljoa. Tutkittavia oli ohjeistettu välttämään tutkimuspäivien aikana ja juuri ennen tutkimuksia rasittavaa liikuntaa.

5.3 Tutkimuksen mittarit

5.3.1 Kiihtyvyyssantureilla mitattu fyysinen aktiivisuus

BrainPANIC-tutkimuksessa fyysistä aktiivisuutta mitattiin reidessä pidettyjen ActivPAL-kiihtyvyyssantureiden avulla. Kiihtyvyyssanturit tallensivat BrainPANIC-tutkimuksessa dataa askelmääristä, istumisen katkaisusta ja vuorokauden kokonaisaktiivisuudesta MET-arvona. ActivPAL on yksi ensimmäisistä kiihtyvyyssanturimittareista, mikä hyödyntää asentojen tulkitsemisen tukena kaltevuutta ja staattista kiihtyvyyttä (Steeves ym. 2015, 2). ActivPAL on suunniteltu mittaamaan päivittäistä aktiivisuutta, jota se mittaa sekunnin tarkkuudella.

Kiihtyvyyssanturi tunnistaa aktiivisuuden ja raajan asennon, joiden perusteella se erottelee, kuinka kauan aikaa on käytetty arjessa istuen, maaten, seisoen ja kävellen. Mittaus voi maksimissaan kestää 14 vuorokautta. (Palt.com 2023) Pro gradussa käytimme jokaisen tutkittavan kohdalla inhibition mittauksia edeltäneen vuorokauden fyysisen aktiivisuuden dataa.

5.3.2 PANIC Physical Activity Questionnaire

BrainPANIC-tutkimukseen osallistuneet täyttivät fyysisen aktiivisuuden kyselylomakkeen ensimmäisen tapaamiskerran aikana. Fyysisen aktiivisuuden kysely täytettiin käsin ja nämä skannattiin analysointia varten. Kyselyssä selvitettiin koulumatkan pituutta, koulumatkan

kulkemistapaa, liikuntatuntien ja välituntien määrää. Näiden lisäksi selvitettiin viimeisen vuoden aikaista liikuntalajien harrastamista urheiluseuroissa, liikuntalajeissa kilpailemista, liikuntalajien harrastamista ohjatusti muualla kuin urheiluseuroissa sekä liikuntalajien harrastamista omatoimisesti. Gooderhamin ym. (2020, 7) tutkimuksen mukaan itseraportoitu fyysinen aktiivisuus ennustaa kognitiivista toimintakykyä nuorilla aikuisilla vähintään 7 päivää testin jälkeen.

Lomakkeissa erilaiset liikuntalajit olivat valmiiksi listattuna. Koehenkilön tehtävänä oli merkata jokaisen harrastamansa lajin kohdalle, kuinka monta kuukautta edellisestä vuodesta oli kyseistä lajia harrastanut, kuinka monta kertaa viikossa ja kuinka monta tuntia kerrallaan. Pro gradussa jaoinme tutkittavat kahteen ryhmään urheilutaustan mukaan, mvisiin eli viikkotasolla vähän liikkuviin nuoriin ja aktiivisiin eli enemmän kuin kerran viikossa/tunnin viikossa liikkuviin nuoriin. Jaossa huomioimme liikuntalajien harrastamisen urheiluseuroissa, muuten ohjatusti tai omatoimisesti.

5.3.3 Flanker-testi

Tutkimuksessa inhibition mittaamiseen käytettiin sovellettua flanker-testiä. Inhibitiota mittaavassa flanker-testissä selvitettiin oikeita vastauksia ja reaktioaikoja sekä näistä molemmista tuloksia erikseen inkongruenteille ja kongruenteille ärsykeille. Flanker-testi tehtiin BrainPANIC-tutkimuksessa äänieristetyssä huoneessa itsenäisesti. Testissä tietokoneen näytölle ilmestyi epäyhtenäisiä eli inkongruentteja tai yhtenäisiä eli kongruentteja kirjainyhdistelmiä. Kirjainyhdistelmiä eli ärsykeitä oli yhdessä testissä kokonaisuudessaan yhteensä 200, 100 niistä oli inkongruentteja ja 100 kongruentteja. Ärsykkeet esitettiin kaikille tutkittaville aina samassa järjestyksessä. M, N, E ja F kirjaimet muodostivat testin ärsykkeet. Inkongruentteja ärsykeitä olivat FFEFF, EEFE, NNMNN, MMNMM ja kongruentteja FFFFF, EEEEE, MMMMM, NNNNN.

Testissä tarkoituksena oli reagoida nopeasti aina keskimmäiseen kirjainyhdistelmän kirjaimen. Mikäli kirjain oli N tai F, tuli painaa oikeanpuoleista näppäintä ja mikäli kirjain oli E tai M, tuli painaa vasemmanpuoleista näppäintä. Ärsyke näkyi näytöllä aina enintään yhden sekunnin ajan, se katosi heti tutkittavan vastauksen jälkeen. Jos tutkittavan vastaus kesti pidempää kuin sekunnin, tämä vastaus jätettiin automaattisesti pois aineistosta. Testissä vastauksen jälkeen sai

palautetta: oikein, väärin tai liian hidas. Mikäli tutkittava ei vastannut johonkin ärsykkeeseen ollenkaan, palautteena näkyi ”liian hidas”.

5.4 Tutkimusaineiston analysointi

Tämä pro gradu on toteutettu määrällisen eli kvantitatiivisen tutkimuksen metodologiaa hyödyntäen. Analysointia varten saimme BrainPANIC-hankkeen inhibitorioaineiston Excel-muodossa. Siirsimme kiihtyvyyssantureilla kerätyn fyysisen aktiivisuuden datan (askeleet, istumisen katkaisu, MET) itse Excel-tiedostoon. Lisäksi jaoin koehenkilöt BrainPANIC-hankkeessa käytetyn kyselylomakkeen perusteella kahteen urheilutaustaa kuvaavaan luokkaan:

1= Passiiviset (viikkotasolla enintään kerran viikossa liikkuvat koehenkilöt)

2= Aktiiviset (enemmän kuin kerran viikossa tai tunnin viikossa liikkuvat koehenkilöt)

Excelissä aineisto vaati jonkin verran järjestelyä ja muokkauksia, ennen kuin sen pystyi viemään tilasto-ohjelmaan. Aineistosta poistettiin osallistujat, joilta kaikista mittareista ei ollut tuloksia (n=8). Kaikki tarvittava aineisto oli 17 henkilöltä. Yksittäisten tutkimuskertojen osalta analysoinnissa tuli huomioida aikaisempaan tutkimuskirjallisuuteen perustuvia kriteereitä. Aineistosta poistettiin flanker-testin alle 100ms vastaukset, koska nämä ovat ihmisille liian nopeita vastauksia ollakseen luotettavia. Aikaisempaan tutkimuskirjallisuuteen nojaten analysoinnista poistettiin myös sellaiset flanker-testin tulokset, missä yli 50 % vastauksista oli väärin (Egger ym. 201; Tarp ym. 2016). Lisäksi poistettiin yksittäinen tulos, jossa vastauksista yli 50 % oli väärin ja ekstrapainalluksia poikkeava määrä muihin verrattuna.

Flanker-testissä inhibitiota mitataan tyypillisesti erikseen oikeille vastauksille ja reaktioajalle inkongruenteille ja kongruenteille ärsykeille (Chaddock ym. 2012; Drollette ym. 2018; Egger ym. 2019; Kao ym. 2018; Lind ym. 2018; Ludyga ym. 2018; Ludyga ym. 2019; Mavilidi ym. 2018; Moreau ym. 2018; Ruitter 2019; Tarp ym. 2016). Reaktioajalla tarkoitettiin aikaa (ms), joka kului oikeisiin vastauksiin ja oikeiden vastausten määrä muutettiin analyysiä varten prosenteiksi aikaisemman kirjallisuuden mukaisesti (Tarp ym. 2016, 5).

Pro gradussamme inhibition tarkasteluun valittiin yhteensä kuusi muuttujaa aikaisemman tutkimuskirjallisuuden perusteella. Keskiössä olivat oikeiden vastausten määrä ja niihin kulunut

reaktioaika. Näistä huomioitiin tulokset kaikista ärsykkeistä yhteensä ja myös erikseen kongruenttien ja inkongruenttien ärsykkeiden osalta. Tulosten analysoinnissa on otettu huomioon vastaajien ikä, 12–14 vuotta, ja siksi analyysissä painopiste on oikeiden vastausten määrässä reaktioajan sijaan. Lapset ja nuoret ovat vastauksissaan aikuisia impulsiivisempia, minkä vuoksi oikeiden vastausten määrä on reaktioaikaa parempi inhibitiota kuvaava muuttuja (Christakou ym. 2009, 231; Davidson ym. 2006, 2037). Lisäksi tulosten analysoinnissa tulee huomioida, että toiminnanohjausta vaaditaan enemmän, kun valitaan oikea vastaus inkongruentissa (<<<>>>/<<<<>>) tilanteessa, kuin kongruentissa (>>>>>/<<<<<<) tilanteessa (Chaddock ym. 2012, 424). Kun flanker-testissä nuolet osoittavat eri suuntaan kuin keskimäinen nuoli vastaukset ovat normaalisti hitaampia, tällainen inkongruentti ärsyke saa aikaan konfliktin reaktiossa. Oikeiden vastausten kongruenteissa ärsykkeissä reaktio on automaattinen (Ridderinkhof ym. 2004, 1–2).

Tilastollinen analysointi suoritettiin IBM SPSS Statistic-ohjelmalla. Jakaumatarkasteluissa selvitettiin keskiarvoja, keskihajontaa, 95 % luottamusvälejä ja normaalijakautuneisuutta Shapiro-Wilkin testillä sekä huipukkuuden ja vinouden arvoja tarkastelemalla. Shapiro-Wilkin testiä käytetään juuri pienissä aineistoissa jakauman tarkastelussa. Korrelaatioiden avulla selvitettiin edeltävän päivän fyysisen aktiivisuuden (askeleet, istumisen katkaisu ja MET) ja urheilutaustan yhteyttä flanker-testillä mitattuihin inhibition kuuteen muuttuun. Tutkittavat osallistuivat yhteensä kolmeen tutkimuspäivään (CON, HIIE, MIIE), joissa kaikissa inhibitiota mitattiin neljässä aikapisteessä. Korrelaatiomatriisi toteutettiin istumispäivän (CON) ensimmäisen aikapisteen (baseline) inhibitiotuloksista. Tämä tutkimuspäivän ensimmäinen mittaus valikoitui korrelaatioiden tarkasteluun, koska tällöin tutkimuspäivän aikaiset tapahtumat vähiten vaikuttivat inhibition ja edellisen päivän fyysisen aktiivisuuden yhteyteen. Korrelaatioissa jaoinme tutkittavat urheilutaustan perusteella kolmeen luokkaan: passiiviset (esim. harrastaa kerran viikossa nyrkkeilyä), aktiiviset (esim. käy kerran viikossa pelaamassa sulkapalloa ja lisäksi kerran viikossa telinevoimisteluharjoituksissa) ja urheilijat (esim. käy jalkapalloharjoituksissa kuusi kertaa viikossa), koska tarkastelu pienemmillä ryhmillä oli testien oletusten perusteella mahdollista. Muissa analyyseissä tutkittavat oli jaettu urheilutaustan perusteella kahteen ryhmään Boxin testin oletusten toteutumisen ja täten luotettavuuden lisäämisen vuoksi.

Tutkittavia oli aineistossa yhteensä 17. Jokainen tutkittava osallistui kolmena eri tutkimuspäivänä tutkimukseen, päivien tulokset eivät kuitenkaan ole riippuvaisia toisistaan.

Tutkimuskertojen välissä oli vähintään kaksi päivää ja tutkimuskäynnit sijoittuivat keskimäärin 4–6 viikon ajanjaksolle. Korrelaatioita tarkasteltiin siten, että tutkittavien tutkimuspäivien tulokset nähtiin erillisinä ja tutkimustapauksia oli tällöin 41. Tällä tavalla pienen aineiston tilastollista voimaa saatiin lisättyä, konsultoimme tässä tilastotieteen asiantuntijaa. Muissa analysointimenetelmissä tutkimustapauksia oli kuitenkin 17.

Aineiston analysointiin tarvittiin monia eri tilastollisia menetelmiä (taulukko 1). Fyysisen aktiivisuuden yhteyttä inhibitioon ja paikallaanolopäivän aikaisen inhibition vaihtelun ja fyysisen aktiivisuuden yhteyttä selvitettiin Rmanovan avulla. Lisäksi selvitimme Rmanovalla eri tutkimuspäivien (HIIE, MIIE, CON) aikaista inhibition vaihtelua. Tuloksista tehtiin myös havainnollistavat taulukot Libre Officen avulla. RManovan analyysin jouduimme urheilutaustalle toteuttamaan kahdesti, koska ensimmäisellä analysointikerralla esimerkiksi Boxin testin oletukset eivät toteutuneet. Konsultoimme tilastotieteilijää ja hän ehdotti fyysisen urheilutaustan ryhmien yhdistämistä kolmesta kahteen. Tämän tehtyämme uudessa Rmanovan analyysissä testin edellyttämät oletukset toteutuivat pääasiassa hyvin ja tulosten raportointi oli luotettavampaa. Boxin- ja Levenen testi sekä normaalijakautuneisuus (Shapiro Wilk) toteutuu, kun arvo on yli 0.05. Boxin testi oli kunnossa kaikkien muuttujien kohdalla, Levenen testissä osa arvoista oli pienempiä kuin 0.05. Mauchlyn sfäärisyystesti kertoo varianssien yhtäsuuruudesta, jos sfäärisyystesti on yli 0.05, katsotaan arvot tämän mukaan ja jos arvo pienempi kuin 0.05, katsotaan arvot Epsilon korjauksesta. Analysoinnissa kaikki paitsi inhibition oikeiden vastausten reaktioaika katsottiin sfäärisyystestin p-arvoista. Luotettavuuden kannalta Cookin ja Leverage arvojen pitäisi olla alle 1, nämä oletukset toteutuivat kaikkien muuttujien kohdalla. Urheilutaustan ryhmien koot olivat eri suuruiset (ryhmä 1: 5, ryhmä 2: 11), tämä on syytä ottaa huomioon tulosten luotettavuuden tarkastelussa.

