Tampereen yliopisto

Anton Lindroth ja Petra Tuominen

EDELLISEN YÖN UNI JA TOIMINNANOHJAUS ESIKOULUIÄSSÄ

Unen makrorakenteen yhteys toiminnanohjaukseen

Yhteiskuntatieteiden tiedekunta
Pro gradu -tutkielma
Elokuu 2025

TIIVISTELMÄ

Anton Lindroth ja Petra Tuominen: Edellisen yön uni ja toiminnanohjaus esikouluiässä – Unen makrorakenteen yhteys toiminnanohjaukseen
Pro gradu -tutkielma
Tampereen yliopisto
Psykologian tutkinto-ohjelma
Elokuu 2025

Toiminnanohjauksella viitataan korkeamman asteen kognitiivisiin toimintoihin, jotka mahdollistavat oman toiminnan sopeuttamisen ympäristön asettamiin vaatimuksiin. Toiminnanohjaus kehittyy nopeasti varhaislapsuudessa, ja jo viiden vuoden iässä sitä voidaan tutkia luotettavasti. Erityisesti esikouluiässä toiminnanohjauksen kehityksessä tapahtuu merkittäviä muutoksia. Unen keston, laadun ja rakenteen on havaittu vaikuttavan toiminnanohjaukseen. Näiden unen piirteiden ja toiminnanohjauksen välistä yhteyttä on kuitenkin tutkittu toistaiseksi vähän kouluikää nuoremmilla lapsilla, joille uni on erityisen tärkeää kehityksen ja joustavan toiminnan kannalta. On myös viitteitä siitä, että jo edellisen yön unella voi olla vaikutusta toiminnanohjaukseen. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten edellisen yön unen kesto, tehokkuus ja makrorakenne ovat yhteydessä toiminnanohjaukseen esikouluikäisillä lapsilla. Koska edellisen yön unen vaikutuksista toiminnanohjaukseen tiedetään tässä ikäryhmässä vain vähän, on näiden yhteyksien tarkempi selvittäminen tärkeää.

Tutkimuksen aineisto oli osa Lapsen uni ja terveys -tutkimuskohorttia, johon kuuluu Pirkanmaalla vuosina 2011–2013 syntyneitä lapsia. Tutkimuksemme otos koostui kahdesta alaotoksesta, jotka kerättiin vuosina 2017–2019. Lopulliseen aineistoon sisältyi 44 esikouluikäistä, 5–7-vuotiasta lasta. Unta mitattiin yhden yön unipolygrafialla, ja toiminnanohjausta arvioitiin ennen mittausyötä sekä seuraavana aamuna NEPSY-II-testistön osatehtävillä sanojen keksiminen, kuvioiden keksiminen ja visuomotorinen tarkkuus. Yhdistimme näiden tehtävien standardipisteet toiminnanohjausta kuvaavaksi summamuuttujaksi. Unen ja toiminnanohjauksen välisiä yhteyksiä tarkastelimme lineaarisen regressioanalyysin avulla.

Tässä tutkimuksessa NREM3-vaihe oli tilastollisesti merkitsevässä positiivisessa yhteydessä toiminnanohjaukseen siten, että suurempi NREM3-unen osuus selitti parempaa toiminnanohjaussuoriutumista. Lisäksi havaitsimme NREM2-vaiheen ja toiminnanohjauksen välillä negatiivisen yhteyden, eli pienempi NREM2-unen osuus selitti parempaa suoriutumista. Jälkimmäinen tulos ei kuitenkaan säilynyt merkitsevänä, kun analyyseissä huomioitiin otosryhmä ja lapsen ikä. Unen kesto, tehokkuus tai NREM1- ja REM-univaiheet eivät olleet tilastollisesti merkitsevässä yhteydessä toiminnanohjaukseen.

Tutkimuksemme tarjoaa uutta tietoa edellisen yön unen ja toiminnanohjauksen välisistä yhteyksistä esikouluiässä. Tulosten perusteella unen makrorakenteella, erityisesti syvällä unella, on yhteys toiminnanohjaukseen. Tämä yhteys voidaan havaita pelkästään edellistä yötä tarkasteltaessa. Sen sijaan edellisen yön unen kesto ja tehokkuus eivät näyttäisi olevan yhteydessä toiminnanohjaukseen tässä ikäryhmässä. Tulokset viittaavat siihen, että vaikka lapsi nukkuisi riittävästi, unen hienovaraisemmat piirteet voivat vaikuttaa toiminnanohjaukseen edellisen yön aikana. Jatkotutkimuksissa tulisi tarkastella erityisesti unen mikrorakennetta, sillä se voi tarkentaa makrorakenteen tasolla havaittuja yhteyksiä. Lisäksi tulisi tutkia unen makrorakenteen merkitystä erityisryhmissä, kuten lapsilla, joilla on tarkkaavuuden vaikeuksia, sillä he voivat olla herkempiä edellisen yön unen vaikutuksille. Unen manipulointi voi myös syventää ymmärrystä unen ja toiminnanohjauksen välisestä yhteydestä.

Avainsanat: toiminnanohjaus, uni, unipolygrafia, unen makrorakenne, esikouluikä

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

TEKOÄLYN KÄYTTÖ OPINNÄYTTEESSÄ

Opinnäytteessäni on käytetty tekoälysovelluksia:

☐ Ei
☒ Kyllä

Ilmoitukseni mukaan olen käyttänyt opinnäytteessäni tutkielmaprosessin aikana seuraavia tekoälysovelluksia:

Tekoälysovellusten nimi ja versio:

ChatGPT – Open AI (o3 mini, 4o ja 4o mini)
Scopus AI – Elsevier (versiot 1/2025–4/2025)

Käyttötarkoitus:

Tekoälyä on käytetty hakutermien muodostamiseen ja tiedonhakuun. Olemme esimerkiksi pyytäneet tekoälyä muodostamaan tietokantoihin soveltuvia hakulausekkeita, joiden perusteella olemme etsineet tieteellisiä artikkeleita opinnäytetyömme lähdemateriaaliksi. Lisäksi olemme pyytäneet tekoälyä kääntämään englanninkielistä lähdemateriaalia suomeksi, minkä jälkeen olemme kirjoittaneet sisällön tekstiin omin sanoin. Tekoälyä on hyödynnetty myös tilastoanalyysien suunnittelussa, osin R-koodin koostamisessa, R-ohjelmiston tulosteiden tulkinnassa sekä R-ohjelmistoon liittyvien ongelmatilanteiden ratkaisussa. Esimerkiksi olemme kysyneet tekoälyltä, miten tietyt analyysimenetelmät soveltuvat aineistoomme ja miten ne kannattaa toteuttaa R-ohjelmistossa. Tekoälyä on myös hyödynnetty kielenhuollossa. Olemme esimerkiksi kysyneet tekoälyltä ehdotuksia selkeämpiin lauserakenteisiin sekä muihin rakenteellisiin seikkoihin.

Osiot, joissa tekoälyä on käytetty:

Tekoälyä on hyödynnetty vaihtelevasti opinnäytetyön johdanto-, menetelmät-, tulokset- ja pohdinta -osioissa. Kielenhuollon apuna tekoälyä on käytetty työn jokaisessa osiossa. Tiedonhakuun tekoälyä on pääasiassa käytetty työn johdanto- ja pohdinta- osioissa. Menetelmät- ja tulokset -osioissa tekoälyä on hyödynnetty tilastoanalyysien tukena.

Olemme tietoisia siitä, että olemme täysin vastuussa koko opinnäytteemme sisällöstä, mukaan lukien tekoälyllä tuotetut osat, ja hyväksymme vastuun mahdollisista eettisten ohjeiden rikkomuksista.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO 1

1.1 Lapsen unen kehitys ja unen tutkiminen 1

1.2 Kognitiiviset toiminnot ja toiminnanohjaus lapsuudessa 4

1.3 Unen merkitys kognitiivisille toiminnoille ja toiminnanohjaukselle 6

1.4 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit 8

2. MENETELMÄT 9

2.1 Aineisto ja tutkittavat 9

2.2 Menetelmät ja muuttujat 11

2.3 Aineiston analysointi 14

3. TULOKSET 15

3.1 Kuvailevat tulokset 15

3.2 Unen yhteys toiminnanohjaukseen 17

4. POHDINTA 18

4.1 Unen keston ja tehokkuuden yhteys toiminnanohjaukseen 19

4.2 Unen makrorakenteen yhteys toiminnanohjaukseen 20

4.3 Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitukset 22

4.4 Jatkotutkimustarpeet 23

4.5 Johtopäätökset 24

LÄHTEET 26

1. JOHDANTO

Riittävä uni tukee ihmisen psykologista, biologista ja sosiaalista kehitystä. Lapsuudessa unella on erityisen suuri merkitys, sillä sitä tarvitaan fyysisen kasvun lisäksi myös hermoston kypsymiseen ja kognitiivisten toimintojen kehittymiseen (Schlieber & Han, 2021). Varhaislapsuudessa nukutaan enemmän kuin missään muussa elämänvaiheessa, mikä osaltaan kuvastaa unen keskeistä roolia lapsen kehityksessä (Galland ym., 2012; Iglowstein ym., 2003). Ajatellaankin, että riittävä uni mahdollistaa joustavan toiminnan ja uuden oppimisen lapsuudessa. Yksi keskeinen osa lapsen kognitiivista kehitystä on toiminnanohjaus, jonka kehityksessä esikouluikä on keskeinen ikävaihe. Toiminnanohjaustaitojen riittävä hallinta on tärkeää koulutaitojen omaksumisen ja sosiaalisen sopeutumisen kannalta. Esikouluikä onkin kehityksellisesti kriittinen ajanjakso, jonka aikana lapsen tulee oppia sopeutumaan paremmin ympäristön asettamiin vaatimuksiin.

Aiempi tutkimus on osoittanut, että uni vaikuttaa toiminnanohjaukseen. Tutkimus on kuitenkin keskittynyt tarkastelemaan unen vaikutuksia pitkällä aikavälillä. Sen sijaan pelkästään edellisen yön unen vaikutuksia on tarkasteltu verrattain vähän esikouluikäisten lasten kontekstissa. Ymmärtääksemme paremmin yksittäisen yön unen ja toiminnanohjauksen kehityksellistä merkitystä esikouluikäisillä lapsilla, tarkastelemme tutkimuksessamme näiden välistä yhteyttä tässä ikävaiheessa. Tarkoituksenamme on selvittää, miten edellisen yön unen kesto, laatu ja rakenne ovat yhteydessä esikouluikäisten lasten toiminnanohjaukseen. Asetelmamme, jossa toiminnanohjausta arvioidaan unen mittausyötä edeltävänä iltana ja uudelleen seuraavana aamuna mahdollistaa tarkemman tavan tarkastella unen lyhytaikaisia vaikutuksia esikouluiässä.

1.1 Lapsen unen kehitys ja unen tutkiminen

Unen kesto, laatu ja rakenne muuttuvat merkittävästi lapsuuden aikana (Ohayon ym., 2004; Scholle ym., 2011). Vastasyntyneet nukkuvat suurimman osan vuorokaudesta (Galland ym., 2012; Iglowstein ym., 2003), mikä korostaa unen merkitystä varhaisessa aivojen kehityksessä. Unen kesto kuitenkin lyhenee nopeasti ensimmäisen puolen vuoden aikana, ja jatkaa lyhenemistä vaiheittain läpi lapsuuden (Galland ym., 2012; Iglowstein ym., 2003; Scholle ym., 2011; Stores ym., 1998). Ensimmäisten elinkuukausien aikana uni myös jakautuu tasaisesti yö- ja päiväaikaan. Uni on vielä katkonaista, jolloin lapsi nukkuu vain lyhyitä jaksoja kerrallaan. Iän myötä uni muuttuu yhtenäisemmäksi sekä

alkaa painottua yöaikaan (Iglowstein ym., 2003; Paavonen ym., 2020). Tätä unen yhtenäistymistä kutsutaan unen konsolidoitumiseksi, joka kehittyy nopeasti ensimmäisen elinvuoden aikana (Henderson ym., 2011).

Esikouluikä on merkittävä vaihe unen kehityksessä, sillä kyseisessä ikävaiheessa lasten nukkumistottumukset muuttuvat. Tällaisia muutoksia ovat muun muassa päiväunien jääminen vähitellen pois, jolloin lapset alkavat nukkumaan vain öisin (Iglowstein ym., 2003). Tässä siirtymässä esiintyy kuitenkin yksilöllistä vaihtelua. National Sleep Foundationin mukaan esikouluikäisten lasten suositeltu unen kesto on 10–13 tuntia yössä, ja kouluikäisten 9–11 tuntia. (Hirshkowitz ym., 2015). Unen riittävä määrä on tärkeää, sillä sekä liian vähäinen uni että liiallinen uni on yhdistetty erilaisiin haitallisiin terveysongelmiin (Gao ym., 2022). On kuitenkin tärkeää huomioida, että unen keston tarve vaihtelee yksilöllisesti, ja osa lapsista saattaa nukkua suositeltua enemmän tai vähemmän ilman haittavaikutuksia.

Unelle on ominaista vähentynyt motorinen aktiivisuus, vähentynyt vuorovaikutus ympäristön kanssa, tietyssä asennossa oleminen sekä helppo palautuvuus hereille (Jiang, 2020). Uni koostuu REM (rapid eye movement) -unesta ja NREM (non-rapid eye movement) -unesta (Himanen & Toppila, 2019), joista kumpaankin liittyy selvästi erillinen aivosähkötoiminnan malli. REM-unelle tunnusomaisia ovat nopeat silmänliikkeet, matala lihasjännite ja eläväisten unien näkeminen, kun taas NREM-unen uskotaan toimivan ensisijaisesti levollisena ja palauttavana unen vaiheena. NREM-unen aikana aivojen säätelykyky on edelleen aktiivinen ja kehon liikkeet säilyvät. NREM-uni jaetaan kolmeen vaiheeseen (NREM1, NREM2 ja NREM3) aivosähkötoiminnan ja unen syvyyden perusteella. Syvin vaihe, NREM3, tunnetaan myös hidasaaltounena (slow wave sleep, SWS) tai syvänä unena. NREM1- ja NREM2-vaiheet luokitellaan puolestaan kevyeksi uneksi (light sleep). REM- ja NREM-uni vuorottelevat sykleittäin koko yön ajan, mitä kutsutaan ultradiaaniseksi rytmiksi. Alkuyöstä syvän unen osuus on suurempi ja REM-unen osuus pienempi. Yön edetessä syvän unen osuus vähenee ja REM-unen osuus kasvaa. Tämä unen eri vaiheiden järjestäytyminen tunnetaan unen makrorakenteena, kun taas unen mikrorakenne kuvaa unen hienovaraisempia piirteitä.

Vastasyntyneillä NREM-unen tunnusmerkit eivät ole vielä täysin kehittyneet, minkä vuoksi heidän untaan ei voida luokitella tavanomaisesti REM- ja NREM-unen vaiheisiin (Himanen ym., 2019). Lisäksi vastasyntyneillä esiintyy välimuotoista unta, joka ei sovi tyypillisiin uniluokituksiin. Tästä syystä alle kahden kuukauden ikäisten lasten uni luokitellaan NREM-, REM- ja transitionaalisen unen vaiheisiin (Troester ym., 2023). Noin kahden kuukauden iässä REM- ja NREM-uni alkavat erottua selkeämmin, ja NREM-unen jakaminen kolmeen vaiheeseen on mahdollista 4–6 kuukauden iässä (Grigg-Damberger ym., 2007). Tällöin unisykleissä on jo nähtävissä aikuisten unta vastaava rakenne, vaikka lapsilla syklit ovat lyhyempiä ja toistuvat useammin yön

aikana (Scholle ym., 2011). Unen rakenne kehittyy edelleen lapsuuden aikana, ja eri univaiheiden suhteellinen osuus muuttuu. Esimerkiksi sekä REM- että NREM3-unen osuudet vähenevät iän myötä (Gaudreau ym., 2001; Ohayon ym., 2004; Scholle ym., 2011; Stores ym., 1998).

Unen kestoa ja laatua tarkastellaan yleensä erikseen. Unen laatua voidaan arvioida esimerkiksi tutkimalla unilatenssia eli nukahtamisaikaa, heräämisten määrää, unen alkamisen jälkeisten heräämisten kestoa (wake after sleep onset, WASO), ja unen tehokuutta. Näiden lisäksi voidaan tarkastella myös yksilön omaa arviota unensa laadusta. Unen tehokkuudella tarkoitetaan sängyssä vietetyn ajan suhdetta varsinaiseen nukkumiseen käytettyyn aikaan, ja sitä voidaan pitää keskeisenä unen laadun mittarina. Unen tehokkuus lisääntyy varhaisten vuosien aikana, kun unen aikaiset heräilyt ja niiden kesto vähenevät (Scholle ym., 2011). National Sleep Foundationin mukaan vähintään 85 % tehokkuus ilmaisee hyvää unen laatua kaiken ikäisillä, ja alle 74 % tehokkuus taas merkitsee heikkoa unen laatua (Ohayon ym., 2017). Unen laadun arvioinnissa voidaan hyödyntää lisäksi myös tietoa unen rakenteesta. Esimerkiksi National Sleep Foundationin mukaan heikkoa unenlaatua esikouluiässä ilmentävät alle 11 % osuus REM-unta ja NREM3-unta sekä yli 20 % osuus NREM1-unta ja yli 81 % osuus NREM2-unta.

Lapsen unta voidaan arvioida subjektiivisilla ja objektiivisilla menetelmillä, joilla saadaan erilaista, toisiaan täydentävää tietoa. Arviointimenetelmän valintaan vaikuttaa se, mitä unen ominaisuutta halutaan tutkia. Subjektiivisia menetelmiä ovat esimerkiksi unipäiväkirjat ja kyselylomakkeet, jotka lapsen vanhempi yleensä täyttää. Objektiivisia menetelmiä ovat esimerkiksi unipolygrafia (polysomnography, PSG) ja aktigrafia, eli liikerekisteröinti. Subjektiivisilla menetelmillä voidaan saada kustannustehokkaasti hyödyllistä laadullista tietoa unesta. Subjektiivisten menetelmien antamaa tietoa tulkittaessa tulee kuitenkin huomioida, että vanhemman saattaa olla haastavaa havaita joitakin lapsen uneen liittyviä ilmiöitä, kuten yöheräämisiä (Iwasaki ym., 2010; Sadeh, 2015). Lisäksi on havaittu, että vanhempien raportoimana unijaksot ovat usein pidempiä kuin objektiivisilla menetelmillä mitattuina (Iwasaki ym., 2010). Objektiiviset menetelmät voivat puolestaan tarjota tarkempaa määrällistä tietoa unen kestosta ja laadusta kuin subjektiiviset menetelmät. Lisäksi ne mahdollistavat unen rakenteeseen liittyvien tekijöiden arvioinnin. Unipolygrafia on alan vakiintunut ja laajin unen mittausmenetelmä, jossa lapsen fysiologisia toimintoja seurataan yön aikana hänen nukkuessaan (Himanen ym., 2019). Se toteutetaan yleensä unilaboratoriossa, mutta voidaan toteuttaa myös tutkittavan kotona. Unipolygrafian aikana voidaan seurata muun muassa aivosähkökäyrää (EEG), sydänsähkökäyrää (EKG), silmänliikkeitä (EOG), hengitystä, veren happipitoisuutta, verenpainetta, raajojen liikehdintää sekä lihassähkökäyrää (EMG). On kuitenkin tärkeää huomioida, että unipolygrafian on havaittu heikentävän subjektiivisesti arvioitua unen kestoa ja laatua (Pedersen ym., 2023). Unilaboratoriossa ensimmäistä yötä nukkuvilla

lapsilla onkin havaittu niin sanottu ensimmäisen yön vaikutus (first night effect, FNE), jossa uusi ympäristö ja laitteet vaikuttavat unen kestoon ja laatuun (Scholle ym., 2003). Vaikuttaa kuitenkin siltä, että kotona nukkuvilla samanlaista ilmiötä ei ole havaittavissa (Pedersen ym., 2023; Stores ym., 1998). Lisäksi unipolygrafia on useimmiten rajoittunut vain yhteen yöhön, joten sen perusteella ei välttämättä saada todenmukaista kuvaa lapsen tavallisesta unesta. Unipolygrafia on kuitenkin monipuolinen menetelmä, joka mahdollistaa unen rakenteen tarkan mittaamisen ja on siksi keskeinen tutkimusväline unitutkimuksessa.