TAULUKKO 1. Tilastolliset menetelmät aineiston analysoinnissa.

Menetelmä	Käyttötarkoitus
Normaalijakautuneisuus, keskihajonnat keskiarvot, luottamusvälit	Aineiston luotettavuus ja sopivan analysointimenetelmän valinta.
Korrelaatio	Edellisen päivän fyysisen aktiivisuuden ja inhibition baseline-mittauksen yhteys paikallaanoloapäivänä. Edellisen vuoden aikaisen urheilutaustan ja inhibition baseline-mittauksen yhteys paikallaanoloapäivänä.
Rmanova	Edellisen päivän fyysisen aktiivisuuden yhteys inhibitiotulosten keskiarvoon ja vaihteluun inhibitiotasossa paikallaanoloapäivän aikana. Edellisen vuoden aikaisen urheilutaustan yhteys inhibitiotulosten keskiarvoon ja vaihteluun inhibitiiossa paikallaanoloapäivän aikana. Tutkimuspäivien aikaisen fyysisen aktiivisuuden (HIIE, MIIE, CON) ja inhibitiotulosten keskiarvon ja inhibitiotason vaihtelun yhteys.

5.5 Tutkimuksen validiteetti ja reliabiliteetti

Reliabiliteetti ja validiteetti kuvastavat tutkimuksen luotettavuutta. Reliabiliteetti kertoo tutkimuksen toistettavuudesta ja validiteetti puolestaan siitä, kuinka hyvin tutkittavaa ilmiötä mitataan. (Metsämuuronen 2011, 74) Validiteetin kannalta on olennaista tarkastella tutkimuksen kohderyhmän, tutkimuskysymysten sekä menetelmien tarkoituksenmukaisuutta. Kohderyhmässä oli vain 17 suomalaista nuorta, iältään he olivat 12–14-vuotiaita. Tämän vuoksi pro gradun tuloksia ei ole tarkoituksenmukaista yleistää ikäryhmässä. Tyttöjä oli myös enemmän kuin poikia. Tutkimuskysymykset mittaavat ilmiötä hyvin, koska niissä fyysisen aktiivisuuden yhteyksiä huomioidaan lyhyellä ja pitkällä aikavälillä sekä useiden inhibition muuttujien avulla. Fyysisen aktiivisuuden ja inhibition yhteyttä selvitettiin edellisen vuoden, edeltävän päivän ja tutkimuspäivän ajalta. Tutkimusmenetelmät valittiin tutkimuskysymysten

pohjalta ja niiden testien oletukset huomioiden. Seuraavaksi esitellään tutkimuksen mittareiden (kiihtyvyyssmittarit, fyysisen aktiivisuuden kyselylomake ja flanker-testi) luotettavuutta.

Steevesin ym. (2015, 1–2) tutkimuksen mukaan paikallaanolon ja fyysisen aktiivisuuden mittaaminen täysin tarkasti voi olla haastavaa. Steevesin ja kumppaneiden (2015) tutkimuksessa testattiin ActivPAL kiihtyvyyssanturin luotettavuutta. ActivPAL mittasi tutkimuksessa 100 % oikein seisomisesta, mutta ActivPAL luokitteli väärin 14 % tuolilla istumisesta, kun jalat olivat suoristettu. Askeleiden suhteen ActivPAL luokitteli aktiivisuuden oikein yli 95 % tarkkuudella. ActivPAL luokitteli kuitenkin 93 % pystyasennossa tapahtuvasta pyöräilystä Kksi. (Steeves ym. 2015, 1) ActivPALia voidaan fyysisen aktiivisuuden mittaamisen haasteellisuuden kannalta pitää suhteellisen luotettavana ja toistettavana, mahdolliset virheelliset tulokset fyysisen aktiivisuuden muodossa on kuitenkin syytä ottaa huomioon. Pro gradussa ei hyödynnetty sellaista dataa, minkä kiihtyvyyssanturit näyttivät fyysisen aktiivisuuden invalidina.

Koehenkilöiden aikaisempaa urheilutaustaa selvitettiin fyysisen aktiivisuuden lomakkeella, minkä osallistujat olivat itse täyttäneet. Aikuisen tuki lomakkeen täyttövaiheessa olisi voinut lisätä vastausten luotettavuutta. Lomakkeessa esiintyi jonkin verran epätarkkoja vastauksia, minkä vuoksi sitä ei voi pitää täysin luotettavana. Samankaltaisia asioita on kuitenkin kysytty lomakkeessa useammassa kohdassa, mikä toisaalta voi lisätä kyselyn luotettavuutta (Tähtinen ym. 2020, 81).

Meta-analyyseistä ja systemaattisista katsauksista, joissa on tarkasteltu inhibition ja fyysisen aktiivisuuden yhteyttä, voidaan todeta flanker-testin ja Stroopin testin olevan selvästi eniten käytettyjä inhibition mittaamisessa (Amatriain-Fernandez ym. 2021; Berrios-Aguayo ym. 2022; Haverkamp ym. 2020; Hsieh ym. 2021). Stroopin testiä käytettiin joissakin katsauksissa hieman flanker-testiä enemmän. Kuitenkin Paschenin ym. (2019) katsauksessa flanker-testi oli Stroopin testiä käytetympi. Reyes-Amigon ym. (2022) analyysissä käytettiin inhibition mittaukseen vain flanker-testiä. Yhteenvetona voidaan todeta, että flanker-testiä on käytetty useissa tutkimuksissa (Zhou ym. 2019), se on yleinen ja testinä suhteellisen helposti toistettavissa. Flanker-testin teossa on kuitenkin aina mahdollisuus arvaamiselle, huolimattomuudelle ja oppimiselle. Saimme myös kuulla BrainPANIC-tutkimuksen toteuttaneilta, että osalle vastaajista keskittyminen koko testiin oli ollut haastavaa.

5.6 Eettiset näkökohdat

Pro gradu on tehty Eero Haapalan BrainPANIC-tutkimuksen valmiin aineiston pohjalta. BrainPANIC-tutkimusta varten on haettu eettistä ennakoarviointilausuntoa Keski-Suomen sairaanhoitopiirin tutkimuseettiseltä toimikunnalta ja se hyväksyttiin 17.3.2022. Eettisessä ennakoarvioinnissa käsitellään muun muassa mahdollisia riskejä, tutkittavien informointia, aineistonhallintasuunnitelmaa, osallistumissuostumusta ja uuden tiedon merkitystä suhteessa riskeihin (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2019, 15).

Olemme tehneet aineistonkäsitelysopimuksen tutkimuksen johtajan kanssa. Sopimuksessa sitouduttiin noudattamaan TENK:n eettistä ohjeistusta: vaitiolovelvollisuutta sekä tietosuojaohjeistusta (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023, 13). BrainPANIC tutkimuksen johtajalla on ollut tarkemmat tiedot osallistujilla, tässä tutkielmassa tiedossa on vain pseudonyymien aineiston ID-numerot, sukupuolet ja syntymäajat. Tutkielmassa käytetty aineisto sisältää alaikäisten henkilötietoja, minkä vuoksi aineiston säilyttämiseen on kiinnitetty erityistä huolellisuutta. Henkilötietoa sisältävää aineistoa säilytetään yliopiston U-aseamalla. Eettisen ennakoarvioinnin mukaan tutkimussuunnitelmassa tulisi esittää tutkimuksen eettiset riskit (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2019, 14). Mahdollisia riskejä liittyy esimerkiksi tietosuojaan, menetelmien valintaan ja tulosten raportointiin. Huolellisen suunnittelun kautta olemme pyrkineet minimoimaan edellä mainittuja riskejä.

Peruseriaatteita hyvälle tieteelliselle käytännölle (HTK) ovat rehellisyys, luotettavuus, vastuunkanto ja arvostus (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023, 12). Näitä olemme aiheenvalinnassa, suunnittelussa ja toteutuksessa pyrkineet huomioimaan. Luotettavuuteen olemme pyrkineet muun muassa siten, että hyödynnämme valmista tutkimusryhmän keräämää tutkimusaineistoa ja menetelmien valinnassa ja käytössä apuna tilastotieteen asiantuntijoita. Hyvän tieteellisen käytännön mukaan tiedeyhteisössä kuuluu kunnioittaa muiden työtä viittaamalla asianmukaisesti aikaisempaan kirjallisuuteen (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023, 13). Pro gradun kirjallisuuskatsauksessa olemme pyrkineet tuomaan esiin mahdollisimman monipuolisesti aikaisempaa tutkimuskirjallisuutta sekä viittaamaan alkuperäislähteisiin Jyväskylän yliopiston ohjeistusten mukaisesti. Tutkijalla on velvollisuus tunnustaa toisten tutkijoiden työ ja kunnioittaa sitä (Clarkeburn ja Mustajoki 2007, 81), mikä tarkoittaa, että olisi eettisesti väärin jättää huomiotta toisten tutkijoiden löytämiä tuloksia.

Hyvän tieteellisen käytännön peruseriaatteiden mukaisesti tulosten julkaisemisessa on oltava rehellinen, eli tutkimustuloksia ei saa vääristää tai jättää raportoimatta omia (tai muiden ulkopuolisten tahojen) intressejä tai hypoteeseja palvelevaksi (Tutkimuseettisen neuvottelukunnan julkaisu 2023, 11). Mikäli tutkimuksesta tulee nollatuloksia, ne raportoidaan sellaisenaan. Tutkijana meillä kuitenkin on vapaus päättää mitä tuloksia julkaistaan ja mitä ei, eli esimerkiksi virheellisesti käsiteltyä aineistoa ja siitä saatuja tuloksia ei ole tarkoituksenmukaista julkaista (Clarkeburn & Mustajoki 2007, 71).

Tulosten julkaisussa täytyy huomioida, että ne muutetaan ja muotoillaan muidenkin kuin tiedeyhteisön ja aiheeseen perehtyneiden tutkijoiden ymmärrettäväksi. Clarkeburnin ja Mustajoen (2007, 71) mukaan tutkijalla on velvollisuus pätevyytensä mukaan tulkita tuloksia. Tämä tarkoittaa, että meidän tulisi raportoida tuloksia niin, että esimerkiksi koulut tai opetushallitus voisivat tuloksia hyödyntää ilman suuria tulkinnallisia ponnisteluja. Pro gradussamme on selkeät tutkimuskysymykset ja tulosten julkaisun yhteydessä näihin olemme pyrkineet saamaan yksiselitteiset vastaukset. Tieteellisin perustein yksiselitteisyyttä ei kovinkaan usein saavuteta, mutta on sallittua nojata tieteenalamme perusolettamuksiin siitä, millainen todistusvoima on riittävää (Clarkeburn & Mustajoki 2007, 71).

Olemme pohtineet tämän pro gradun tekemisen osalta, kuinka paljon olemme eri auktoriteettien ohjailtavissa. Onko mahdollisten eriävien mielipiteiden kohdalla eettisesti kestävämpää kuunnella BrainPANIC-tutkimuksen johtajaa, graduohjaajaa, tilastoasiantuntijaa vai meidän omaa näkemystämme? Voiko joku edellä mainituista olla jopa puolueellinen, jolloin tutkimus voi lähteä aivan eri suuntaan kuin oli tarkoitus. Asiantuntijoita on tärkeää kuunnella, sillä se on meidänkin etujemme mukaista. Olemme vielä nuorempia ja kokemattomampia tieteenharjoittajia. Pohdintaa on lähinnä aiheuttanut se, kenen mielipide on tärkein ja mitä velvollisuuksia meillä on erityisesti aineiston omistajaa kohtaan.

6 TULOKSET

6.1 Keskiarvot, luottamusvälit, keskihajonnat ja normaalijakautuneisuus

Jakaumatarkasteluissa havaittiin MET-arvon poikkeavan hieman normaalijakautuneisuudesta. Poikkeama ei kuitenkaan ollut merkittävä, joten yhteyksiä pystyttiin tarkastelemaan Spearmanin korrelaatiokertoimen avulla. Muut muuttujat olivat selvästi normaalijakautuneita (taulukko 2).

TAULUKKO 2. Inhibitiotestin baseline-mittausten (CON, HIIE, MIIE) keskiarvot (ka), 95 % luottamusvälit (LV), keskihajonnat (kh) ja normaalijakautuneisuus (Shapiro-Wilk).

Inhibitio	n	ka	kh	LV	Shapiro-Wilk
1.Oikeat vastaukset (%)	41	78,46	9,73	75,53–81,38	0,57
2. Kong oikeat	41	82,98	9,71	79,91–86,04	0,39
3. Inkong oikeat	41	75,88	10,13	72,68–79,08	0,62
4. RT kaikki oikeat	41	0,47	0,04	0,46–0,48	0,81
5. RT kong oikeat	41	0,46	0,04	0,44–0,47	0,47
6. RT inkong oikeat	41	0,48	0,04	0,47–0,49	0,91
7. Askeleet	41	11249,66	5506,51	9511,59–12987,73	0,06
8. Istumisen katkaisu	41	70,27	17,81	64,65–75,89	0,76
9. MET	41	34,61	2,74	33,75–35,47	0,02

Inhibitiotestin baseline-mittausten (CON, HIIE, MIIE) oikeiden vastausten keskiarvo oli 78/100. Reaktioaikojen keskiarvo oikeissa vastauksissa oli 0,47s eli yhden ärsykkeen kohdalla napin painallus kesti reilusti alle sekunnin. Päivän askelmäärän keskiarvo oli 11249,66, askeleissa oli kuitenkin jonkin verran vaihteluväliä (9511,59–12987,73). Päivän aikana istumista katkaistiin keskimäärin 70 kertaa, ja fyysistä aktiivisuutta kuvaavan MET-arvon keskiarvo oli 34,61.