1.2 Kognitiiviset toiminnot ja toiminnanohjaus lapsuudessa

Kognitiivisilla toiminnoilla viitataan tiedonkäsittelytoimintoihin, kuten muistiin, tarkkaavuuteen, havaitsemiseen sekä kielellisiin ja visuaalisiin päättelytoimintoihin. Keskeisenä tiedonkäsittelyn osa-alueena voidaan pitää toiminnanohjaustoimintoja, jotka mahdollistavat muun muassa keskittymisen, tarkkaavuuden suuntaamisen, itsehillinnän sekä ympäristöön mukautumisen (Diamond, 2013; Miller & Cohen, 2001). Toiminnanohjaus on kattokäsite useille tavoitteellisen toiminnan säätelyyn liittyville korkeamman tason kognitiivisille toiminnoille, jotka auttavat yksilöä sopeutumaan muuttuviin ympäristön vaatimuksiin. Toiminnanohjaus voidaan jakaa niin sanottuihin kuumiin ja kylmiin toimintoihin (hot & cool executive functions) (Zelazo & Müller, 2010). Kuumat toiminnanohjaustoiminnot korostuvat tilanteissa, joissa yksilön tulee hillitä toimintaansa tunteiden tai houkutusten varassa. Kylmät toiminnot puolestaan eivät sisällä vastaavaa emotionaalista ulottuvuutta. Lapsuuden toiminnanohjaustoiminnoilla on todettu olevan merkittäviä yhteyksiä yksilön kehitykseen ja elämänlaatuun. Esimerkiksi jo neljän vuoden iässä mitatut toiminnanohjaustoiminnot ovat yhteydessä myöhempiin koulutaitoihin, kuten matemaattisiin taitoihin (Clark ym., 2010; Schmitt ym., 2017). Lapsuuden impulssikontrollin on myös havaittu ennustavan esimerkiksi fyysistä terveyttä ja taloudellista tilannetta aikuisuudessa (Moffitt ym., 2011).

Toiminnanohjauksen voidaan katsoa koostuvan kolmesta ydin osa-alueesta: impulssikontrolli, työmuisti ja kognitiivinen joustavuus (Diamond, 2013; Lehto ym., 2003; Miyake ym., 2000). Impulssikontrolli viittaa kykyyn hillitä toimintaa sekä suunnata tarkkaavuutta pois epäolennaisista ärsykkeistä. Työmuisti puolestaan käsittää kyvyn pitää ja manipuloida tietoa mielessä tavoitteellisen toiminnan aikana. Kognitiivinen joustavuus kattaa kyvyn vaihtaa ajattelu- tai toimintatapaa tilanteen vaatimusten mukaisesti. Kognitiivinen joustavuus rakentuu kahden muun osa-alueen varaan siten, että uuden toimintatavan suorittaminen edellyttää vanhan toimintatavan hillintää ja uuden

toimintatavan keksimistä (Diamond, 2013; Garon ym., 2008). Muut korkeamman tason kognitiiviset toiminnot, kuten ongelmanratkaisu, riippuvat näiden kolmen toiminnanohjauksen osa-alueen toiminnasta (Collins & Koechlin, 2012; Miyake ym., 2000). Esikouluikää nuoremmilla lapsilla toiminnanohjaus näyttäytyy usein yhtenä kokonaisuutena, jonka osa-alueiden oletetaan eriytyvän kehityksen myötä (Ibbotson, 2023; Lehto ym., 2003; Messer ym., 2022; Shing ym., 2010; Wiebe ym., 2008). Tulokset siitä, miten ja missä iässä eriytyminen tapahtuu, ovat kuitenkin olleet ristiriitaisia. Vaikuttaisi siltä, että lapsuudessa voidaan tunnistaa kahden osa-alueen rakenne toiminnanohjauksessa (Lee ym., 2013). Impulssikontrolli ja kognitiivinen joustavuus muodostavat tällöin yhden osa-alueen, työmuisti toisen. Teini-ikään tultaessa impulssikontrolli ja kognitiivinen joustavuus kuitenkin eriytyvät omiksi osa-alueikseen, jolloin voidaan tunnistaa kolmen osa-alueen rakenne. Toiminnanohjaus kehittyy etuotsalohkon kypsyessä vielä varhaisaikuisuuteen saakka (Ferguson ym., 2021; Tervo-Clemmens ym., 2023). Kuitenkin jo viiden vuoden iässä toiminnanohjaus on kehittynyt sille tasolle, että sitä pystytään luotettavasti tutkimaan (Carlson, 2005; Garon ym., 2008; McKenna ym., 2017).

Ensimmäiset merkit impulssikontrollista voidaan havaita jo kuuden kuukauden iässä (Holmboe ym., 2018). Impulssikontrolli kehittyy edelleen varhaisten vuosien aikana, mutta kehitystahti hidastuu esikouluiän loppua kohden (Geeraerts ym., 2021; Moilanen ym., 2010). Esimerkiksi viisivuotiaana lapsi kykenee lykkäämään välitöntä tyydytystä huomattavasti paremmin kuin nuorempana (Carlson, 2005). Lisäksi viiden vuoden iässä lapsen kyky hillitä ensimmäistä impulssiaan ja toimia vaihtoehtoisella tavalla on aiempaa nopeampaa (Carlson, 2005; Hughes & Ensor, 2007). Impulssikontrollitehtävien on kuitenkin havaittu olevan nuorille lapsille yleisesti hyvin hankalia (Diamond, 2013). Davidson ja kollegat (2006) havaitsivat, että impulssikontrollivaatimukset vaikuttavat 4–9-vuotiaiden lasten suoriutumiseen kognitiivisissa tehtävissä enemmän kuin työmuistin kuormituksen lisääminen.

Orastavat työmuistikyvyt alkavat kehittyä varhain. Jo alle kuuden kuukauden ikäiset lapset pystyvät pitämään mielessään tietoa lyhyellä viiveellä (Pelphrey ym., 2004). Työmuistin kapasiteetti laajenee läpi varhaislapsuuden, kun mielessä pidetyn aineksen enimmäismäärä kasvaa (Carlson, 2005; Gathercole ym., 2004; Roman ym., 2014; Simmering, 2012). Vaativammat työmuistikyvyt, kuten kyky manipuloida tietoa mielensisäisesti, kehittyvät sen sijaan hitaammin (Crone ym., 2006; Luciana ym., 2005). Esimerkiksi 3-vuotiaana lapset kykenevät palauttamaan muistiainesta järjestyksessä, mutta käänteisessä järjestyksessä mieleen palauttaminen onnistuu alkeellisesti vasta noin 5-vuotiaana (Ahmed ym., 2022; Gathercole ym., 2004). Esikouluiässä kyvyt haastavaan mielensisäiseen manipulaatioon ovat siis vielä puutteelliset ja ne kehittyvät vasta myöhemmin

lapsuudessa (Hawes ym., 2015; Reindl ym., 2021). Garonin ja kollegoiden (2008) mukaan tämä työmuistitoimintojen kehittyminen mahdollistaa yhä monimutkaisempien tehtävien suorittamisen.

Kognitiivinen joustavuus perustuu aikaisemmin kehittyviin toiminnanohjauksen osa-alueisiin, minkä vuoksi ensimmäiset merkit tästä kyvystä havaitaan tyypillisesti muita osa-alueita myöhemmin (Diamond, 2013; Garon ym., 2008). Kognitiivisen joustavuuden kehitys etenee ensimmäisen elinvuoden aikana siten, että aluksi lapsi toimii lähinnä nykyhetkeen sidonnaisesti (Clearfield ym., 2006; Garon ym., 2008; Thelen ym., 2001). Kun kognitiiviset toiminnot kehittyvät 5–8 kuukauden iässä, lapsi kykenee soveltamaan aiemmin oppimaansa tässä hetkessä. Tällöin voi esiintyä alttiutta yliyleistää aiemmin opittua tietoa, mikä voi näyttäytyä lapsen taipumuksena juuttua vanhaan toimintatapaan. Jo ensimmäisen elinvuoden jälkeen tämä alttius vähenee ja lapsi kykenee toimimaan joustavammin soveltaen sekä nykyhetkeä että aiemmin oppimaansa tietoa. Vaikka esikouluiässä kognitiivisen joustavuuden taidoissa tapahtuu suuria kehitysaskeleita, juuttumisalttiutta voi silti esiintyä pitkälle esikouluikään asti (Carlson, 2005; Schutte ym., 2003). Viidenteen ikävuoteen tultaessa suurin osa lapsista kykenee kuitenkin vaihtamaan toimintatapaansa joustavasti.

1.3 Unen merkitys kognitiivisille toiminnoille ja toiminnanohjaukselle

Tutkimustulokset unen keston ja kognitiivisten toimintojen välisestä yhteydestä lapsilla ovat olleet ristiriitaisia, ja tutkimus on pääsääntöisesti keskittynyt yleisesti kognitiivisiin toimintoihin toiminnanohjauksen sijaan. Osa tutkimuksista viittaa siihen, että pidempi unen kokonaispituus parantaa suoriutumista kognitiivisissa tehtävissä (Astill ym., 2012; Lam ym., 2011; Möhring ym., 2019; Ravid ym., 2009; Short ym., 2018), kun taas osassa tällaista yhteyttä ei ole löydetty (Fallone ym., 2001; Sadeh ym., 2002). On myös esitetty käänteistä U-mallia, jonka mukaan sekä liian lyhyt että liian pitkä unen kokonaiskesto heikentävät kognitiivista suoriutumista (Könen ym., 2015). Toiminnanohjaustoimintoja tarkasteltaessa on havaittu, että pidempi unen kesto parantaa toiminnanohjausta. Esimerkiksi Astill ja kollegat (2012) havaitsivat meta-analyysissaan positiivisen yhteyden unen keston ja toiminnanohjauksen välillä 5–12-vuotiailla lapsilla. Vastaavaa yhteyttä on raportoitu myös esikouluikäisillä. Pidemmän unen keston on havaittu esimerkiksi ennustavan parempaa suoriutumista impulssikontrollin ja työmuistin tehtävissä esikouluikäisillä (Merín ym., 2024). Sen sijaan lyhyemmän unen keston on havaittu olevan yhteydessä suurempaan virheiden määrään impulssikontrollin tehtävässä (Lam ym., 2011).

Unen tehokkuuden yhteyttä kognitiivisiin toimintoihin on tutkittu lapsilla vähemmän kuin unen kestoa, ja myös sen osalta tutkimustulokset ovat olleet ristiriitaisia. Astill ja kollegat (2012) eivät havainneet meta-analyysissaan merkitsevää yhteyttä unen tehokkuuden ja kognitiivisten toimintojen välillä. Yksittäisissä tutkimuksissa on kuitenkin havaittu korkeamman unen tehokkuuden olevan merkitsevästi yhteydessä parempaan suoriutumiseen kognitiivisissa tehtävissä (Hoedlmoser ym., 2014; Merín ym., 2024; Ravid ym., 2009; Sadeh ym., 2002). Merín ja kollegat (2024) havaitsivat esikouluikäisillä korkeamman unen tehokkuuden parantavan tehtäväsuoriutumista kaikilla kolmella toiminnanohjauksen osa-alueella. Tehokkaamman unen on myös havaittu olevan yhteydessä kykyyn lykätä välitöntä tyydytystä esikouluikäisillä (Ravid ym., 2009) sekä vähäisempään virheiden määrään impulssikontrollitehtävässä kouluikäisillä lapsilla (Sadeh ym., 2002).

Tutkimustietoa unen makrorakenteen ja kognitiivisten toimintojen välisestä yhteydestä on toistaiseksi vain vähän, eikä selkeää yhteyttä ole pystytty osoittamaan. Tutkimuksissa on vaihtelevasti pystytty liittämään erilaisia unen rakenteen osatekijöitä yleisesti kognitiivisiin toimintoihin. Esimerkiksi kouluikäisillä lapsilla korkeamman NREM3-unen osuuden on havaittu olevan yhteydessä parempiin kognitiivisiin toimintoihin (Hoedlmoser ym., 2014; Möhring ym., 2019). Lisäksi Hoedlmoser ja kollegat (2014) löysivät yhteyden matalamman NREM2-unen osuuden ja keskimääräistä paremman kognitiivisen kyvykkyyden välillä. Bruni ja kollegat (2012) havaitsivat matalamman NREM1-unen osuuden olevan yhteydessä parempiin sensomotorisiin taitoihin. Lisäksi he havaitsivat korkeamman REM-unen osuuden olevan yhteydessä parempaan tarkkaavuuteen ja toiminnanohjaukseen sekä kielelliseen ja ei-kielelliseen älykkyyteen. Samansuuntaisesti korkeamman REM-unen osuuden on havaittu olevan yhteydessä vähäisempään tarkkaamattomuuteen ja korkeampaan ei-kielelliseen älykkyyteen 8–16-vuotiailla lapsilla ja nuorilla (Kirov ym., 2017). Guignard-Perret ja kollegat (2020) havaitsivat kouluikäisten lasten korkeamman älykkyyden olevan yhteydessä suurempaan REM-unen määrään sekä vähäisempään NREM1-unen määrään. Tutkimusta unen makrorakenteen ja toiminnanohjauksen osa-alueiden välisistä yhteyksistä on kuitenkin vasta niukasti. Esimerkiksi Cremone ja kollegat (2017) eivät löytäneet yhteyttä unen makrorakenteen ja impulssikontrollin välillä 4–8-vuotiailla lapsilla. Tutkimuskirjallisuuden perusteella vaikuttaisi kuitenkin siltä, että korkeampi NREM3- ja REM-unen osuus sekä matalampi kevyen unen (NREM1 ja NREM2) osuus ovat yhteydessä parempiin kognitiivisiin toimintoihin.

Valtaosassa tutkimuksista unen vaikutuksia kognitiivisiin toimintoihin ja toiminnanohjaukseen on tarkasteltu pitkällä aikavälillä. Toiminnanohjauksen on kuitenkin todettu olevan herkkä erilaisten tilannesidonnaisten ja yksilöllisten tekijöiden vaikutukselle (Könen ym., 2015; Munnilari ym., 2024; Neubauer ym., 2019), minkä vuoksi unen lyhytaikaisia vaikutuksia toiminnanohjaukseen on tärkeää tutkia asetelmilla, jotka mahdollistavat tämän kaltaisten muutosten tarkastelun. Tästä huolimatta

edellisen yön unen ja seuraavan päivän kognitiivisen suoriutumisen välistä yhteyttä on tutkittu vasta vähän. Vielä vähemmän on tutkimusta, jossa on vertailtu suoriutumista samoissa tehtävissä ennen ja jälkeen nukkumisen. Cremone ja kollegat (2017) havaitsivat, että suoriutuminen impulssikontrollia ja tarkkaavuuden ylläpitoa vaativassa tehtävässä parani yhden nukutun yön jälkeen verrattuna edellisen illan suoriutumiseen 4–8-vuotiailla lapsilla. Tulos ei kuitenkaan riippunut unen makrorakenteesta, kokonaiskestosta tai tehokkuudesta. REM-unen mikrorakenteen sen sijaan havaittiin selittävän parempaa impulssikontrollia. Cremone ja kollegat (2017) pohtivat, että unen lisäksi myös muut tekijät, kuten oppimisvaikutus ja vuorokausirytmin aiheuttama suorituskyvyn vaihtelu, saattavat osaltaan selittää tutkimuksen löydöksiä. Könen ja kollegat (2015) havaitsivat edellisen yön unen itsearvioidun laadun ja keston ennustavan kouluikäisten lasten suoriutumista työmuistitehtävässä seuraavana aamuna. Tutkimuksessa itsearvioitu laadukas uni ennusti parempaa työmuistisuoriutumista. Liian lyhyt tai pitkä unen kesto taas heikensi suoriutumista, jolloin parhaiten suoriutuivat keskimääräisesti nukkuneet lapset. Cusick ja kollegat (2018) eivät kuitenkaan havainneet, että 12–14-vuotiaiden nuorten edellisen yön unen itsearvioitu laatu tai kesto olisi yhteydessä seuraavan päivän kognitiiviseen suoriutumiseen. Sen sijaan yöheräilyjen määrä oli yhteydessä heikompaan matemaattiseen suoriutumiseen sekä työmuistiin. Edellisen yön unen keston yhteyttä lapsen kognitiivisiin toimintoihin on tutkittu myös kokeellisilla asetelmilla, joissa unen kestoa on manipuloitu. Esimerkiksi Randazzo ja kollegat (1998) havaitsivat, että yhden yön unen rajoittaminen noin neljällä tunnilla normaaliin verrattuna heikensi suoriutumista seuraavana päivänä tehdyissä abstraktia ajattelua, kielellistä päättelyä sekä luovuutta mittaavissa tehtävissä 10–14-vuotiailla lapsilla. Tarkemmin yhteys havaittiin toiminnanohjauksessa ja etenkin kognitiivisessa joustavuudessa.

1.4 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

Tutkimuksemme tavoitteena on selvittää, onko edeltävän yön uni yhteydessä esikouluikäisten lasten toiminnanohjaukseen. Unen välitöntä vaikutusta toiminnanohjaukseen tässä ikävaiheessa ei ole vielä tutkittu riittävästi ennen–jälkeen-asetelmilla. Tämän vuoksi tarkoituksenamme on tuottaa lisätietoa edellisen yön unen yhteydestä toiminnanohjaukseen tutkimalla lasten suoriutumista samoissa tehtävissä ennen yöunta ja sen jälkeen. Tarkastelemme esikouluikäisten lasten unen kestoa, tehokkuutta ja makrorakennetta yhden yön unipolygrafialla sekä arvioimme heidän suoriutumistaan kolmessa toiminnanohjauksen tehtävässä ennen nukuttua yötä sekä seuraavana aamuna.

Toiminnanohjausta mittaamme NEPSY-II-tehtäväsarjan tehtävillä sanojen keksiminen, kuvioiden keksiminen ja visuomotorinen tarkkuus (Korkman ym., 2008).