6.2 Fyysisen aktiivisuuden ja inhibition baseline-mittauksen korrelaatiot

Edellisen päivän ja vuoden fyysisen aktiivisuuden (askeleet, istumisen katkaisut, MET-arvo, urheilutausta) ja inhibition baseline-mittauksen, eli tutkimuspäivän ensimmäisen

inhibitiomittauksen yhteyksiä selvitetiin korrelaatioiden avulla (taulukko 3). Inhibitiota kuvaavat oikeiden vastausten osuuden (%) ja reaktioajan (s) muuttujat, joista on vielä erikseen tarkasteltu vastauksia kongruenttien ja inkongruenttien ärsykkeiden osalta. Muuttujat olivat vähintään järjestysasteikollisia, joten korrelaatiokerrointa oli mahdollista käyttää ja saada selville sekä positiivisia, että negatiivisia yhteyksiä.

TAULUKKO 3. Edellisen päivän ja vuoden fyysisen aktiivisuuden ja inhibition baselinemittauksen (CON, HIIE, MIIE) väliset yhteydet (Spearmanin korrelaatiokerroin).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.Oikeat	1									
2.Kong oik	0,92**	1								
3.Inkong oik	0,92**	0,73**	1							
4.RT oik	0,14	-0,06	0,28	1						
5.RT kong	0,07	-0,14	0,23	0,97**	1					
6.RT inkong	0,23	0,08	0,32*	0,96**	0,88**	1				
7.Askeleet	0,18	0,25	0,12	0,06	-0,02	0,17	1			
8.Istum.	-0,14	-0,25	-0,09	0,20	0,20	0,12	-0,09	1		
9.MET	0,26	0,34*	0,17	0,06	-0,02	0,18	0,96**	-0,13	1	
10.Urheilut.	0,13	0,11	0,14	0,27	0,17	0,35*	0,13	0,28	0,09	1

p < .001 = *** p < .01 = **, p < .05 = *

Fyysistä aktiivisuutta kuvaava MET-arvo oli tilastollisesti merkitsevästi positiivisesti yhteydessä inhibition kongruenttien ärsykkeiden oikeisiin vastauksiin ($p < 0,05$); mitä enemmän edellisen päivän aikana liikkui, sitä enemmän sai kongruenttien ärsykkeiden oikeita vastauksia (taulukko 3).

Lisäksi urheilutausta oli tilastollisesti merkitsevästi positiivisesti yhteydessä inhibition inkongruenttien ärsykkeiden oikeiden vastausten reaktioaikaan ($p < 0,05$); mitä enemmän liikuntaa harrasti edellisen vuoden aikana, sitä pidempi oli reaktioaika inkongruenteille vastauksille (taulukko 3).

6.3 Fyysisen aktiivisuuden yhteys paikallaanolopäivän inhibitioon

Seuraavaksi esitetään tuloksia edellisen päivän ja vuoden aikaisen fyysisen aktiivisuuden yhteyksistä inhibition päivän aikaiseen vaihteluun ja keskiarvoon. Edellisen päivän askelmäärät, MET-arvo ja istumisen katkaisut eivät olleet tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä inhibitiotulosten (oikeat vastaukset, oikeat vastaukset kongruentteihin, oikeat vastaukset kongruentteihin, reaktioaika oikeille vastauksille, reaktioaika kongruenteille vastauksille ja reaktioaika inkongruenteille vastauksille) päivän aikaiseen vaihteluun ja keskiarvoon. Ainoastaan edellisen vuoden aikainen fyysinen aktiivisuus, eli urheilutausta oli tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä oikeiden vastausten päivän aikaiseen keskiarvoon (sekä kongruenteissa, että inkongruenteissa ärsykeissä).

6.3.1 Oikeat vastaukset

Fyysisen aktiivisuuden muuttujien (askeleet, istumisen katkaisu, MET-arvo, urheilutausta) ja sukupuolen yhteyksiä paikallaanolopäivän inhibitiotesteissä saatujen oikeiden vastausten keskiarvoon tarkasteltiin Rmanovalla, eli varianssianalyysillä (taulukko 4). Paikallaanolopäivänä inhibitiotesti (flanker-testi) tehtiin neljä kertaa. Testien oikeiden vastausten määrästä (%) lasketulla keskiarvolla kuvataan inhibition tasoa läpi päivän.

TAULUKKO 4. Fyysisen aktiivisuuden muuttujien ja sukupuolen yhteys inhibitiotulosten vaihteluun paikallaanolopäivän aikana.

	df	F	p-arvo ^a	Osittaiselityssaste
Askeleet	1	2,00	0,22	0,28
Istumisen katkaisu	1	1,88	0,23	0,27
MET	1	1,56	0,27	0,24
Sukupuoli	1	0,02	0,89	0,00
Urheilutausta	1	5,54	0,04	0,30

^a Testattu Rmanovalla

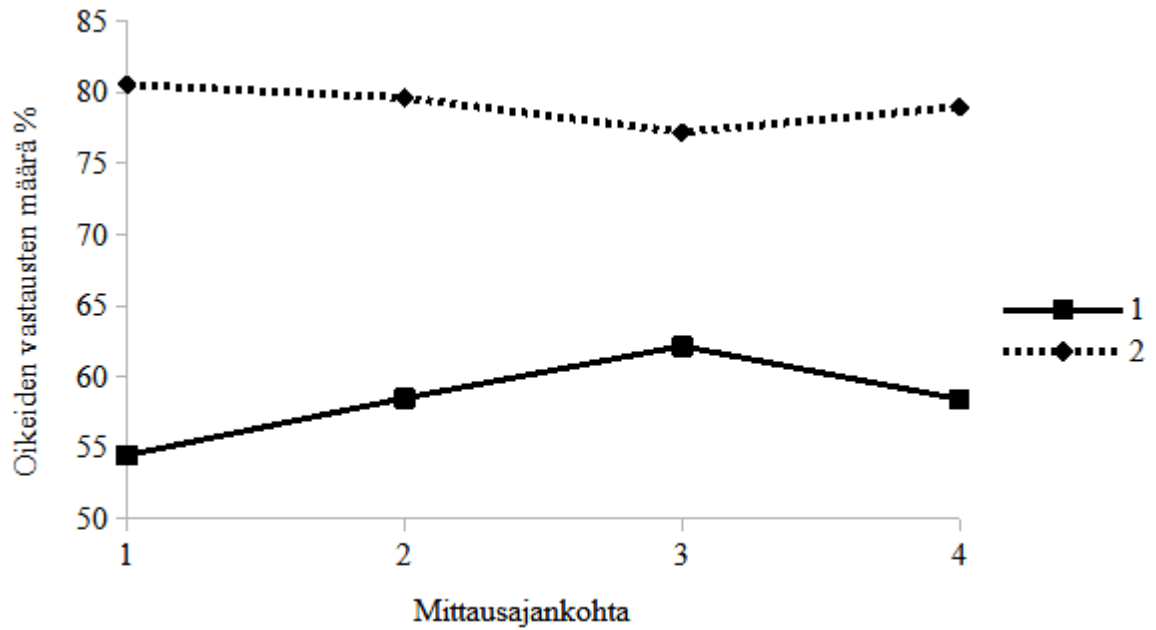
Muuttujista ainoastaan urheilutausta oli tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä paikallaanolopäivän inhibition flanker-testin oikeiden vastausten keskiarvoon ($F(1) = 5,54$), p

< 0,05 (taulukko 4). Tämä tarkoittaa sitä, että urheilutaustalla on yhteyttä päivän aikaiseen inhibitioon. Tätä urheilutaustan yhteyttä inhibitiotestin oikeiden vastausten (%) keskiarvoon tarkasteltiin kahden eri ryhmän (passiiviset, aktiiviset) osalta (taulukko 5).

TAULUKKO 5. Urheilutaustan ja paikallaanolopäivän inhibitiotestin oikeiden vastausten yhteys (keskiarvo neljästä mittausajankohdasta).

Urheilutausta		95 % LV	
Ryhmä	Keskiarvo	Keskivirhe	Alaraja
1 passiiviset	58,39	7,27	42,67
2 aktiiviset	79,09	4,89	68,54

Urheilutaustaltaan aktiivisempien nuorten (ryhmä 2) oikeiden vastausten keskiarvo (79,09 %) neljältä mittauspisteeltä paikallaanolopäivän aikana oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin passiivisten nuorten (ryhmä 1) keskiarvo (58,39 %) ($F(1) = 5,54$), $p < 0,05$ (taulukko 5). Urheilutaustalla ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitseviä eroja inhibition vaihteluun päivän aikana. Oikeita vastauksia saatiin päivän aikana eri ajankohtina melko tasaisesti. Urheilutaustaltaan passiivisemmilla nuorilla (ryhmä 1) paikallaanolopäivän korkein keskiarvo inhibitiolle oli 62,15 % ja matalin keskiarvo oli 54,48 %. Urheilutaustaltaan aktiivisemmilla nuorilla (ryhmä 2) paikallaanolopäivän korkein keskiarvo oli 80,55 % ja matalin keskiarvo oli 77,21 %. Urheilutaustaltaan passiivisemmilla nuorilla (ryhmä 1) korkein inhibitiotestin keskiarvo saatiin paikallaanolopäivän kolmannessa mittauksessa ja urheilutaustaltaan aktiivisemmilla nuorilla (ryhmä 2) korkein inhibitiotestin keskiarvo oli päivän ensimmäisen mittauksen (baseline) aikana (kuva 1).



KUVA 1. Urheilutaustan ja paikallaanolopäivän inhibitiotestin oikeiden vastausten yhteys (keskiarvo neljässä mittausajankohdassa) (1 = passiiviset, 2 = aktiiviset).

6.3.2 Oikeat vastaukset kongruentteihin

Fyysisen aktiivisuuden muuttujien (askeleet, istumisen katkaisu, MET-arvo, urheilutausta) ja sukupuolen yhteyksiä paikallaanolopäivän inhibitiotesteissä saatujen oikeiden vastausten keskiarvoon kongruenttien ärsykkeiden osalta tarkasteltiin Rmanovalla, eli varianssianalyysillä (taulukko 6). Kongruenteissa ärsykkeissä kirjain johon tuli reagoida, oli sama kuin ympäröivät kirjaimet. Oikeat vastaukset kongruenteille ärsykkeille mittaavat, kuinka tarkasti yksilö pystyy automaattisesti reagoimaan.

TAULUKKO 6. Fyysisen aktiivisuuden muuttujien ja sukupuolen yhteys paikallaanolopäivän inhibitiotestin kongruenttien ärsykkeiden oikeiden vastausten keskiarvoon.

	df	F	p-arvo ^a	Osittaiselityssaste
Askeleet	1	3,00	0,14	0,37
Istumisen katkaisu	1	1,51	0,27	0,23
MET	1	2,51	0,17	0,33
Sukupuoli	1	0,10	0,76	0,01
Urheilutausta	1	5,76	0,03	0,31

^a Testattu Rmanovalla

Urheilutausta oli tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä paikallaanolopäivän inhibition flanker-testin kongruenttien ärsykkeiden oikeiden vastausten keskiarvoon ($F(1) = 5,76$), $p < 0,05$ (taulukko 6). Tämä tarkoittaa sitä, että urheilutaustalla on yhteyttä päivän aikaiseen inhibitioon ja tätä urheilutaustan yhteyttä inhibitiotestin oikeiden vastausten (%) keskiarvoon kongruenteissa ärsykkeissä tarkasteltiin kahden eri ryhmän (passiiviset, aktiiviset) osalta (taulukko 7).

TAULUKKO 7. Urheilutaustan ja paikallaanolopäivän inhibitiotestin oikeiden vastausten yhteys (keskiarvo neljästä mittausajankohdasta).

Urheilutausta		95 % LV		95 % LV
Ryhmä	Keskiarvo	Keskivirhe	Alaraja	Yläraja
1 passiiviset	60,77	7,99	43,51	78,04
2 aktiiviset	83,97	5,37	72,27	95,57

Urheilutaustaltaan aktiivisempien nuorten (ryhmä 2) kongruenttien ärsykkeiden oikeiden vastausten keskiarvo (83,97 %) neljältä mittauspisteeltä paikallaanolopäivän aikana oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin passiivisten nuorten (ryhmä 1) keskiarvo (60,77 %) ($F(1) = 5,76$), $p < 0,05$ (taulukko 7). Urheilutaustalla ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitseviä eroja inhibition vaihtelussa päivän aikana.

6.3.3 Oikeat vastaukset inkongruentteihin

Fyysisen aktiivisuuden muuttujien (askeleet, istumisen katkaisu, MET-arvo, urheilutausta) ja sukupuolen yhteyksiä paikallaanolopäivän inhibitiotesteissä saatujen oikeiden vastausten keskiarvoon inkongruenttien ärsykkeiden osalta tarkasteltiin Rmanovalla, eli varianssianalyysillä (taulukko 8). Inkongruenteissa ärsykkeissä kohdekirjaimen ympärillä olevat kirjaimet muistuttavat kohdekirjainta, mutta ovat kuitenkin erilaisia. Oikeilla vastauksilla inkongruentteihin ärsykkeisiin mitataan automaattisen reaktion sammuttamista ja häiritsevien kirjainten aiheuttaman konfliktin huomioimista.

TAULUKKO 8. Paikallaanolopäivän inhibition flanker-testin inkongruenttien ärsykkeiden oikeiden vastausten keskiarvon yhteys fyysiseen aktiivisuuteen.

	df	F	p-arvo ^a	Osittaiselityssaste
Askeleet	1	0,98	0,37	0,16
Istumisen katkaisu	1	2,10	0,21	0,30
MET	1	0,70	0,44	0,12
Sukupuoli	1	0,00	0,95	0,00
Urheilutausta	1	4,85	0,05	0,27

^a Testattu Rmanovalla

Urheilutausta oli tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä paikallaanolopäivän inhibition flanker-testin oikeiden inkongruenttien ärsykkeiden vastausten keskiarvoon ($F(1,13) = 5,76$), $p < 0.05$ (taulukko 8). Tämä tarkoittaa sitä, että urheilutaustalla on yhteyttä päivän aikaiseen inhibitioon ja tätä urheilutaustan yhteyttä inhibitiotestin oikeiden vastausten (%) keskiarvoon inkongruenteissa ärsykkeissä tarkasteltiin kahden eri ryhmän (passiiviset, aktiiviset) osalta (taulukko 9).

TAULUKKO 9. Urheilutaustan ja sukupuolen ja paikallaanoloapäivän inhibitiotestin inkongruenttien oikeiden vastausten yhteys (keskiarvo neljästä mittausajankohdasta).

Urheilutausta		95 % LV		95 % LV
Ryhmä	Keskiarvo	Keskivirhe	Alaraja	Yläraja
1 passiiviset	56,00	6,84	41,21	70,78
2 aktiiviset	74,23	4,60	64,30	84,16

Urheilutaustaltaan aktiivisempien nuorten (ryhmä 2) inkongruenttien ärsykkeiden oikeiden vastausten keskiarvo (74,23) neljältä mittauspisteeltä paikallaanoloapäivän aikana oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin passiivisten nuorten (ryhmä 1) keskiarvo (56,00) ($F(1) = 4,85$), $p < 0.05$ (taulukko 9). Urheilutaustalla ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitseviä eroja inhibition vaihtelussa päivän aikana.

6.3.4 Reaktioaika oikeissa vastauksissa

Fyysisen aktiivisuuden muuttujien (askeleet, istumisen katkaisu, MET-arvo, urheilutausta) ja sukupuolen yhteyksiä paikallaanoloapäivän inhibitiotesteissä saatujen oikeiden vastausten reaktioaikojen keskiarvoon tarkasteltiin Rmanovalla, eli varianssianalyysillä (taulukko 10). Paikallaanoloapäivänä inhibitiotesti (flanker-testi) tehtiin neljä kertaa. Testien oikeiden vastausten reaktioajoista lasketulla keskiarvolla kuvataan inhibition tasoa läpi päivän. Lyhyet reaktioajat kertovat hyvästä inhibitiosta.

TAULUKKO 10. Paikallaanoloapäivän inhibition flanker-testin oikeiden vastausten reaktioajan keskiarvon yhteys fyysiseen aktiivisuuteen.

	df	F	p-arvo ^a	Osittaiselityssaste
Askeleet	1	0,84	0,40	0,14
Istumisen katkaisu	1	2,11	0,21	0,30
MET	1	0,97	0,37	0,16
Sukupuoli	1	0,47	0,50	0,04
Urheilutausta	1	3,38	0,09	0,99

^a Testattu Rmanovalla

Muuttujat eivät olleet tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä paikallaanoloapäivän inhibition flanker-testin oikeiden vastausten reaktioaikojen keskiarvoon eikä inhibition päivän aikaiseen vaihteluun (taulukko 10).

6.3.5 Reaktioaika kongruenttien ärsykkeiden oikeissa vastauksissa

Fyysisen aktiivisuuden muuttujien (askeleet, istumisen katkaisu, MET-arvo, urheilutausta) ja sukupuolen yhteyksiä paikallaanoloapäivän inhibitiotesteissä saatujen oikeiden vastausten reaktioaikojen keskiarvoon kongruenteissa ärsykkeissä tarkasteltiin Rmanovalla, eli varianssianalyysillä (taulukko 11). Paikallaanoloapäivänä inhibitiotesti (flanker-testi) tehtiin neljä kertaa. Testien kongruenttien ärsykkeiden oikeiden vastausten reaktioajoista lasketulla keskiarvolla kuvataan inhibition tasoa läpi päivän, lyhyet reaktioajat kertovat hyvästä inhibitiosta kongruenteille ärsykkeille. Reaktioajat kongruenttien ärsykkeiden oikeissa vastauksissa mittaavat, kuinka nopeasti yksilö pystyy automaattisesti reagoimaan.

TAULUKKO 11. Paikallaanoloapäivän inhibition flanker-testin kongruenttien oikeiden vastausten reaktioajan keskiarvon yhteys fyysiseen aktiivisuuteen.

	df	F	p-arvo ^a	Osittaiselityssaste
Askeleet	1	2,02	0,30	0,21
Istumisen katkaisu	1	1,34	0,28	0,23
MET	1	1,45	0,28	0,23
Sukupuoli	1	0,46	0,51	0,03
Urheilutausta	1	2,30	0,15	0,15

^a Testattu Rmanovalla

Muuttujat eivät ole tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä paikallaanoloapäivän inhibition flanker-testin eri ryhmien kongruenttien oikeiden vastausten reaktioaikojen keskiarvoon eikä inhibition päivän aikaiseen vaihteluun (taulukko 11).

6.3.6 Reaktioaika inkongruenttien ärsykkeiden oikeissa vastauksissa

Fyysisen aktiivisuuden muuttujien (askeleet, istumisen katkaisu, MET-arvo, urheilutausta) ja sukupuolen yhteyksiä paikallaanolopäivän inhibitiotesteissä saatujen oikeiden vastausten reaktioaikojen keskiarvoon inkongruenteissa ärsykkeissä tarkasteltiin Rmanovalla, eli varianssianalyysillä (taulukko 12). Paikallaanolopäivänä inhibitiotesti (flanker-testi) tehtiin neljä kertaa. Testien inkongruenttien ärsykkeiden oikeiden vastausten reaktioajoista lasketulla keskiarvolla kuvataan inhibition tasoa läpi päivän, lyhyet reaktioajat kertovat hyvästä inhibitiosta inkongruenteille ärsykkeille. Reaktioajat inkongruenttien ärsykkeiden oikeissa vastauksissa mittaavat, kuinka nopeasti yksilö pystyy sammuttamaan automaattisen reaktion.

TAULUKKO 12. Paikallaanolopäivän inhibition flanker-testin inkongruenttien oikeiden vastausten reaktioajan keskiarvon yhteys fyysiseen aktiivisuuteen.

	df	F	p-arvo ^a	Osittais selitysaste
Askeleet	1	2,87	0,15	0,36
Istumisen katkaisu	1	2,87	0,15	0,36
MET	1	0,47	0,52	0,09
Sukupuoli	1	0,49	0,50	0,04
Urheilutausta	1	4,37	0,06	0,25

^a Testattu Rmanovalla

Muuttujat eivät ole tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä paikallaanolopäivän inhibition flanker-testin eri ryhmien inkongruenttien oikeiden vastausten reaktioaikojen keskiarvoon eikä inhibition päivän aikaiseen vaihteluun (taulukko 12).

6.4 Tutkimuspäivien (CON, HIIE, MIIE) aikainen inhibition vaihtelu

Seuraavaksi vastataan kysymykseen, miten tutkimuspäivän aikainen fyysinen aktiivisuus vaikuttaa saman päivän aikana mitattuun inhibitioon. Vertailua tehtiin fyysisen aktiivisuuden intensiteetin mukaan. Yksi tutkimuspäivistä ei sisältänyt fyysistä aktiivisuutta (CON), yksi tutkimuspäivä sisälsi korkean intensiteetin intervallipyöräilyn tunnin välein (HIIE) ja yksi kohtuullisen intensiteetin intervallipyöräilyn tunnin välein (MIIE). Inhibitiotesti (flanker-testi)

tehtiin jokaisena tutkimuspäivänä neljä kertaa. Tutkimuspäivän aikaisen fyysisen aktiivisuuden yhteyttä inhibitioon tarkasteltiin Rmanovalla sekä oikeiden vastausten (taulukko 13), että reaktioaikojen (taulukko 15) osalta.

TAULUKKO 13. Tutkimuspäivien aikaisen fyysisen aktiivisuuden yhteys inhibition oikeiden vastausten keskiarvon määrään.

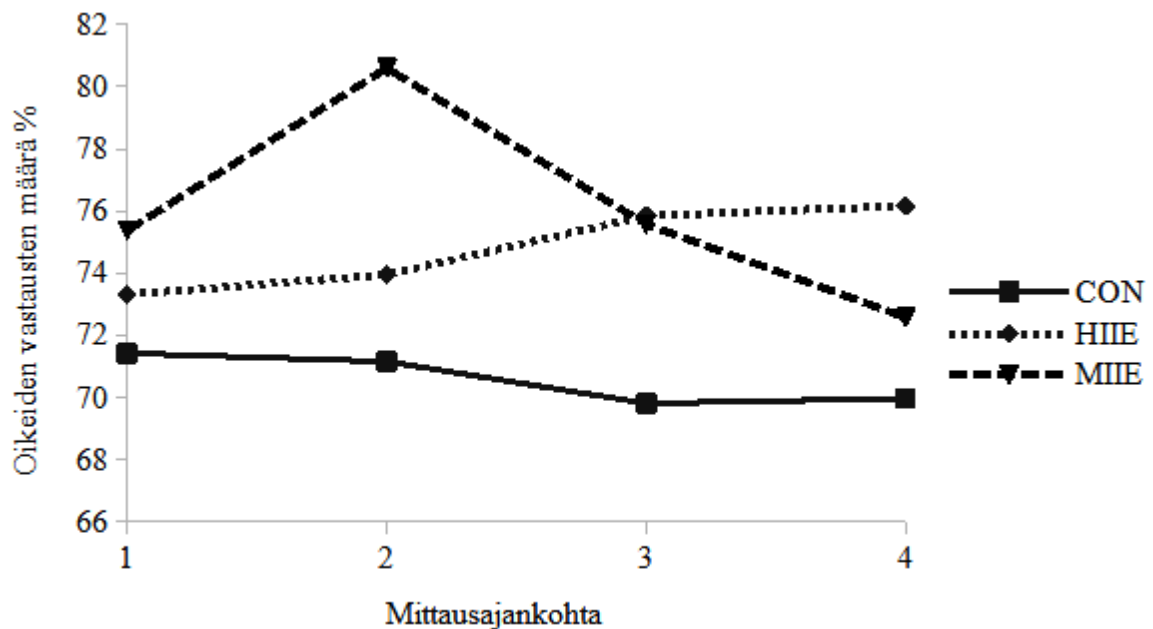
	df	F	p-arvo ^a	Osittaiselityssaste
CON	3	0,22	0,88	0,02
HIIE	1,76	0,70	0,49	0,06
MIIE	1,76	3,12	0,07	0,22

^a Testattu Rmanovalla

Tutkimuspäivän fyysinen aktiivisuus (CON, HIIE, MIIE) ei ollut tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä inhibition oikeiden vastausten määrän vaihteluun neljässä aikapisteessä (taulukko 13). Inhibitiotestin oikeiden vastausten keskiarvoissa oli kuitenkin jonkin verran vaihtelua päivän aikana eri tutkimuskerroilla. Paikallaanoloapäivien (CON) aikana inhibition oikeiden vastausten määrän keskiarvo vaihteli välillä 69,81 % - 71,42 %, korkean intensiteetin (HIIE) tutkimuspäivien aikana välillä 73,31 % - 76,17 % ja kohtalaisen intensiteetin (MIIE) tutkimuspäivien aikana välillä 72,60 % - 80,60 (taulukko 14) (kuva 2).

TAULUKKO 14. Inhibition oikeiden vastausten määrän vaihtelu eri tutkimuspäivien (CON, HIIE, MIIE) aikana neljässä aikapisteessä.

Testipäivä	Mittaus- ajankohta	Keskiarvo	Keskihajonta	95 % LV	
				Alaraja	Yläraja
CON	1	71,42	4,06	62,47	80,40
	2	71,15	5,56	58,91	83,40
	3	69,81	5,16	58,50	81,20
	4	69,96	5,30	58,41	81,52
HIIE	1	73,31	3,51	65,60	81,04
	2	74,00	3,82	65,52	82,40
	3	75,84	4,14	66,72	85,00
	4	76,17	3,50	68,50	83,83
MIIE	1	75,40	3,62	67,40	83,34
	2	80,60	2,71	74,61	86,60
	3	75,60	4,20	66,32	84,81
	4	72,60	5,50	60,48	84,70



KUVA 2. Inhibition oikeiden vastausten vaihtelu eri tutkimuspäivien (CON, HIIE, MIIE) aikana neljässä aikapisteessä.

Tutkimuspäivän aikaisen fyysisen aktiivisuuden yhteyttä oikeiden vastausten reaktioaikoihin tarkasteltiin Rmanovalla, eli varianssianalyysillä (taulukko 15). Testien oikeiden vastausten reaktioajoista lasketulla keskiarvolla kuvataan inhibition tasoa läpi päivän. Lyhyet reaktioajat kertovat hyvästä inhibitiosta.

TAULUKKO 15. Tutkimuspäivien aikaisen fyysisen aktiivisuuden yhteys inhibition reaktioaikojen keskiarvoon.

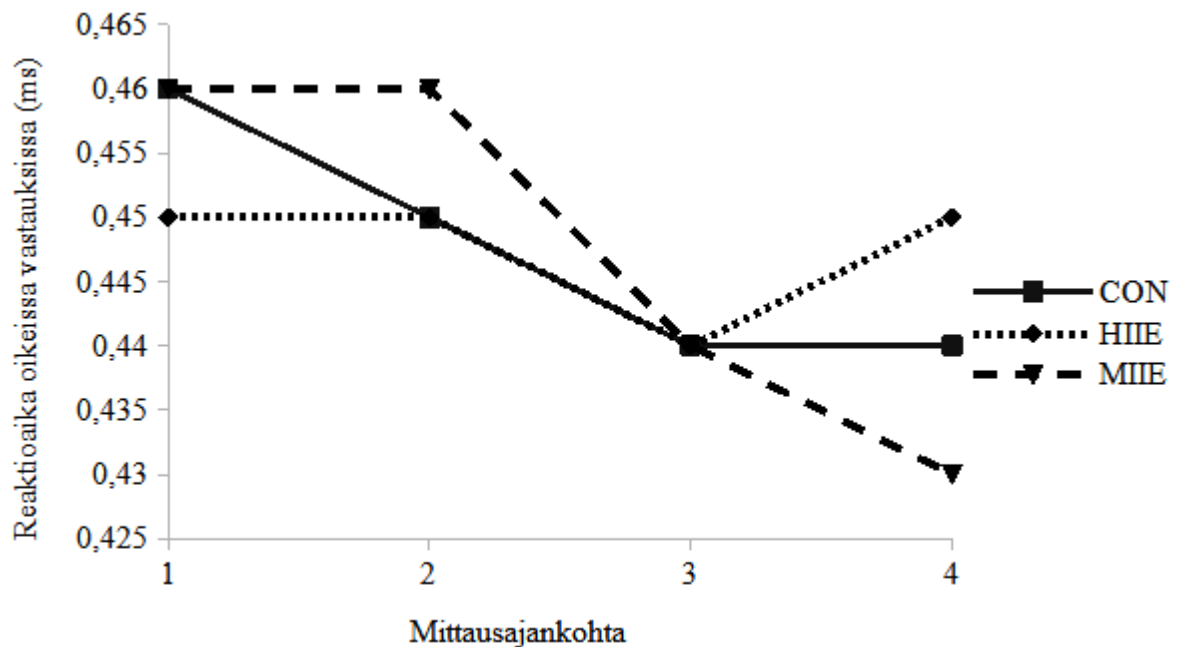
	df	F	p-arvo ^a	Osittaiselityssaste
CON	2,05	1,31	0,29	0,09
HIIE	1,26	0,66	0,46	0,05
MIIE	2,12	2,63	0,09	0,16

^a Testattu Rmanovalla

Tutkimuspäivän fyysinen aktiivisuus (CON, HIIE, MIIE) ei ollut tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä inhibition oikeiden vastausten reaktioaikoihin vaihteluun neljässä aikapisteessä (taulukko 15). Inhibitiotestin keskiarvoissa oli kuitenkin jonkin verran vaihtelua päivän aikana eri tutkimuskerroilla. Paikallaanoloapäivien (CON) aikana inhibition oikeiden vastausten reaktioaikojen keskiarvo vaihteli välillä 0,44 - ,46, korkean intensiteetin (HIIE) tutkimuspäivien aikana välillä 0,44 - 0,45 ja kohtalaisen intensiteetin (MIIE) tutkimuspäivien aikana välillä 0,43 – 0,46 (taulukko 16) (kuva 3).