Ensimmäinen tutkimuskysymyksemme on, onko edellisen yön aikana nukutun unen kokonaiskesto yhteydessä toiminnanohjaukseen esikouluiässä. Perustuen aiempaan kirjallisuuteen hypoteesimme on, että pidempi unen kesto on yhteydessä parempaan toiminnanohjaukseen (Astill ym., 2012; Lam ym., 2011; Merín ym., 2024; Möhring ym., 2019; Randazzo ym., 1998; Ravid ym., 2009).

Toisena tutkimuskysymyksenämme tarkastelemme, onko edellisen yön aikana nukutun unen tehokkuus yhteydessä toiminnanohjaukseen esikouluiässä. Aiempien tutkimustulosten pohjalta oletamme korkeamman unen tehokkuuden olevan yhteydessä parempaan toiminnanohjaukseen (Hoedlmoser ym., 2014; Merín ym., 2024; Ravid ym., 2009; Sadeh ym., 2002).

Kolmantena tutkimuskysymyksenämme on, onko edellisen yön aikana nukutun unen makrorakenne yhteydessä toiminnanohjaukseen esikouluiässä. Aikaisempien tutkimusten perusteella odotamme, että korkeammat NREM3- ja REM-unen osuudet sekä matalammat NREM1- ja NREM2-unen osuudet ovat yhteydessä parempaan toiminnanohjaukseen (Bruni ym., 2012; Guignard-Perret ym., 2020; Hoedlmoser ym., 2014; Kirov ym., 2017; Möhring ym., 2019).

2. MENETELMÄT

2.1 Aineisto ja tutkittavat

Tutkimuksemme aineisto on osa Lapsen uni ja terveys -tutkimuskohorttia (CHILD-SLEEP), jossa tutkitaan varhaisen unen kehitystä ja merkitystä terveydelle. Tutkimushankkeen kohorttiin kuuluvat huhtikuusta 2011 helmikuuhun 2013 Tampereen yliopistollisessa sairaalassa syntyneet suomea puhuvat lapset ja heidän vanhempansa (Paavonen ym., 2017). Äitiysneuvoloiden henkilökunta pyysi perheitä mukaan tutkimukseen noin raskausviikolla 32. Lopulliseen otokseen lukeutui yhteensä 1673 perhettä. Tutkimushanke on saanut hyväksynnän Pirkanmaan sairaanhoitopiirin eettiseltä toimikunnalta, ja vanhemmat ovat allekirjoittaneet kirjallisen suostumuksen tutkimukseen osallistumisesta.

Tämä tutkimus koostui kahdesta kohortin alaotoksesta, jotka kerättiin vuosina 2017–2019. Ensimmäiseen alaotokseen kuuluvat lapset osallistuivat kotona tehtävään unipolygrafiatutkimukseen

eri ikävaiheissa (1 kk, 8 kk, 24 kk ja 5 v) (Satomaa ym., 2016). Kaikkia perheitä, jotka täyttivät ennalta määritetyt kriteerit, pyydettiin osallistumaan tutkimukseen lapsen syntymän jälkeen henkilökohtaisesti sairaalassa ollessaan. Sisäänottokriteereinä oli, että lapsen tuli olla terve, täysiaikaisena (vähintään 38 raskausviikolla) ja ilman komplikaatioita syntynyt. Lisäksi Apgar-pisteiden tuli olla vähintään kahdeksan ensimmäisen minuutin kohdalla ja syntymäpainon vähintään 2500 grammaa. Äitien tuli olla terveitä, eikä heillä saanut olla keskushermostoon vaikuttavaa lääkitystä käytössä raskauden aikana. Lisäksi heidän tuli olla käynyt äitiysneuvoloissa säännöllisesti rutiinitarkastuksissa raskauden aikana. Ensimmäiseen unipolygrafiatutkimukseen yhden kuukauden iässä osallistui 88 vauvaa. Tässä tutkimuksessa tarkastelemme lapsia, jotka osallistuivat unipolygrafiatutkimukseen viiden vuoden iässä (n = 36).

Lisäksi tarkastelemme tutkimuksessamme toista alaotosta, joka koostuu kuorsaajista ja heidän verrokeistaan. Alaotokseen kuuluvat lapset osallistuivat Tampereen yliopistollisessa sairaalassa unilaboratoriossa tehtyyn unipolygrafiatutkimukseen. Lapset otettiin mukaan otokseen eri ikäisinä (8 kk, 24 kk ja 5 v) täytettyjen kuorsaamista kartoittavien kyselylomakkeiden perusteella. Tutkimukseen kutsuttiin mukaan ne lapset, joiden vanhemmat ilmoittivat lapsensa kuorsaavan vähintään kolmena yönä viikossa (n = 43). Verrokit valikoitiin mukaan tutkimukseen niiden lasten joukosta, joiden vanhemmat ilmoittivat, että lapsi kuorsaa alle kolmena päivänä viikossa. Tässä tutkimuksessa tarkastelemme niitä verrokkeja, jotka osallistuivat tutkimukseen 5-vuotiaana täytetyn kuorsaamiskyselyn perusteella (n = 26).

Jätimme yhteensä 17 tutkittavaa pois analyyseista puuttuvien, epätäydellisten tai epäluotettavien tietojen vuoksi. Lisäksi poistimme yhden lapsen analyyseista kehityksellisen häiriön vuoksi. Näin ollen lopullinen otos (n = 44) koostui 25:sta kotona nukkuneesta ja 19:sta unilaboratoriossa nukkuneesta lapsesta. Otoksesta 61.4 % oli poikia. Taustamuuttujina tarkastelimme lapsen ikää, sukupuolta, vanhempien koulutustaustaa ja kotitalouden vuosituloja äidin raportoimana. Lapset olivat keskimäärin 6.2-vuotiaita (kh = 0.5, min = 5.4, max = 7.4). Unilaboratoriossa nukkuneet lapset olivat vanhempia (ka = 6.7, kh = 0.4) kuin kotona nukkuneet (ka = 5.9, kh = 0.3), $p < .001$. Muissa taustamuuttujissa emme havainneet ryhmien välisiä eroja ($p > .05$). Vastaamatta jääneiden kyselylomakkeiden vuoksi kaikilta tutkittavilta ei ollut saatavilla taustatietoja. Taulukossa 1 esitellään taustatiedot lapsen ikää lukuun ottamatta niiden tutkittavien osalta, joiden vanhemmat vastasivat kyselyihin 5 vuoden iässä.

TAULUKKO 1

Tutkittavien taustamuuttujat unilaboratorio- ja kotiryhmissä sekä koko aineistossa

	Kaikki		Unilaboratorio		Koti	
	n	%	*n*	%	*n*	%
Sukupuoli						
tytöt	17	38.6	4	21.1	13	52
pojat	27	61.4	15	78.9	12	48
Äidin koulutustaso						
korkeintaan toinen aste	11	28.9	5	27.8	6	30
enemmän kuin toinen aste	27	71.1	13	72.2	14	70
Isän koulutustaso						
korkeintaan toinen aste	9	29	6	50	3	15.8
enemmän kuin toinen aste	22	71	6	50	16	84.2
Kotitalouden vuositulot						
> 100 000 €	6	16.2	3	16.7	3	15.8
70 000 € – 100 000 €	13	35.1	6	33.3	7	36.8
40 000 € – 69 999 €	12	32.4	6	33.3	6	31.6
≤ 39 999 €	6	16.2	3	16.7	3	15.8

2.2 Menetelmät ja muuttujat

Lapset osallistuivat viiden vuoden ikäisinä yhden yön unipolygrafiatutkimukseen. Lisäksi taustatietoihin, uneen ja terveyteen liittyvää tietoa kartoitettiin vanhempien täyttämillä kolmella erillisellä kyselylomakkeella, jotka lähetettiin koko kohortille. Kumpikin huoltaja täytti oman lomakkeensa, minkä lisäksi vähintään toinen huoltajista täytti lapsen tietoja koskevan lomakkeen. Tähän tutkimukseen käytettyjen tutkimusmenetelmien lisäksi tutkimusprotokollaan sisältyi myös muita tutkimuskäyntejä ja -menetelmiä. Perheiden kanssa sovittiin erikseen ajankohdasta, jolloin tutkimus tehtiin. Perheet saapuivat unilaboratoriossa tehtäviin tutkimuksiin kello viiden ja seitsemän välillä illalla. Unipolygrafia toteutettiin sairaalan käytäntöjen mukaisesti. Kolme samaa toiminnanohjaustehtävää teetettiin sekä illalla että aamulla. Aamulla tehtävät tehtiin pääosin 30–60 minuuttia heräämisen jälkeen (vaihteluväli 10–120 min). Tutkimusprotokollaan sisältyi lisäksi

lääkärin, korvalääkärin ja hammaslääkärin tutkimukset, jotka toteutuivat pääosin unipolygrafiayön jälkeisenä päivänä tai joissakin tapauksissa erillisinä käynteinä. Kotona suoritettavaa unipolygrafiaa varten tutkimusaikatauluista sovittiin perheen kanssa heidän nukkumisaikatauluihinsa sovitetusti. Tutkimushoitaja toi tutkimuslaitteet lapsen kotiin, kiinnitti tutkimusanturit, opasti niiden käytössä ja haki ne seuraavana päivänä pois. Kotona tehtävän unipolygrafiatutkimuksen yhteydessä teetettiin samat kolme toiminnanohjaustehtävää noudattaen samaa protokollaa kuin unilaboratoriossakin. Tutkimusprotokollaan liittyi lisäksi psykologikäynti. Tässä tutkimuksessa keskityimme illalla sekä aamulla tehtyihin toiminnanohjaustehtäviin, ja raportoimme niiden tulokset tulososiossa.