TAULUKKO 16. Reaktioaikojen vaihtelu eri tutkimuspäivien (CON, HIIE, MIIE) aikana neljässä aikapisteessä.

Testipäivä	Mittaus- ajankohta	Keskiarvo	Keskihajonta	95 % LV	
				Alaraja	Yläraja
CON	1	0,46	0,01	0,43	0,48
	2	0,45	0,02	0,41	0,49
	3	0,44	0,01	0,41	0,47
	4	0,44	0,02	0,40	0,47
HIIE	1	0,45	0,02	0,41	0,49
	2	0,45	0,01	0,42	0,48
	3	0,44	0,01	0,42	0,46
	4	0,45	0,01	0,43	0,47
MIIE	1	0,46	0,01	0,43	0,49
	2	0,46	0,01	0,44	0,48
	3	0,44	0,01	0,42	0,46
	4	0,43	0,01	0,40	0,47



KUVA 3. Inhibition reaktioaikojen vaihtelu eri tutkimuspäivien (CON, HIIE, MIIE) aikana neljässä aikapisteessä.

7 POHDINTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, millä tavalla peruskouluikäisten fyysinen aktiivisuus on yhteydessä toiminnanohjaukseen. Toiminnanohjauksesta tutkimuskohteena oli inhibitio ja fyysistä aktiivisuutta tarkasteltiin edellisen vuoden urheilutaustan, tutkimusta edeltäneen päivän ja tutkimuspäivän aikaisen liikunnan osalta. Päätulokset pro gradussa kertovat, että edeltävän vuoden aikana enemmän urheilua harrastaneet, ja tutkimusta edeltävänä päivänä fyysisesti aktiivisemmat nuoret saivat keskiarvoltaan parempia tuloksia inhibitiotestistä, kuin fyysisesti passiivisemmat nuoret. Tämän lisäksi tutkimuspäivän aikaisen liikunnan mukaan oli havaittavissa erilaista vaihtelua inhibitiossa, mutta se ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Edellisen vuoden tai edellisen päivän fyysisellä aktiivisuudella ei myöskään ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä inhibitiotulosten päivän aikaiseen vaihteluun.

Aiemmissa tutkimuksissa on osoitettu, että niin akuuteilla (Lind ym. 2019; Ludyga ym. 2018; Kao ym. 2018) kuin kroonisilla (Drollette ym. 2018; Tarp ym. 2016) fyysisen aktiivisuuden vasteilla on mahdollista tukea inhibitiota. Myös meidän tutkimuksessamme pidemmän ajan fyysisellä aktiivisuudella, eli urheilutaustalla ja edellisen päivän fyysisellä aktiivisuudella löydettiin yhteyttä inhibitioon. Täten voidaan todeta, että tulokset ovat aiempien tutkimusten kanssa saman suuntaisia.

Tarkasteltaessa fyysisen aktiivisuuden muuttujia tarkemmin, voidaan kuitenkin havaita myös ristiriitoja aiempien tutkimusten välillä. Käytimme edeltävän päivän fyysisen aktiivisuuden muuttujina askelmääriä, istumisen katkaisun määriä ja MET-arvoja. Askelmäärien ja istumisen katkaisun on todettu olevan yhteydessä inhibitiotestin reaktioaikaan ja vastaustarkkuuteen (Mazzolini ym. 2019, 11), mutta tutkimuksessamme juuri näillä muuttujilla ei havaittu olevan yhteyksiä kumpaankaan inhibitiomuuttujaan. MET-arvoilla puolestaan yhteyttä havaittiin ja tämä tulos on yhtenevä aiempien tutkimusten kanssa (Mora-Gonzalez ym. 2020, 6; Zeng ym. 2021, 68).

Tutkimuksessamme urheilutaustalla, eli kroonisilla fyysisen aktiivisuuden vasteilla, havaittiin olevan yhteyttä inhibitioon. Vaikka tämä on linjassa monien aiempien tutkimusten (de Greeff ym. 2018; Drollette ym. 2018; Tarp ym. 2016; van der Niet ym. 2016, 64) kanssa, on myös tutkimuksia, joissa kroonisilla fyysisen aktiivisuuden vasteilla (Amatriain- Fernandezin ym. 2021; Haverkampin ym. 2020; Meijer ym. 2021, 9) tai tarkemmin meidän

tutkimusasetelmamme kaltaisella itseraportoidulla urheilutaustalla (Domazet ym. 2016) ei ole havaittu yhteyttä inhibitioon.

Ristiriitaisuutta aiempien tulosten ja meidän tulosten välille voi aiheuttaa erilaiset otoskoot. Aiemmissa tutkimuksissa on suurimmaksi osaksi huomattavasti suurempia otoskokoja. Tutkimus, jonka aineistoa olemme tässä pro gradussa käyttäneet, on varsinaisesti tarkoitettu ja kohdennettu laajempiin ja monimutkaisempiin ilmiöihin, minkä vuoksi koehenkilöiden tutkimuskäynteihin on kuulunut aivokuvantamismenetelmiä. Juuri meidän tutkimuskysymystemme mukainen koeasetelma siis olisi kustannusten ja muiden resurssien puolesta luultavasti mahdollistanut suuremmankin otoskoon, mutta koska aineisto oli pieni osa suuremmasta kokonaisuudesta, oli otoskoko sen mukainen. Otoskoon lisäksi vertailussa ristiriitoja aiheuttaa kroonisten ja akuuttien vasteiden käsitteiden erilainen käyttö. Eri tutkimuksissa näiden käsitteiden aikajänne on määritelty hieman eri tavoin. Tämän vuoksi pyrimme tekemään omat määrittelymme eniten kirjallisuudessa käytettyjen rajojen mukaan, eikä jakomme siten välttämättä täysin vastaa jokaista aiempaa tutkimusta. Joissain tapauksissa aiemmissa tutkimuksissa esimerkiksi edellisen päivän fyysisen aktiivisuuden vasteista on saatettu puhua kroonisina, ja meidän tutkimuksessamme se on linjattu enemmän esiintyneen käytännön mukaan akuutiksi.

Tuloksien vertailu suhteessa aiempaan kirjallisuuteen on osittain haastavaa, koska interventiotutkimuksia ja poikkileikkaustutkimuksia vertailtaessa tuloksiin on suhtauduttava kriittisesti. Toisissa tutkimuksissa koehenkilöitä on esimerkiksi jaettu ryhmiin, joille toteutetaan tietyn ajan verran liikuntainterventiota, ja toisissa tutkimuksissa mitataan tilanne, kuten edellisen päivän askelmäärä ja verrataan enemmän ja vähemmän askeltaneiden inhibitiotuloksia. Interventiotutkimuksissa on useasti mitattu inhibition taso ennen tiettyä liikuntahetkeä (tai paikallaan olemista) ja hetken jälkeen, kun taas esimerkiksi meidän tutkimuksessamme tutkimuspäivänä inhibitiota mitattiin tietyn väliajoin pitkin päivää. Ristiriitoja tulosten välillä voi aiheuttaa myös ikäryhmän vaikutus, sillä lasten ja nuorten aivot kehittyvät vielä hyvin nopeasti, jolloin tutkimus, jossa on tutkittu kaksi vuotta vanhempia, voi antaa jo siitä syystä erilaisen tuloksen kuin tutkimus, jossa on kaksi vuotta nuorempia koehenkilöitä.

7.1 Tulosten merkitys

Kognitiivisesta toimintakyvystä on hyvä pitää huolta läpi elämän. Koska lasten aivot ovat vielä kehitysvaiheessa, niiden läpi elämän ulottuvan toiminnan muotoutumiseen voi vielä vaikuttaa. Olisi tärkeää, että lasten elämässä mukana olevat aikuiset tunnistaisivat tämän mahdollisuuden tukea lapsen aivojen kehitystä. Lasten huoltajien lisäksi tämä koskettaa suuresti myös aikuisia, jotka ovat mukana koulujärjestelmän organisaatioissa, kuten lapsia lähimpänä työskenteleviä opettajia. Lapset viettävät koulussa ajallisesti hyvin suuren osan arjestaan. Kognitiivista toimintakykyä voi toki vielä aikuisuudessakin jollain tapaa kehittää, ja vanhuudessa kognitiivisen toimintakyvyn ylläpitäminen ja heikentymisen hidastaminen nousevat tärkeiksi asioiksi.

Kansallisissa opetussuunnitelmissa lasten ja nuorten yleisen kasvun ja kehityksen tukeminen on huomioitu monin tavoin. Perusopetuksen on tarkoituksena luoda pohja oppilaiden yleissivistykselle (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, 14) ja tähän tavoitteeseen päästään perusopetukselle asetettujen monien eri tehtävien kautta. Yksi näistä on opetus- ja kasvatustehtävä (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, 18). Perusopetuksen ainoa tehtävä ei siis ole opettaa tietoja ja sisältöjä, vaan myös kehittää oppilasta tiedonkäsittelijänä ja kasvattaa hänet yhteiskunnan jäseneksi. Toiminnanohjauskyky liittyy hyvin olennaisesti kaikkiin näihin perusopetuksen tavoitteisiin.

Lasten ja nuorten aivojen toiminnalle kasautuu melko paljon odotuksia koulunkäynnin viedessä suuren osan ajasta. Sitä varten tarvitaan hyvin toimivia ja normaalisti kehittyviä aivoja. Koulunkäynnin on ajateltu kehittävän ja muokkaavan aivoja parhaalla mahdollisella tavalla ja voisi sanoa, että aivojen toiminnan kehittyminen ja koulunkäynti tukevat toinen toisiaan (Goldberg, 2022). Koulussa moni asia vaatii toiminnanohjausta ja sen vielä kehittymättömästä toiminnasta on usein negatiivisia seurauksia oppilaille itselleen. Oma oppiminen tai ymmärtäminen saattaa kärsiä, muiden luokassa opiskelevien työrauha voi heikentyä ja samalla myös opettajan työrauha häiriintyy. Näiden kaikkien syiden vuoksi oppilas saattaa saada negatiivista palautetta, usein vielä kaikkien kuullen siitä, että ei esimerkiksi pystynyt keskittymään tehtävään. Toiminnanohjauksesta erityisesti inhibitio, eli kyky kontrolloida omaa käyttäytymistä, tunteita, tarkkaavaisuutta ja ajatuksia, ja estää itselle houkutteleva reaktio ja vähentää ärsykeitä (Broomell & Ann Bell 2018; Diamond 2013) liittyy juuri tämän kaltaiseen arkiseen tilanteeseen luokassa.

Koulussa on mahdollista hyödyntää sekä liikunnan akuuttien, että kroonisten vasteiden hyötyjä. Kuten tämän pro gradun tulokset osoittivat, edeltävän päivän aikaisella fyysisellä aktiivisuudella on yhteyttä seuraavan päivän toiminnanohjaukseen, ja välituntiliikuntamahdollisuuksien luominen ja aktiivisempiin välitunteihin kannustaminen koulussa olisi yksi hyvä keino lisätä päivittäistä fyysistä aktiivisuutta. Mikäli koulussa puuttuvat oppilaita innostavat pelailumahdollisuudet, tai välituntiliikkumiseen ei ylipäätään ole koulussa kannustava ilmapiiri, jätetään akuuttien vasteiden tavoittelu ja hyödyt käyttämättä. Aiempi kirjallisuus toki osoittaa, että välitunnin aikana liikkumisella voi saada aikaan toiminnanohjauksyvyn parempaa toimintaa seuraavan oppitunnin ajaksi (Lambrick ym. 2016; Tomporowski ym. 2015, 28), joten vaikka meidän tuloksemme eivät tätä puoltaneet, on syytä huomioida, että myös sen suuntaisia tuloksia on muissa tutkimuksissa saatu.

Kroonisten vasteiden hyötyjen aikaansaamiseen on mahdollisuus vaikuttaa monin keinoin. Pro gradumme mukaan edellisen vuoden aikainen suurempi viikkotason urheilumäärä ja aiempien tutkimusten mukaan monet lapsen fyysisen kunnon hyvät ominaisuudet ennustivat parempaa toiminnanohjausta (Berrios-Aguayo ym. 2022, 85; Chaddock ym. 2022; Muntaner-Mas ym. 2022; Solis-Urra ym. 2020). Peruskouluikäisiä ajatellen erityisesti vanhemmilla ja heidän luomillaan tavoilla, asenteilla ja mahdollisuuksilla, urheiluseuratoiminnalla ja opettajilla koulun liikuntatunneilla on paljon merkitystä sille, saadaanko lapsia innostettua liikkumaan ja kasvamaan liikuntaan. Kotona vanhempien kanssa muodostetaan liikuntarutiinit ja tottumukset, lähtien esimerkiksi siitä, kuljetaanko kouluun ja harrastuksiin omin voimin vai otetaanko lyhyillekin matkoille bussi tai käydäänkö viikonloppuisin luontoretkillä vai istutaanko vain sohvalla. Kaikenlaisten rutiinien muodostumiseen on peruskouluikäisillä helpompaa vaikuttaa, kuin myöhemmin aikuisuudessa, eli kotoa opitut tavat palvelevat parhaimmassa tapauksessa myöhempääkin elämää. Urheiluseuroissa liikkuminen on lapsille monesti mielekästä, sillä siellä tapaa kavereita ja toiminnassa on usein motivoivia tavoitteita. Koululiikunnan osalta voidaan todeta, että mikäli liikuntatunneilla aktiivista toiminta-aikaa on suurin osa ajasta, kuten pitäisi, erityisesti vähän liikkuville viikkotasolla se on jo merkittävä liikunnan määrän lisääntyminen ja mahdollisesti fyysisen kunnon parantuminen. Liikuntatuntien sisältöjen toteutus ja didaktiset ratkaisut, sosiaalinen ja erityisesti psyykinen turvallisuus huomioiden, ovat opettajan käsissä.

7.2 Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitukset

Tutkimuksemme yksi merkittävimmistä rajoitteista ja luotettavuutta heikentävistä tekijöistä on pieni otoskoko, jolloin tutkimustulosten yleistettävyyttä ei välttämättä ole niin hyvä kuin suuressa otoksessa. Pieni otoskoko on rajoittava tekijä myös tilastollisten menetelmien käytössä, sillä tilastollisten testien oletukset eivät täyty parhaimmalla mahdollisella tavalla. Lisäksi pienen otoskoon myötä esimerkiksi erilaisten ryhmien jakamista analyysejä varten ei voinut toteuttaa kaikista mielekkäimmällä tavalla, kun luokitteluryhmiä saattoi muodostaa vain hyvin rajallisen määrän.

Tutkimuksen vahvuutena voidaan pitää sitä, että analysoinnissa käytössä oli kuusi eri inhibition muuttujaa. Muuttujien suuri määrä mahdollisti sen, että saimme tarkempia tuloksia inhibitioon liittyen. Lisäksi aikaisempaan tutkimuskirjallisuuteen nojaten poistimme aineistosta selvästi poikkeavat tapaukset ja liian nopeat vastaukset analysoinnin luotettavuuden lisäämiseksi. Eikä sellaisia kongruenteja ja inkongruenteja ärsykeitä, joissa oikeita vastauksia oli alle 50 % otettu mukaan tutkimukseen (Tarp 2016, 5). Pro gradussa fyysinen aktiivisuus oli yhteydessä niin kongruentteihin kuin inkongruentteihin ärsykkeisiin. Chaddockin ym. (2012, 424) mukaan toiminnanohjausta vaaditaan enemmän, kun valitaan oikea vastaus inkongruentissa, kuin kongruentissa tilanteessa (Chaddock ym. 2012, 424). Tämän perusteella inkongruenttien ärsykkeiden painoarvon voidaan ajatella olevan suurempi.

Urheilutausta oli tilastollisesti merkitsevästi positiivisesti yhteydessä inhibition inkongruenttien oikeiden vastausten reaktioaikaan. Eli mitä enemmän fyysistä aktiivisuutta oli edellisen vuoden aikana, sitä pidempi oli reaktioaika inkongruenteille vastauksille. Aikaisempi tutkimuskirjallisuus osoittaa flanker-testin lyhyen reaktioajan olevan tavallisesti yhteydessä fyysiseen aktiivisuuteen (Chaddock 2012, 426; Domazet ym. 2016, 9; Drollette ym. 2018, 18). Kuitenkin Tarpin ym. (2016, 20) tutkimuksessa heidän hypoteesinsa vastaisesti kontrolliryhmän reaktioajat olivat lyhyempiä kuin fyysisen aktiivisuuden interventioon osallistuneiden ryhmällä. BrainPANIC-tutkimuksen käytännössä toteuttaneiden henkilöiden kuvailun perusteella voimme olettaa, että kaikki tutkittavat eivät ehkä jaksaneet keskittyä kaikissa tutkimuspäivän aikaisissa flanker-testeissä. Nopeat vastaukset saattoivat siis kertoa vastaajien kärsimättömyydestä tai vastausten arvaamisesta, eivätkä niinkään nopeasta reaktioajasta. Aikaisemman tutkimuskirjallisuuden mukaan lapsilla ja nuorilla oikeiden vastausten määrän onkin todettu olevan reaktioaikaa tarkempi inhibition mittari, sillä lapset

saattavat vastata impulsiivisesti ajattelematta (Christakou ym. 2009, 231; Davidson ym. 2006, 2037). Pro gradun vahvuutena voidaan siis pitää tutkittavien, ikäryhmän ja tutkimusaiheen erityispiirteiden huomiointia.

Flanker-testi ja ActivPAL kiihtyvyyssanturit ovat yleisesti tutkimuksissa käytettyjä mittareita, siksi niitä voidaan pitää suhteellisen luotettavina. Flanker-testissä on kuitenkin mahdollisuus oppimiselle ja arvaamiselle. Lisäksi BrainPANIC-tutkimuksen fyysisen aktiivisuuden kyselylomakkeen vastaukset olivat paikoin epätarkkoja. Mahdollisuus kyselyn vastausten väärin tulkitsemiseen oli olemassa, kyselyn vastauksia ei siksi voida pitää täysin luotettavina. Pro gradu saattaa myös sisältää joitakin tekijöistä johtuvia, ei tarkoituksellisia, inhimillisiä virheitä. Tekijöitä on kuitenkin ollut kaksi, mikä vähentää mahdollisten virheiden määrää. Pro gradun teossa on myös konsultoitu useampaa tilasto- ja liikuntatieteen asiantuntijaa, mikä lisää tutkimuksen tieteellisyyttä ja luotettavuutta.

7.3 Jatkotutkimus

BrainPANIC-tutkimuksen aineiston haltija on liikuntafysiologian ammattilainen ja tämä näkökulma heijastuu myös aineiston alkuperäiseen käyttötarkoitukseen. Pro gradumme on kuitenkin tehty liikuntapedagogiikan näkökulmasta ja siksi tutkimuskysymysten asettelu on tehty myös tämän tieteenalan lähtökohdista. Liikuntapedagogiikan näkökulmasta ajateltuna liikuntamuodon ja fyysisen aktiivisuuden intensiteetin yhteyden selvittäminen inhibitioon olisi ollut mielekästä. Eri tavalla rakennetun fyysisen aktiivisuuden kyselylomakkeen avulla olisi jatkotutkimusta ajatellen mahdollista selvittää myös tutkittavien urheilutaustaa pidemmältä aikaväliltä ja selvittää siten fyysisen aktiivisuuden yhteyttä inhibitioon ja toiminnanohjaukseen vielä monipuolisemmin. Fyysisen aktiivisuuden lomakkeen kysymysten asettelun ja pienen otoskoon vuoksi pro gradussa ei kuitenkaan ollut mielekästä jakaa tutkittavia esimerkiksi urheilulajin perusteella luokkiin. Jotta fyysisen aktiivisuuden yhteyttä inhibitioon voitaisiin ymmärtää paremmin, tulisi jatkossa tehdä edelleen tutkimusta fyysisen aktiivisuuden intensiteettiin, toistuvuuteen ja liikuntamuotoon liittyen (Domazet ym. 2016, 10).

Kyselylomakkeen digitaalisuus olisi mahdollisesti lisännyt vastausten luotettavuutta. Digitaalisessa lomakkeessa väärinymmärryksiä ei tule esimerkiksi käsialan tai useiden vastausmahdollisuuksien perusteella. Pro gradussa ei hyödynnetty kyselylomakkeesta

välituntiaktiivisuutta tai koulumatkoja, koska osa vastauksista oli vaikeasti tulkittavissa. Vastausten perusteella ei myös ollut mahdollista tehdä tarpeeksi suuria ryhmiä analysointia varten. Tutkimuskirjallisuudessa on jo esitetty viitteitä sille, että askelmäärät ja istumisen katkaisu ovat yhteydessä inhibition reaktioaikaan ja oikeiden vastausten määrään (Mazzolini ym. 2019, 11). Jatkotutkimusta välituntiaktiivisuuden ja koulumatkojen yhteyksistä inhibitioon olisi siis edelleen syytä tehdä lisää.

Pro gradussa selvitimme inhibition muutosta päivän aikana, erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Fyysisen aktiivisuuden ja inhibitiotason päivän aikaisen muutoksen yhteyttä ei juuri olla aikaisemmassa kirjallisuudessa käsitelty, siksi jatkotutkimus suuremmalla otoskoollla voidaan nähdä tarpeellisena. Fyysisen aktiivisuuden avulla on mahdollista tukea inhibitiota ja peruskouluikäisten koulumenestyksen kannalta inhibition tasainen ylläpito voidaan nähdä olennaisena. Fyysinen aktiivisuus ei kuitenkaan ole ainoa inhibitiotason ylläpitoon vaikuttava tekijä. Esimerkiksi uni (Philbrook ym. 2017) ja ruokavalio (Burkhalter & Hillman 2011) ovat fyysisen aktiivisuuden lisäksi kognitiiviseen toimintaan vaikuttavia tekijöitä.

7.4 Johtopäätökset

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että peruskouluikäisten inhibitiota ja täten myös toiminnanohjausta voidaan tukea fyysisellä aktiivisuudella. Tuloksemme osoittivat, että sekä edellisenä päivänä, että edeltävänä vuotena aktiivisemmin liikkuneet nuoret pärjäsivät paremmin inhibitiota mittaavissa testeissä verrattuna passiivisempiin nuoriin. Jo pienet liikuntahetket kasvattavat päivän kokonaisaktiivisuutta, joten niin koulun välituntien aktiivisuus, taukojummat kuin vapaa-ajan arkiliikunta ovat merkityksellisiä. Lasten ja nuorten kannustaminen koulun ja kodin puolesta kulkemaan koulumatkat pyöräillen tai kävellen olisi myös yksi päivittäistä kokonaisaktiivisuutta lisäävistä keinoista.

Koululiikunnalla on merkittävä rooli elinikäisen fyysisen aktiivisuuden edistämisessä ja sen avulla voidaan parhaimmillaan tukea myös toiminnanohjausta. Urheilutausta osoittautui pro gradussamme olevan yhteydessä inhibitioon, joten mitä enemmän lapsia saadaan innostettua harrastustoimintaan ja muuhun vapaa-ajan liikuntaan, sitä todennäköisemmin heillä on edellytykset parempaan toiminnanohjaukseen, parempiin kognitiivisiin toimintoihin ja hyvinvointiin elämän eri osa-alueilla.

LÄHTEET

- Ainsworth, B., Haskell, W., Whitt, M., Irwin, M., Swartz, A., Strath, S., O'Brien, W., Basset, D., Schmitz, K., Emplaincourt, P., Jacobs, D. & Leon, A. (2000). Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medical Science of Sports Exercise* 32, 498–516. doi: 10.1097/00005768-200009001-00009.
- Amen, D., Trujillo, M., Keator, D., Taylor, D., Willeumier, K., Meysami, S. & Raji, C. (2017). Gender-based cerebral perfusion differences in 46,034 functional neuroimaging scans. *Journal of Alzheimer's Disease* 60 (2), 605–614. doi: 10.3233/JAD-170432.
- Agbaje, A. O. (2023). Associations of accelerometer-based sedentary time, light physical activity and moderate-to-vigorous physical activity with resting cardiac structure and function in adolescents according to sex, fat mass, lean mass, BMI, and hypertensive status. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 33 (8), 1399–1411. doi: 10.1111/sms.14365
- Alesi, M., Bianco, A., Luppina, G., Palma, A. & Pepi, A. (2016). Improving children's coordinative skills and executive functions: The effects of a football exercise program. *Perceptual and Motor Skills* 122 (1), 27–46. <https://doi.org/10.1177/0031512515627527>.
- Amatriain-Fernandez, S., Garcia-Noblejas, M.E. & Budde, H. (2021). Effects of chronic exercise on the inhibitory control of children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 31 (6), 1196–1208. <https://doi.org/10.1111/sms.13934>.
- Angevaren, M., Vanhees, L., Wandel-Vos, W., Verhaar, H., Aufdemkampe, G., Aleman, AA., & Verchusen, w. (2007). Intensity, but not duration, of physical activities is related to cognitive function. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation* 14 (6), 825–830. <https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e3282ef995b>.
- Baars, B.J. & Gage, N.M. (2010). *Cognition, brain and consciousness: Introduction to Cognitive Neuroscience*. 2. painos. Oxford: Elsevier.
- Balota, D.A. & Marsh, E.J. (2004). *Cognitive psychology: An overview*. Teoksessa D.A. Balota & E.J. Marsh (toim.) *Cognitive Psychology*. New York: Psychology Press, 1–19.
- Banich, M.T. (2009). Executive function: The search for an integrated account. *Current Directions in Psychological Science* 18 (2), 89–94. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01615.x>.