Unen kestoa, tehokkuutta ja makrorakennetta mitattiin yhden yön unipolygrafialla. Lapsen päähän ja kasvoille kiinnitettiin 9 aivosähkökäyrää mittaavaa anturia (F3, F4, C3, C4, O1, O2, A1, A2, GRND), kaksi silmänliikeanturia (EOGdx, EOGsin) ja kolme leuanaluslihasjänteyttä mittaavaa anturia (leuka-EMG). Lisäksi rinnan alueelle asetettiin kaksi sydämen toimintaa mittaavaa teippianturia. Hengitysliikkeitä mitattiin kahdella venyvällä vyöanturilla, jotka kiinnitettiin rintakehän ja vatsan ympärille. Sieraimiin asetettiin ilmavirtaa mittaavat happiviikset ja nenän alle ilmavirtaa mittaava teippianturi. Sormeen kiinnitettiin pulssioksimetrianturi mittaamaan pulssia ja veren happikyllästeisyyttä. Patjan alle asetettiin Emfit-patja-anturi, joka seuraa liikahtelua ja hengitysliikkeitä. Kaikki anturit yhdistettiin rekisteröintilaitteeseen (8 x 6 x 2 cm), joka kiinnitettiin lapsen yöpaidan päälle rintakehän kohdalle venymävöillä. Laite tallensi nukkumisasennon ja kuorsauksen mikrofonin avulla. Laite on hyväksytty Pirkanmaan sairaanhoitopiirin laitehuollossa. Tutkimukseen liittyvä fyysinen riski rajoittui pääasiassa antureiden kiinnittämisestä ja poistamisesta aiheutuvaan lievään epämukavuuteen.

Kokenut neurofysiologi luokitteli unipolygrafiat univaiheisiin 30 sekunnin jaksoissa Somnologica Studio 5.0 -ohjelmistolla (Satomaa ym., 2016). Univaiheet luokiteltiin AASM 2012 -ohjeistuksen mukaisesti. Tässä tutkimuksessa tarkastelimme unipolygrafiadatasta unen kestoa (total sleep time, TST), unen tehokkuutta (sleep efficiency index, SEI), sekä unen makrorakennetta. Unen tehokkuus määritettiin unen keston ja sängyssä vietetyn ajan (time in bed, TIB) suhteena (TST/TIB). Unen makrorakennetta arvioimme tarkastelemalla erikseen eri univaiheiden prosentuaalisia osuuksia.

Toiminnanohjausta arvioitiin kolmella NEPSY-II-testistön osatehtävällä (Korkman ym., 2008), jotka tehtiin sekä edellisenä iltana ennen unipolygrafiayötä että seuraavana aamuna lapsen herätessä. NEPSY-II on 3–16-vuotiaille lapsille tarkoitettu neuropsykologinen arviointimenetelmä, jonka avulla voidaan kartoittaa laajasti lapsen neurokognitiivista suoriutumista. Se sisältää yhteensä 32 osatehtävää, jotka on jaettu kuuteen kognitiivisen toiminnan osa-alueeseen: tarkkaavuus ja toiminnanohjaus, kielelliset osatestit, muisti ja oppiminen, sensomotoriset osatestit, sosiaalinen havaitseminen ja visuospatiaaliset osatestit. NEPSY-II:ssa iän vaikutus tehtäväsuoriutumiseen

huomioidaan standardoimalla pisteet ikäryhmän omalla keskiarvolla ja -hajonnalla, jolloin keskitasoinen suoriutuminen vaihtelee kahdeksan ja kahdentoista standardipisteen välillä keskiarvon ollessa 10. Tässä tutkimuksessa käytimme tehtävien standardipisteitä kontrolloidaksemme ikäerot otosryhmien välillä.

Sanojen keksimisen osatehtävässä arvioidaan lapsen kykyä tuottaa määrättyihin semanttisiin tai foneemisiin luokkiin kuuluvia sanoja niin nopeasti kuin mahdollista (Korkman ym., 2008). Sanojen keksimisen tehtävää on yleisesti pidetty toiminnanohjausta arvioivana tehtävänä. Tehtävän katsotaan mittaavan muun muassa kognitiivista joustavuutta, itsesäätelyä, strategista muistista hakua ja toiminnan suunnittelua (Diamond, 2013; Klenberg ym., 2001; Lehto ym., 2003; Lezak ym., 2012). Tehtävän ensimmäisessä osiossa lasta pyydettiin luettelemaan mahdollisimman monta eläintä ja toisessa osiossa taas mahdollisimman monta ruokaa ja juomaa. Kolmannessa osiossa lasta pyydettiin puolestaan luettelemaan s-kirjaimella alkavia sanoja ja neljännessä osiossa k-kirjaimella alkavia sanoja. Semanttiset osiot tehdään kaiken ikäisille lapsille, kun taas foneemiset osiot ovat suunnattu seitsemän vuotta täyttäneille. Ennen osioiden aloitusta lapselle annettiin jokaisesta luokasta kaksi esimerkkisanaa, joiden toistamista ei laskettu pisteeksi. Kaikissa osioissa aikaa oli 60 sekuntia. Tehtävän kokonaisraakapistemäärä oli jokaisessa osiossa tuotettujen hyväksyttävien sanojen yhteispistemäärä. Virheiksi luokiteltiin erisnimet tai luokkaan kuulumattomat sanat. Toistetuista sanoista ei saanut pisteitä ja ne laskettiin erikseen. Tehtävän raakapisteet muutettiin standardipisteiksi NEPSY-II-käsikirjan ohjeen mukaisesti siten, että alle 7-vuotiailta tarkasteltiin vain semanttisia sanoja, kun taas yli 7-vuotiailta sekä semanttisia että foneemisia sanoja.

Kuvioiden keksimisen osatehtävässä arvioidaan lapsen ei-kielellisen tuottamisen ja keksimisen sujuvuutta (Korkman ym., 2008). Tehtävä kuuluu NEPSY-II:n tarkkaavuuden ja toiminnanohjauksen osa-alueeseen, ja se mittaa kognitiivista joustavuutta, systemaattista tuottamista sekä strategian hyödyntämistä ja arviointikykyä (Diamond, 2013; Klenberg ym., 2001; Lezak ym., 2012). Tehtävä perustuu Five Point Test of Regard- sekä Ruff Figural Fluency -testeihin ja sitä voidaan pitää ei-kielellisenä vaihtoehtona sanojen keksimisille (Lezak ym., 2012). Tehtävässä lasta pyydettiin yhdistämään kaksi tai useampia ruutujen sisällä olevia pisteitä toisiinsa suorilla viivoilla. Kuvioiden tuli olla erilaisia kuin aikaisemmin piirretyt kuvat. Aikaa tehtävän tekemiseen oli 60 sekuntia, ja lasta ohjeistettiin piirtämään mahdollisimman monta erilaista kuviota niin nopeasti kuin mahdollista. Tehtävässä oli kaksi osiota, joista ensimmäisessä pisteet oli aseteltu ruudun sisään symmetrisesti ja toisessa epäsymmetrisesti. Tehtävän molempia osioita edelsi harjoitusosio. Tehtävän kokonaisraakapistemäärä oli oikein tehtyjen kuvioiden yhteenlaskettu määrä. Toistettuja kuvioita ei laskettu mukaan kokonaispistemäärään. Raakapisteet muutettiin standardipisteiksi tutkittavan iän perusteella käsikirjan ohjeen mukaisesti.

Visuomotorisen tarkkuuden osatehtävässä arvioidaan hienomotoriikkaa sekä silmän ja käden yhteistyötä (Korkman ym., 2008). Lisäksi tehtävässä on vahva toiminnanohjauskomponentti, sillä se vaatii muun muassa impulssikontrollia ja suunnitelmallisuutta. Tehtävässä lasta pyydettiin piirtämään viivaa mutkikasta rataa pitkin mahdollisimman nopeasti siten, että viiva ei kosketa radan reunoja eikä paperia saa kääntää. Aikaa tehtävän tekemiseen oli 180 sekuntia. Tehtävä koostui kahdesta osasta, joista ensimmäisessä rata oli helpompi, ja toisessa kapeampi ja pidempi. Tehtävässä pisteytettiin sekä tehtyjen ratojen yhteisaika että virheiden summa. Tarkastelun kohteena ollut kokonaisstandardipistemäärä muodostettiin käsikirjan ohjeen mukaisesti yhdistämällä suoritusajan standardipisteet ja virheiden lukumäärän persentiilit.

2.3 Aineiston analysointi

Suoritimme aineiston tilastolliset analyysit R-ohjelmistolla (v4.4.3; R Core Team, 2025). Aineiston valmistelussa käytimme kirjastoja *readxl* (Wickham & Bryan, 2025) ja *haven* (Wickham ym., 2023). Aineiston tarkastelussa käytimme kirjastoa *psych* (Revelle, 2025) ja aineiston visuaaliseen tarkasteluun käytimme kirjastoa *ggplot2* (Wickham, 2016).

Aloitimme aineiston analysoinnin tarkastelemalla otosryhmien välisiä eroja taustamuuttujissa riippumattomien otosten t-testillä ja Fisherin tarkalla testillä. Sen jälkeen loimme summamuuttujat illan ja aamun tehtäväsuoriutumiselle laskemalla yhteen kunkin koehenkilön standardipisteet kussakin toiminnanohjaustehtävässä (sanojen keksiminen, kuvioiden keksiminen ja visuomotorinen tarkkuus). Tämä mahdollisti toiminnanohjauksen tarkastelun yhtenä kokonaisuutena, sillä esikouluiässä toiminnanohjaus ei ole vielä eriytynyt kolmeen osa-alueeseen (Lee ym., 2013). Seuraavaksi loimme toiminnanohjauksen muutosta edustavan erotusmuuttujan vähentämällä aamun summamuuttujan arvoista illan summamuuttujan arvot. Tämän jälkeen tarkastelimme erotusmuuttujan sekä unimuuttujien normaalijakautuneisuutta visuaalisesti hyödyntämällä histogrammeja sekä kvantiilikuvioita. Poikkeavia arvoja tarkastelimme laatikko-janakuvioiden avulla. Totesimme aineiston normaalijakautuneeksi emmekä havainneet ääriarvoja. Ryhmävertailut otosryhmien uni- ja toiminnanohjausmuuttujien osalta toteutimme riippumattomien otosten t-testillä.

Tarkastelimme unen yhteyttä toiminnanohjaukseen lineaarisella regressioanalyysillä. Malleissa selitettävänä muuttujana toimi toiminnanohjauksen muutosta kuvaava erotusmuuttuja. Tutkimuskysymysten mukaisesti malleissa selittävinä muuttujina toimi vuorollaan unen kokonaiskesto, unen tehokkuus sekä NREM1-, NREM2-, NREM3- ja REM-unen prosentuaaliset

osuudet. Tarkastelimme unimuuttujien yhteyttä toiminnanohjausmuuttujaan erillisillä malleilla saadaksemme paremmin esiin kunkin muuttujan yksilöllisen vaikutuksen. Valitsimme regressioanalyysissä huomioitavat taustamuuttujat Pearsonin ja Spearmanin korrelaatiokertoimien perusteella. Korrelaatioanalyyseissä tarkastelimme lapsen iän, sukupuolen, tavanomaisen unen pituuden, äidin koulutustason sekä äidin raportoiman perheen tulotason yhteyksiä unimuuttujiin ja toiminnanohjausmuuttujaan. Lasten iät korreloivat tilastollisesti merkitsevästi NREM1- (r = .46, p = .025), NREM2- (r = -.54, p = .003) ja NREM3-univaiheiden (r = .49, p = .011) kanssa. Muut taustamuuttujat eivät korreloineet tilastollisesti merkitsevästi toiminnanohjaus- tai unimuuttujien kanssa (p > .05), minkä vuoksi jätimme ne pois analyyseistä. Jokaisen tutkimuskysymyksen osalta loimme regressiomallit siten, että ensin mukana oli vain pääselittäjä, minkä jälkeen lisäsimme malleihin myös taustamuuttujia kovariaateiksi. Koska aineisto koostui kahdesta eri otoksesta, lisäsimme otosryhmän kovariaatiksi kaikkiin jälkimmäisiin malleihin. Lisäksi kolmannessa tutkimuskysymyksessä NREM1-, NREM2- ja NREM3-univaiheiden suhteen huomioimme myös iän jälkimmäisissä malleissa. Ennen regressioanalyysien tulkintaa varmistimme mallien taustaoletusten täyttymisen graafisesti. Vertailimme malleja parittaisella ANOVA:lla, minkä perusteella ilman kovariaatteja olleet mallit osoittautuivat paremmiksi. Raportoimme nämä mallit tulososiossa. Koska NREM2-mallien osalta tulokset poikkesivat toisistaan, raportoimme tämän osalta molempien mallien tulokset.

3. TULOKSET

3.1 Kuvailevat tulokset

Unimuuttujien keski- ja hajontaluvut otostyypin mukaan jaettuna sekä t-testin p-arvot on kuvattu Taulukossa 2. Lapset nukkuivat tarkasteluyönä keskimäärin noin 9 tuntia unen tehokkuuden ollessa noin 94 %. Unen makrorakenteen suhteen lapset viettivät keskimääräisesti suurimman osan unestaan NREM2-vaiheessa (47.9 %), toiseksi eniten NREM3-vaiheessa (30.3 %), kolmanneksi eniten REM-vaiheessa (16.9 %) ja vähiten NREM1-vaiheessa (4.9 %). Ryhmävertailut osoittivat, että unilaboratoriossa sekä kotona nukkuneiden lasten välillä esiintyi unimuuttujien suhteen joitakin tilastollisesti merkitseviä eroja. Unilaboratoriossa nukkuneet lapset nukkuivat vähemmän kuin kotona nukkuneet lapset (t (33) = -2.43, p = .021). Lisäksi unilaboratoriossa nukkuneet lapset viettivät

enemmän aikaa unestaan NREM1- (t (27) = 3.7, p < .001) ja NREM3-vaiheissa (t (34) = 3.07, p = .004) sekä vähemmän aikaa NREM2-vaiheessa (t (31) = -4.98, p < .001) verrattuna kotona nukkuneisiin lapsiin. Unen tehokkuuden ja REM-univaiheen suhteen tilastollisesti merkitseviä ryhmäeroja ei havaittu (p > .05). Toiminnanohjausmuuttujien keski- ja hajontaluvut on kuvattu Taulukossa 3. Lasten toiminnanohjaussuoriutuminen oli pääsääntöisesti ikätasoista.

TAULUKKO 2

Unimuuttujien keski- ja hajontaluvut sekä unilaboratorio- ja kotiotoksen ryhmävertailujen p-arvot

	Kaikki (n = 44)			Unilaboratorio (n = 19)			Koti (n = 25)			
	min–max	*ka*	*kh*	*min–max*	*ka*	*kh*	*min–max*	*ka*	*kh*	*p*
Kesto (h)	7.3–10.5	9.2	0.7	7.3–10.5	8.9	0.7	8–10.5	9.4	0.6	**.021***
Tehokkuus %	76.3–99.7	93.6	5.2	76.3–99.2	92.5	6.6	85.4–99.7	94.5	3.8	.243
NREM1 %	0.8–11.3	4.9	2.4	1.9–11.3	6.4	2.6	0.8–6.3	3.9	1.5	**<.001*****
NREM2 %	35.7–57.9	47.9	5.9	35.7–54.6	43.7	5.5	40.5–57.9	51.0	3.9	**<.001*****
NREM3 %	19.3–49.3	30.3	7.2	24.0–49.3	33.9	7.3	19.3–42.8	27.6	5.9	**.004****
REM %	6.4–29.1	16.9	4.5	6.4–29.1	16.0	5.4	11.4–23.5	17.5	3.7	.317

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

TAULUKKO 3

Toiminnanohjausmuuttujien keski- ja hajontaluvut

	min–max	*ka*	*kh*
Sanojen keksiminen			
ilta	2–12	7.8	2.4
aamu	2–13	7.6	2.4
Kuvioiden keksiminen			
ilta	6–17	10.9	2.7
aamu	5–17	10.8	2.9
Visuomotorinen tarkkuus			
ilta	5–15	9.4	2.6
aamu	5–17	9.7	2.6
Toiminnanohjaus	-7–6	0.02	3.3

3.2 Unen yhteys toiminnanohjaukseen

Kaikki regressioanalyysin tulokset on esitelty Taulukossa 4. Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenämme tarkastelimme unen keston yhteyttä toiminnanohjaukseen. Lineaarisessa regressioanalyysissa ei havaittu merkitsevää yhteyttä unen keston ja toiminnanohjauksen välillä (F (1, 42) = 1.25, p = .27, R^2 = .006). Toisena tutkimuskysymyksenämme tarkastelimme, onko unen tehokkuus yhteydessä toiminnanohjaukseen. Regressioanalyysissä unen tehokkuuden ja toiminnanohjauksen välillä ei havaittu merkitsevää yhteyttä (F (1, 42) = 0.005, p = .945, R^2 = -.024). Kolmantena tutkimuskysymyksenämme tarkastelimme unen makrorakenteen yhteyttä toiminnanohjaukseen. Regressioanalyysissa havaittiin, että NREM3-unen osuus oli tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä toiminnanohjaukseen (F (1, 42) = 8.65, p = .005, R^2 = .151). Yhteys oli positiivinen, eli suurempi osuus NREM3-unta oli yhteydessä parempaan toiminnanohjauksen tehtävissä suoriutumiseen. Myös NREM2-unen osuus oli tilastollisesti merkitsevästi negatiivisessa yhteydessä toiminnanohjauksen tehtävissä suoriutumiseen (F (1, 42) = 4.79, p = .034, R^2 = .081), eli pienempi osuus NREM2-unta oli yhteydessä parempaan toiminnanohjaukseen. Kuitenkin, kun lisäsimme malliin otosryhmän ja lapsen iän (F (3, 40) = 2.02, p = .127, R^2 = .066), NREM2-osuus ei enää yltänyt tilastolliseen merkitsevyyteen (β = -.180, p = .099). NREM1-unen osuudella (F (1, 42)

= 0.06, p = .809, R^2 = -.022) tai REM-unen osuudella (F (1, 42) = 3.09, p = .086, R^2 = .046) ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhteyttä toiminnanohjaukseen.

TAULUKKO 4

Toiminnanohjauksen selittäminen unimuuttujilla

	β	*SE*	*95 % CI*		*p*	R^2
			LL	*UL*		
Unen kesto	-.013	.012	-.038	.011	.270	.006
Unen tehokkuus %	-.007	.097	-.203	.190	.945	-.024
NREM1 %	.052	.212	-.376	.479	.809	-.022
NREM2 %	-.179	.082	-.345	-.014	**.034***	.081
NREM3 %	.189	.064	.059	.319	**.005****	.151
REM %	-.192	.109	-.413	.028	.086	.046

SE = keskivirhe; *CI* = luottamusväli; *LL* = alaraja; *UL* = yläraja

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

4. POHDINTA

Tutkimuksemme tarkoituksena oli selvittää, onko edellisen yön uni yhteydessä toiminnanohjaukseen esikouluikäisillä lapsilla. Tarkemmin tarkastelimme unen kestoa, tehokkuutta ja makrorakennetta. Unta mitattiin yhden yön unipolygrafialla, ja toiminnanohjausta arvioitiin ennen unipolygrafiayötä sekä sen jälkeen suoritetuilla standardoiduilla neurokognitiivisilla tehtävillä. Aikaisempien tutkimusten perusteella oletimme, että edellisen yön unen kesto (Astill ym., 2012; Lam ym., 2011; Merín ym., 2024; Möhring ym., 2019; Randazzo ym., 1998; Ravid ym., 2009), tehokkuus (Hoedlmoser ym., 2014; Merín ym., 2024; Ravid ym., 2009; Sadeh ym., 2002) ja makrorakenne (Bruni ym., 2012; Guignard-Perret ym., 2020; Hoedlmoser ym., 2014; Kirov ym., 2017; Möhring ym., 2019) ovat yhteydessä toiminnanohjaukseen. Tutkimuksemme osoitti, että edellisen yön unen makrorakenne oli yhteydessä toiminnanohjaukseen. Unen keston tai tehokkuuden osalta emme löytäneet vastaavaa yhteyttä.