- Banich, M.T. & Compton, R.J. (2018). *Cognitive Neuroscience*. 4. painos. Cambridge: Cambridge University Press.
- Berrios-Aguayo, B., Latorre-Román, P.A., Salas-Sánchez, J., & Pantoja-Vallejo, A. (2022). Effect of physical activity and fitness on executive functions and academic performance in children of elementary school. A systematic review. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 17 (51), 85–103. <http://dx.doi.org/10.12800/ccd.v17i51.1699>.
- Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children’s executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review* 30 (4), 331–351. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2010.08.001>.
- Bidzan-Bluma, I. & Lipowska, M. (2018). Physical activity and cognitive functioning of children: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15 (4), 800. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040800>.
- Booth, J.N., Tomporowski, P.D., Boyle, J.M., Ness, A.R., Joinson, C., Leary, S.D. & Reilly, J.J. (2013). Associations between executive attention and objectively measured physical activity in adolescence: Findings from ALSPAC, a UK cohort. *Mental Health and Physical Activity* 6 (3), 212–219. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2013.09.002> 23.
- Borella, E., Carretti, B. & Pelegrina, S. (2010). The specific role of inhibition in reading comprehension in good and poor comprehenders. *Journal of Learning Disabilities* 43 (6), 541–552. doi: 10.1177/0022219410371676.
- Broomell, A., & Ann Bell, M. (2018). Inhibition. Teoksessa M. Bornstein (toim.), *The SAGE Encyclopedia of Lifespan Human Development*. SAGE Publications, Inc, 1151–1153. <https://dx.doi.org/10.4135/9781506307633.n434>.
- Brown, T.E. & Landgraf, J.M. (2010). Improvements in executive function correlate with enhanced performance and functioning and health-related quality of life: evidence from 2 large, double blind, randomized, placebo-controlled trials in ADHD. *Postgraduate Medicine* 122 (5), 42–51. doi: 10.3810/pgm.2010.09.2200.
- Burkhalter, T.M. & Hillman, C.H. (2011). A Narrative review of physical activity, nutrition, and obesity to cognition and scholastic performance across the human lifespan. *Advances in Nutrition* 2 (2), 201–206. doi: 10.3945/an.111.000331.
- Chaddock, L., Erickson, K.I., Shaurya Prakash, R., Kim, J. S., Voss, M. W., VanPatter, M., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Konkel, A., Hillman, C. H., Cohen, N. J. & Kramer, A. F. (2010). A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain Research* 1358, 172–183. doi:10.1016/j.brainres.2010.08.049.

- Chaddock, L., Hillman, C. H., Pontifex, M.B., Johnson, C.R., Raine, L.B. & Kramer, A.F. (2012). Childhood aerobic fitness predicts cognitive performance one year later. *Journal of Sports Sciences* 30 (5), 421–430. <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2011.647706>.
- Chaddock, L., Pontifex, M.B., Hillman, C.H. & Kramer, A.F. (2011). A review of the relation of aerobic fitness and physical activity to brain structure and function in children. *Journal of the International Neuropsychological Society* 17 (6), 975–985. doi:10.1017/S1355617711000567.
- Chau, Y., Grunseit, C., Chey, T., Stamatakis, E., Brown, J., Matthews, E., Bauman, E. & Van Der Ploeg, P. (2013). Daily sitting time and all-cause mortality: a meta-analysis. *PLOS ONE*, 8 (11), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080000>.
- Christakou, A., Halari, R., Smith, A., Ifkovits, E., Brammer, M. & Rubia, K. (2009). Sex-dependent age modulation of frontostriatal and temporo-parietal activation during cognitive control. *Neuroimage* 48 (1). doi:10.1016/j.neuroimage.2009.06.070.
- Clarkeburn, H. & Mustajoki, A. (2007). *Tutkijan arkipäivän etiikka*. Tampere: Vastapaino.
- Crescioni, A.W., Ehrlinger, J., Alquist, J.L., Conlon, K.E., Baumeister, R.F., Schatschneider, C. & Dutton, G.R. (2011). High trait self-control predicts positive health behaviors and success in weight loss. *Journal of Health Psychology* 16 (5), 750–759. doi: 10.1177/1359105310390247.
- Davenport, M.H., Hogan, D.B., Eskes, G.A., Longman, R.S. & Poulin, M.J. (2012). Cerebrovascular reserve. The link between fitness and cognitive function? *Exercise and Sport Sciences Reviews* 40 (3), 153–158. doi: 10.1097/JES.0b013e3182553430.
- Davidson, M., Amso, D., Anderson, L. & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: evidence from manipulations of memory, inhibition and task switching. *Neuropsychologia*, 44 (11). doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006.
- de Greeff, J.W., Bosker, R.J., Oosterlaan, J., Visscher, C. & Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport* 21 (5), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.595>.
- Degerman, A., Salmi, J., Alho, K. & Rinne, T. (2006). Elektroenkefalografia (EEG). Teoksessa H. Hämäläinen, M. Laine, O. Aaltonen & A. Revonsuo (toim.) *Mieli ja aivot kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Turku: Gummerrus, 105–110. 24.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology* 64 (1), 135–168. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750.

- Diamond, A. & Ling, D.S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience* 18, 34–48. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005>.
- Domazet, S., f, J., Huang, T., Gejl, A., Andersen, L., Froberg, K. & Bugge, A. (2016). Associations of physical activity, sports participation and active commuting on mathematic performance and inhibitory control in adolescents. *PLOS ONE*, 11 (1). doi: 10.1371/journal.pone.0146319.
- Donnelly, J.E., Hillman, C.H., Castelli, D., Etnier, J.L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K. & Szabo-Reed, A.N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 48 (6), 1197–1222. doi: 10.1249/MSS.0000000000000901.
- Drollette, E., Pontifex, M., Raine, L., Schudder, M., Moore, R., Kao, S.C., Westfall, D., Wu, C-T., Kamijo, K., Castelli, D., Khan, N., Kramer, A. & Hillman, C. (2018). Effects of the FITKids physical activity randomized controlled trial on conflict monitoring in youth. *Psychophysiology* 55 (3), 1–48. doi: 10.1111/psyp.13017.
- Duodecim. (2018). MET-energiainkulutuksen ja fyysisen aktiivisuuden mittari. Duodecim Terveyskirjasto. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk01039>.
- Duodecim. (2020). Konsensus 2020 Aivot ja Mieli. Viitattu 18.11.2022. <https://www.duodecim.fi/wp-content/uploads/sites/9/2020/03/Konsensuslausumaversio-1.6-3.pdf>.
- Duodecim. (2021). Maksimaalinen hapenottookyky kestävyyskunnan mittarina. Viitattu 6.4.2024. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk01038>.
- Egger, F., Benzing, V., Conzelmann, A. & Schmidt, M. (2019). Boost your brain, while having break! The effects of long-term cognitively engaging physical activity breaks on children’s executive functions and academic achievement. *PLOS ONE* 14 (3), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212482>.
- Engeroff, T., Banzer, W. & Niederer, D. (2022). The impact of regular activity and exercise intensity on the acute effects of resistance exercise on cognitive function. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 32 (1), 94-105. doi: 10.1111/sms.14050.
- Eriksen, B. A. & Eriksen, C. H. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics* 16 (1), 143-149.

- Etnier, J., Nowell, P., Landers, D. & Sibley, B. (2006). A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Research Reviews* 52 (1), 119–130.
- Fosco, W.D., Hawk Jr., L.W., Colder, C.R., Meisel, S.N. & Lengua, L.J. (2019). The development of inhibitory control in adolescence and prospective relations with delinquency. *Journal of Adolescence* 76 (1), 37–47. doi: 10.1016/j.adolescence.2019.08.008.
- Goldberg, H. G. (2022). Growing brains, nurturing minds- Neuroscience as an educational tool to support student’s development as life-long learners. *Brain Sciences* 12 (12), 1622. doi: 10.3390/brainsci12121622
- Gooderham, G., Ho, S. & Handy, T. (2020). Variability in executive control performance is predicted by physical activity. *Frontiers in human neuroscience* 13, 1–11. doi: 10.3389/fnhum.2019.00463.
- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M. & Bull, F. C. (2020). Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1·6 million participants. *The Lancet* 4 (1), 23–35. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(19\)30323-2](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(19)30323-2).
- Haapala, E. (2023). Effects of exercise on brain and vascular functions in adolescents. <https://doi.org/10.1186/ISRCTN11803379>.
- Haapala, E.A. (2013). Cardiorespiratory fitness and motor skills in relation to cognition and academic performance in children – A review. *Journal of Human Kinetics* 36 (1), 55–68. doi: 10.2478/hukin-2013-0006.
- Haerens, L., Cardon, G., Lenoir, M., Bourgo, J., De Medts, C. & Van den Berghe, L. (2014). Sophie. Teoksessa K. Armour (toim.) *Pedagogical cases in physical education and youth sport*. Hoboken: Taylor and Francis.
- Hari, R. (2006). Magnetoencefalografia. Teoksessa H. Hämäläinen, M. Laine, O. Aaltonen & A. Revonsuo (toim.) *Mieli ja aivot- kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Turku: Gummerrus, 111–117.
- Haverkamp, B.F., Oosterlaan, J., Königs, M. & Hartman, E. (2021). Physical fitness, cognitive functioning and academic achievement in healthy adolescents. *Psychology of Sport and Exercise* 57, 102060. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2021.102060>.
- Haverkamp, B.F., Wiersma, R., Vertessen, K., van Ewijk, H., Oosterlaan, J. & Hartman, E. (2020). Effects of physical activity interventions on cognitive outcomes and academic

- performance in adolescents and young adults: A meta-analysis. *Journal of Sport Sciences* 38 (23), 2637–2660. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1794763>.
- Heinonen, I., Kalliokoski, K., Hannukainen, J., Duncker, D., Nuutila, P. & Knuuti, J. (2014). Organ-specific physiological responses to acute physical exercise and long-term training in humans. *Physiology*, 29 (6), 421–436. doi: 10.1152/physiol.00067.2013.
- Hermanson, E. & Sajaniemi, N. (2018). Nuoruuden kehitys - mitä tapahtuu pinnan alla? *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 134 (8), 843–849. Viitattu 18.11.2022. <https://www.duodecimlehti.fi/duo14286> 25.
- Hillman, C., Erickson, K. & Kramer, A. (2008). Be smart exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 9 (1), 58–65. doi: 10.1038/nrn2298.
- Honore, N., Houssa, M., Volckaert, A., Noel, M.-P. & Nader-Grosbois, N. (2020). Training inhibition and social cognition in the classrooms. *Frontiers in Psychology* 11, 1974–1974. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01974>.
- Houghton, G. & Tipper, S.T. (1996). Inhibitory mechanisms of neural and cognitive control: Applications to selective attention and sequential action. *Brain and Cognition* 30 (1), 20–43. doi: 10.1006/brcg.1996.0003.
- Hsieh, S.-S., Chueh, T.-Y., Huang, C.-J., Kao, S.-C., Hillman, C.H., Chang, Y.-K. & Hung, T.-M. (2021). Systematic review of the acute and chronic effects of high-intensity interval training on executive function across the lifespan. *Journal of Sport Sciences* 39 (1), 10–22. doi: 10.1080/02640414.2020.1803630.
- Husu, P., Tokola, K., Vähä-Ypyä, H. & Vasankari, T. (2023). Liikemittarilla mitatun liikkumisen, paikallaanolon ja unen määrä. Teoksessa S. Kokko & L. Martin (toim.) *Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa. LIITU-tutkimuksen tuloksia 2022. Valtion liikuntaneuvoston julkaisuja 2023* 1. <https://www.liikuntaneuvosto.fi/wp-content/uploads/2023/03/Lasten-ja-nuorten-liikuntakayttaytyminen-Suomessa-2022-2.pdf>.
- Hämäläinen, P. & Ahonen, H. (2006). Kliininen neuropsykologinen tutkimus. Teoksessa H. Hämäläinen, M. Laine, O. Aaltonen & A. Revonsuo (toim.) *Mieli ja aivot- kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Turku: Gummerrus, 79–88.
- Janssen, I. & LeBlanc, A.G. (2010) Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 7 (40), 1–16. doi: 10.1186/1479-5868-7-40.

- Kao, S-C., Drollette, E., Ritondale, J., Khan, N. & Hillmann, C. (2018). The acute effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous exercise on declarative memory and inhibitory control. *Psychology of Sport and Exercise* 38, 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.05.01>.
- Kao, S-C., Westfall, D., Soneson, J., Gurd, B. & Hillmann, C. (2017). Comparison of the acute effects of high-intensity interval training and continuous aerobic walking on inhibitory control. *Psychophysiology*, 54 (9), 1335–1345. doi: 10.1111/psyp.12889.
- Kerr, J., Marshall, S., Patterson, R., Marinac, C., Natarajan, L., Rosenberg, D., Wasilenko, K., Crist, K. (2013). Objectively measures physical activity is related to cognitive function in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society* 61(11), 1927–1931. doi: 10.1111/jgs.12524.
- Kingston, U., Adamakis, M. & Costa, J. (2020). Acute effects of physical education, structured play, and unstructured play in children's executive functions in primary school. *Journal of Physical Education and Sport* 20 (6), 3260–3266. doi: 10.7752/jpes.2020.s6442.
- Korhonen, M., Väistö, J., Veijalainen, A., Leppänen, M., Ekelund, U., Laukkanen, J. A. Brage, S., Lintu, N., Haapala, E. A., Lakka, T. A. (2021). Longitudinal associations of physical activity, sedentary time, and cardiorespiratory fitness with arterial health in children – the PANIC study. *Journal of Sports Sciences* 39(17), 1980–1987. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1912450>.
- Käypä hoito- suositus. (2019). ADHD (aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriö). Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Lastenneurologisen yhdistys ry:n, Suomen Lastenpsykiatriyhdistyksen ja Suomen Nuorisopsykiatrisen yhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 3.11.2022. https://www.kaypahoito.fi/hoi50061#K1_Liikunta.
- Käypä hoito. (2015). Liikuntaan liittyviä määritelmiä. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Käypä hoito -johtoryhmän asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 18.11.2022. www.kaypahoito.fi.
- Lambrick, D., Stoner, L., Grigg, R. & Faulkner, J. (2016). Effects of continuous and intermittent exercise on executive function in children aged 8–10 years. *Psychophysiology* 53 (9), 1335–1342. doi: 10.1111/psyp.12688.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Loring, D. W., Hannay, H. J. & Fischer, J.S. (1995). *Neuropsychological Assessment*. 4. painos. Oxford University Press.

- Liikunta. Käypä hoito. (2015). Liikuntaan liittyviä määritelmiä. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Käypä hoito -johtoryhmän asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 18.11.2022. www.kaypahoito.fi.
- Lind, R.R., Beck, M.M., Wikman, J., Malarski, K., Krustrup, P., Lundbye-Jensen, J. & Geertsen, S.S. (2019). Acute high-intensity football games can improve children's inhibitory control and neurophysiological measures of attention. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 29 (10), 1546–1562. <https://doi.org/10.1111/sms.13485> 26.
- Ludyga, S., Gerber, M., Pühse, U., Looser, V. & Kamijo, K. (2020). Systematic review and meta-analysis investigating moderators of long-term effects of exercise on cognition in healthy individuals. *Nature Human Behavior* 4 (6), 603–612. doi: 10.1038/s41562-020-0851-8.
- Ludyga, S., Koutsandréou, F., Reuter, E.M., Voelcker-Rehage, C. & Budde, H. (2019). A randomized controlled trial on the effects of aerobic and coordinative training on neural correlates of inhibitory control in children. *Journal of Clinical Medicine* 8 (2), 1–12. doi: 10.3390/jmc8020184.
- Ludyga, S., Pühse, U., Lucchi, S., Marti, J. & Gerber, M. (2018). Immediate and sustained effects of intermittent exercise on inhibitory control and task-related heart rate variability in adolescents. *Journal of science and medicine in sport* 22 (1), 96–100. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.05.027>.
- Martin, L., Kokko, S., Villberg, J., Suomi, K. & Ng, K. (2023). Itsearvioitu liikunta-aktiivisuus, liikuntatilanteet, liikkumisympäristöt ja liikkumisen seurantalaitteet. Teoksessa S. Kokko & L. Martin (toim.) Lasten ja nuorten liikuntakäyttäytyminen Suomessa. LIITU-tutkimuksen tuloksia 2022. Valtion liikuntaneuvoston julkaisuja 2023: 1. <https://www.liikuntaneuvosto.fi/wp-content/uploads/2023/03/Lasten-ja-nuorten-liikuntakayttaytyminen-Suomessa-2022-2.pdf>.
- Mavilidi, M., Lubans, D., Eather, N., Morgan, P. & Riley, N. (2018). Preliminary efficacy and feasibility of "thinking while moving in english": A program with physical activity integrated into primary school English lessons. *Children* 5 (8), 1–13. doi: 10.3390/children5080109.
- Mazzolini, E., Teo, W., Salmon, J., Pesce, C., He, J., Ben-Soussan, T. & Barnett, L. (2019). Associations of class-time sitting, stepping and sit-to-stand transitions with cognitive functions and brain activity in children. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (9), 1–20. doi: 10.3390/ijerph16091482.

- Meijer, A., Königs, M., van der Fels, I.M.J., Visscher, C., Bosker, R.J., Hartman, E. & Oosterlan, J. (2021). The effects of aerobic versus cognitively demanding exercise interventions on executive functioning in school-aged children: A cluster-randomized controlled trial. *Journal of Sport & Exercise Psychology* 43 (1), 1–13. <https://doi.org/10.1123/jsep.2020-0034>.
- Metsämuuronen, J. (2011). Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. E-kirja. Helsinki: International Methelp, Booky, fi. Viitattu 1.1.2023.
- Mora-Gonzalez, J., Esteban-Cornejo, I., Solis-Urra, P., Migueles, J.H., Cadenas-Sanchez, C., Molina-Garcia, P., & Ortega, F.B. (2020). Fitness, physical activity, sedentary time, inhibition control, and neuroelectric activity in children with overweight or obesity: The ActiveBrains project. *Psychophysiology*, 57 (6), 1–18. doi: 10.1111/psyp.13579.
- Moreau, D., Kirk, I. & Waldie, K. (2018). High-intensity training enhances executive function in children in a randomized, placebo-controlled trial. *eLife*, 1–26. doi: <https://doi.org/10.7554/eLife.25062>.
- Muntaner-Mas, A., Mora-Gonzalez, J., Cabanas-Sanchez, V., Pintado L.B., Salmon, J., Hillman, C.H., Castro-Pinero, J., Perales, J.C., Veiga, O.L. & Esteban-Cornejo, I. (2022). Prospective associations between physical fitness and executive function in adolescents: The UP&DOWN study. *Psychology of Sport and Exercise* 61, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102203>.
- Nakagawa, T., Koan, I., Chen, C., Matsubara, T., Hagiwara, K., Lei, H., Hirotsu, M., Yamagata, H., Nakagawa, S. (2020). Regular moderate to- vigorous-intensity physical activity rather than walking is associated with enhanced cognitive functions and mental health in young adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17 (2), 1–14. doi: 10.3390/ijerph17020614.
- Närhi, V. & Korhonen, T. (2006). Toiminnanohjauksen kehitys. Teoksessa H. Hämäläinen, M. Laine, O. Aaltonen & A. Revonsuo (toim.) *Mieli ja aivot- kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Turku: Gummerrus, 261–267.
- Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisusarja 2021. (2021). Liikkumissuositus 7–17-vuotiaille lapsille ja nuorille. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-853-3>.
- Ortega, F.B., Cadenas-Sanchez, C., Lee, D.-c., Ruiz, J.R., Blair, S.N. & Sui, X. (2018). Fitness and fatness as health markers through the lifespan: An overview of current knowledge. *Progress in Preventive Medicine* 3 (2). doi: 10.1097/pp9.000000000000013.
- Palt.com. (2023). Why activPAL? Verkkosivu. Viitattu 2.1.2024. <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/17/7353>.

- Paschen, L., Lehmann, T., Kehne, M. & Baumeister, J. (2019). Effects of acute physical exercise with low and high cognitive demands on executive functions in children: A systematic review. *Pediatric Exercise Science* 31 (3), 267–281. <https://doi.org/10.1123/pes.2018-0215>.
- Peltonen, J. & Nummela, A. (2018). Kestävyys. Teoksessa K. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim.) *Fyysisen kunnon mittaaminen – käsi- ja oppikirja kuntotestaajille*. Liikuntatieteellinen Seura.
- Penning, A., Okely, A., Trost, S., Salmon, J., Cliff, D., Batterham, M., Howard, S. & Parrish, A-M. (2017). Acute effects of reducing sitting time in adolescents: a randomized cross-over study. *BMC Public Health* 17 (1), 1–11. doi: 10.1186/s12889-017-4660-6.
- Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. (2014). Opetushallitus. Määräykset ja ohjeet 2014:96. Viitattu 18.11.2022. https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf.
- Philbrook, L. E., Hinnant, J. B., Elmore-Staton, L., Buckhalt, J. A., El-Sheikh, M. (2017). Sleep and cognitive functioning in childhood: Ethnicity, socioeconomic status, and sex as moderators. *Developmental Psychology* 53 (7), 1276–1285. <https://doi.org/10.1037/dev0000319>.
- Pindus, D. M., Drollette, E. S., Scudder, M. R., Khan, N. A., Raine, L. B., Sherar, L. B., Esliger, D. W., Kramer, A. F. & Hillman, C. H. (2016). Moderate to vigorous physical activity, indices of cognitive control, and academic achievement in preadolescents. *The Journal of Pediatrics* 173, 136–142. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.02.045>.
- Pindus, D. M., Shigeta, T. T., Leahy, A. A., Mavilidi, M. F., Nayak, A., Marcozzi, D., Montero-Herrera, B., Abbas, Z., Hillman, C. H. & Lubans, D. R. (2023). Sex moderates the associations between physical activity intensity and attentional control in older adolescents. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 33 (5), 737–753. <https://doi-org.ezproxy.jyu.fi/10.1111/sms.14311>.
- Reyes-Amigo, T., Bezerra, A., Gomez-Mazorra, M., Boppre, G., Martins, C., Carrasco-Beltran, H., Cordero-Roldan, E. & Mota, J. (2022). Effects of high-intensity interval training on executive functions in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Physical Activity Review* 10 (2), 77–87. doi: 10.16926/par.2022.10.23.
- Ridderinkhof, K., van der Wildenberg, W., Wijnen, J. & Burle, B. (2004). Response inhibition in conflict tasks is revealed in delta plots. *Cognitive Neuroscience of Attention*, 1–6. <http://www.wery.dds.nl/publications/Ridderinkhof.ea.Posner.CognNeuroAtt.pdf>.

- Rinne, T., Salmi, J., Degerman, A. & Alho, K. (2006). Toiminnallinen magneettiresonanssikuvaus. Teoksessa H. Hämäläinen, M. Laine, O. Aaltonen & A. Revonsuo (toim.) *Mieli ja aivot- kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Turku: Gummerrus, 125–129. 27.
- Röthlisberger, M., Neuenschwander, R., Cimeli, P., Michel, E. & Roebbers, C.M. (2011). Improving executive functions in 5- and 6-year-olds: Evaluation of a small group intervention in prekindergarten and kindergarten children. *Infant and Child Development* 21 (4), 411–429. <https://doi.org/10.1002/icd.752>.
- Ruiter, M., Eielts, C., Loyens, S. & Paas, F. (2019). Comparing cognitive control performance during seated rest and self-paced cycling on a desk bike in preadolescent children. *Journal of Physical Activity and Health* 16 (7), 533–539. <https://doi.org/10.1123/jpah.2017-0437>.
- Schantz, P., Olsson, E., Salier Eriksson, J. & Rosdahl, H. (2022). Perspectives on exercise intensity, volume, step characteristics and health outcomes in walking for transport. *Frontiers in public health* 10, 1–19. doi: 10.3389/fpubh.2022.911863.
- Shvartz, E. & Reibold, R.C. (1990). Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: a review. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 61 (1), 3–11. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2405832/>.
- Solis-Urra, P., Sanchez-Martinez, J., Olivares-Arancibia, J., Castro Pinero, J., Sadarangani, K.P., Ferrari, G., Rodriguez-Rodriguez, F., Gaya, A., Fochesatto, C.F. & CristiMontero, C. (2021). Physical fitness and its association with cognitive performance in Chilean schoolchildren: The cogni-action project. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 31 (6), 1352–1362. doi: 10.1111/sms.13945.
- Sriramatr, S. & Maphong, R. (2022). The acute effects of actively play on the executive functions of Thai children. *Physical Activity Review* 10 (1), 1–9. doi: 10.7752/jpes.2020.s6442.
- Steeves, J., Bowles, H., McClain, J., Dodd, K., Brychta, R., Wang, J. & Chen, K. (2015). Ability of thigh-worn ActiGraph and activPAL monitors to classify posture and motion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47 (5), 1–18. doi: 10.1249/MSS.0000000000000497.
- Syväoja, H. J., Tammelin, T.H., Ahonen, T., Kankaanpää, A. & Kantomaa, M.T. (2014). The associations of objectively measured physical activity and sedentary time with cognitive functions in school-aged children. *PLOS ONE* 9 (7), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103559>.

- Tarp, J., Domazet, S., Froberg, K., Hillman, C.H., Andersen, L.B. & Bugge, A. (2016). Effectiveness of a school-based physical activity intervention on cognitive performance in Danish adolescents: Locomotion – learning, cognition and motion – a cluster randomized controlled trial. *PLOS ONE* 11(6), 1–19. doi: 10.1371/journal.pone.0158087.
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. (2020). Elintavat ja ravitsemus. Liikunnan terveyshyödyt. Viitattu 18.11.2022. <https://thl.fi/fi/web/elintavat-ja-ravitsemus/liikunta/liikunnanterveyshyodyt>.
- Tomprowski, P. D., McCullick, B. A., Pesce, C. (2015). *Enhancing Children’s Cognition With Physical Activity Games*. 1. painos. Illinois: Human Kinetics.
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta (2023). Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan julkaisuja 2/2023. https://tenk.fi/sites/default/files/2023-03/HTK-ohje_2023.pdf.
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta (2019). Ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet. Ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet ja ihmistieteiden eettinen ennakoarviointi Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 3/2019, 7–13. https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/Ihmistieteiden_eettisen_ennakoarvioinnin_ohje_2019.pdf.
- Tremblay, M. S., LeBlanc, A. G., Kho, M. E., Saunders, T. J., Larouche, R., Colley, R. C., Goldfield, G. & Gorber, S. C. (2011). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 8 (98), 1–22. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-98>.
- Tähtinen, J., Laakkonen, E. & Broberg, M. (2020). Tilastollisen aineiston käsittelyn ja tulkinnan perusteita. Turun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan julkaisusarja C 22. https://www.utupub.fi/bitstream/handle/10024/149687/Tilastollisen_aineiston_kasittelyn_ja_tulkinnan_perusteita_2020.pdf?sequence=5&isAllowed=y.
- van der Niet, A.G., Smith, J., Oosterlaan, J., Scherder, E.J.A., Hartman, E. & Visscher, C. (2016). Effects of a cognitively demanding aerobic intervention during recess on children’s physical fitness and executive functioning. *Pediatric Exercise Science* 28 (1), 64–70. <http://dx.doi.Org/10.1123/pes.2015-0084> 28.
- Visier-Alfonso, M.E., Sanchez-Lopez, M., Alvarez-Bueno, C., Ruiz-Hermosa, A., NietoLopez, M. & Martinez- Vizcaino, V. (2021). Mediators between physical activity and academic

- achievement: A systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 33 (3), 452–464. doi: 10.1111/sms.14107.
- Volckaert, A.M.S. & Noel, M.-P. (2015). Training executive function in preschoolers reduce externalizing behaviors. *Trends in Neuroscience and Education* 4 (1-2), 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2015.02.001>.
- Vuoksima, E. (2019). Kognitiivisten toimintojen muutokset – mikä on ikääntymistä, mikä sairautta? *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 135 (11), 1075–1084. Viitattu 30.11.2022. <https://www.duodecimlehti.fi/duo14952>.
- Vuori, I. (2016). Liikunta, kunto ja terveys. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. Kujala. (toim.) *Liikuntalääketiede*. 3–8. painos. Helsinki: Duodecim, 16–29.
- World Health Organization. (2020). WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/336656/9789240015128-eng.pdf?sequence=1>.
- Zeng, X., Cai, L., Wong, S., Lai, L., Lv, Y., Tan, W., Jing, J. & Chen, Y. (2021). Association of sedentary time and physical activity with executive function among children. *Academic Pediatrics*, 21 (1), 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.acap.2020.02.027>.
- Zhou, S., Xiong, S., Cheng, W. & Wang, Y. (2019). Flanker paradigm contains conflict and distraction factors with distinct neural mechanisms: an ERP analysis in a 2-1 mapping task. *Cognitive Neurodynamics* 13 (4), 341–356. doi: 10.1007/s11571-019-09529-w.
- Zinelabidine, K., Elghoul, Y., Jouira, G. & Sahli, S. (2022). The effect of an 8-week aerobic dance program on executive function in children. *Perceptual and Motor Skills* 129 (1), 153–175. <https://doi.org/10.1177/00315125211058001>.