4.1 Unen keston ja tehokkuuden yhteys toiminnanohjaukseen

Vastoin hypoteesejamme tutkimuksessamme ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhteyttä edellisen yön unen keston tai tehokkuuden ja toiminnanohjauksen välillä. Samansuuntaisia tuloksia on raportoitu myös aiemmissa tutkimuksissa, joissa unen kesto ei ole ollut yhteydessä toiminnanohjaukseen (Cremone ym., 2017; Cusick ym., 2018; Fallone ym., 2001; Sadeh ym., 2002; Schumacher ym., 2017; Short ym., 2018; Vermeulen ym., 2019). Myös unen tehokkuuden osalta on raportoitu samansuuntaisia tuloksia. Esimerkiksi Astillin ja kollegoiden (2012) meta-analyysissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhteyttä unen tehokkuuden ja toiminnanohjauksen välillä. Toisaalta aiemmassa tutkimuskirjallisuudessa on raportoitu myös tuloksia, jotka ovat ristiriidassa tämän tutkimuksen tuloksen kanssa. Astill ja kollegat (2012) havaitsivat meta-analyysissaan merkitsevän yhteyden lyhyemmän unen keston ja heikomman toiminnanohjauksen välillä, ja samansuuntaisia tuloksia on raportoitu myös useissa muissa tutkimuksissa (esim. Lam ym., 2011; Merín ym., 2024; Randazzo ym., 1998; Ravid ym., 2009). Lisäksi aiemmissa tutkimuksissa on saatu viitteitä myös unen tehokkuuden yhteydestä toiminnanohjaukseen (esim. Merín ym., 2024; Ravid ym., 2009; Sadeh ym., 2002).

Eroja aiempien ja tämän tutkimuksen tulosten välillä voi selittää useampi tekijä. Ensinnäkin tutkimukseemme osallistuneiden lasten unen kesto ja tehokkuus olivat keskimäärin suositusten mukaisia, eikä aineistossa esiintynyt merkittävästi lapsia, joiden yöuni olisi ollut selvästi liian lyhyt tai unen tehokkuus heikko. Tämän vuoksi muuttujissa ei välttämättä ollut riittävästi vaihtelua, jotta mahdolliset yhteydet toiminnanohjaukseen olisivat voineet tulla esiin. Tutkimuksissa, joissa unen kestoa on tarkoituksellisesti rajoitettu (esim. Randazzo ym., 1998), on havaittu selkeämpiä yhteyksiä toiminnanohjaukseen. Tämä viittaa siihen, että yhteydet toiminnanohjaukseen saattavat tulla esiin vasta silloin, kun unen määrä poikkeaa selvästi tavanomaisesta.

Toisena keskeisenä tutkimustulosten eroja selittävänä tekijänä voidaan pitää myös tutkittavien ikää. Aiemmissa tutkimuksissa, joissa on havaittu merkitseviä yhteyksiä unen keston tai tehokkuuden ja toiminnanohjauksen välillä, tutkittavat ovat olleet joko nuorempia (esim. Lam ym., 2011; Merín ym., 2024) tai vanhempia (esim. Randazzo ym., 1998) kuin tämän tutkimuksen lapset. On siis mahdollista, että unen keston tai tehokkuuden ja toiminnanohjauksen väliset yhteydet korostuvat erityisesti esikouluikää varhaisemmissa tai myöhemmissä ikävaiheissa. Tätä tukee myös Cremonen ja kollegoiden (2017) esikouluikäisille lapsille tehty tutkimus, jossa ei havaittu yhteyttä unen keston ja toiminnanohjauksen välillä. Tämä voi viitata siihen, että unen kestolla ei ole keskeistä vaikutusta toiminnanohjaukseen juuri tässä ikävaiheessa.

Kolmanneksi erot tutkimusmenetelmissä saattavat myös selittää tulosten ristiriitaisuutta. Tässä tutkimuksessa unen kestoa ja tehokkuutta mitattiin yhden yön unipolygrafialla. Useimmissa aikaisemmissa tutkimuksissa unta on tarkasteltu joko useamman yön ajalta aktigrafialla tai keskimääräisesti kyselylomakkeilla (esim. Lam ym., 2011; Merín ym., 2024; Ravid ym., 2009), mikä voi selittää eroja tutkimustulosten välillä. Toiminnanohjauksen arviointimenetelmät ovat myös vaihdelleet eri tutkimusten välillä. Tässä tutkimuksessa käytetyt tehtävät eivät olleet samoja kuin aiemmissa tutkimuksissa, mikä rajoittaa tulosten suoraa vertailtavuutta. On myös mahdollista, että unen keston tai tehokkuuden yhteydet tulevat esiin vain tietyissä toiminnanohjauksen osa-alueissa, mikä voi osaltaan selittää tulosten eroja.

4.2 Unen makrorakenteen yhteys toiminnanohjaukseen

Hypoteesimme mukaisesti edellisen yön NREM3-unella havaittiin olevan yhteys toiminnanohjaukseen. Aiempaa tutkimusta unen makrorakenteen ja toiminnanohjauksen välisistä yhteyksistä on vielä niukasti, joten oletuksemme perustuivat osittain muiden kognitiivisten toimintojen ja unen vaiheiden välisiin yhteyksiin. Tuloksemme on linjassa aiempien tutkimusten kanssa, joiden mukaan suurempi NREM3-unen osuus on yhdistetty parempaan kognitiiviseen suoriutumiseen (esim. Hoedlmoser ym., 2014; Möhring ym., 2019). On mahdollista, että syvä uni tukee erityisesti muistijälkien vahvistumista tai hermoverkkojen muovautuvuutta ja siten oppimista. Eroja kuitenkin löytyy aikaisempiin tutkimuksiin verraten (esim. Cremone ym., 2017), joissa NREM3-unen osuuden ja toiminnanohjauksen välillä ei löydetty yhteyttä. Tutkimustulosten ristiriitaisuutta voi selittää erot tutkimusasetelmissa tai mittareissa. Esimerkiksi Cremonen ja kollegoiden (2017) tutkimuksessa otoskoko oli pienempi, minkä vuoksi yhteydet ovat saattaneet jäädä havaitsematta. Jatkotutkimusta kuitenkin tarvitaan, jotta NREM3-univaiheen sekä toiminnanohjauksen välisiä yhteyksiä ja niiden taustalla vaikuttavia mekanismeja ymmärrettäisiin tarkemmin.

Hypoteesimme mukaisesti havaitsimme edellisen yön suuremman NREM2-unen osuuden olevan yhteydessä heikompaan toiminnanohjaukseen. Tulos on linjassa aiempien tutkimusten kanssa (esim. Hoedlmoser ym., 2014), joissa on havaittu suuremman NREM2-unen osuuden yhteys heikompaan kognitiiviseen suoriutumiseen. Toisaalta useissa muissa tutkimuksissa vastaavaa yhteyttä ei kuitenkaan ole löydetty (esim. Cremone ym., 2017). Eroja tuloksissa voi selittää esimerkiksi tutkimusasetelmiin ja otoskokoihin liittyvä vaihtelu. Tutkimuksemme merkitsevä tulos

voi osittain selittyä sillä, että vähäisempi kevyen unen osuus mahdollistaa syvemmän NREM3-unen suuremman osuuden. Tämä univaihe on keskeinen sekä toiminnanohjauksen että muistikonsolidaation kannalta. Tulos ei kuitenkaan säilynyt merkitsevänä, kun huomioimme mallissa lapsen iän ja otosryhmän. Näin ollen NREM2-unen osalta löydös ei ollut yhtä pitävä kuin NREM3-unen kohdalla. Tämä voi osittain johtua siitä, että NREM2-uni saattaa olla erityisen herkkä iän vaikutuksille, mikä voi korostaa otoksessa ilmenevän iän vaihtelun vaikutusta tulokseen. Ikä oli aineistossamme yhteydessä unen makrorakenteeseen, mikä viittaa kehityksellisiin muutoksiin unen makrorakenteessa. Tämä voi osaltaan vaikuttaa myös NREM2-unen ja toiminnanohjauksen väliseen yhteyteen.

Vastoin hypoteesiamme emme havainneet edellisen yön NREM1-unen osuuden olevan tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä toiminnanohjaukseen. Tuloksemme on ristiriidassa aiemman tutkimuksen kanssa, jossa on raportoitu yhteyksiä NREM1-unen osuuden ja kognitiivisten taitojen välillä (Guignard-Perret ym., 2020). Aiempi tutkimusnäyttö NREM1-unen roolista kognitiivisten toimintojen kannalta on kuitenkin melko vähäistä ja osin epäjohdonmukaista. NREM1-vaihe on yleisesti tulkittu siirtymävaiheena valvetilan ja syvemmän unen välillä, eikä sitä perinteisesti ole liitetty korkeampiin kognitiivisiin toimintoihin. Tutkimuksemme tukee oletusta, että NREM1-unen osuudella ei ole merkittävää roolia toiminnanohjauksen kannalta.

Hypoteesimme vastaisesti edellisen yön REM-unen osuudella ei havaittu olevan tilastollisesti merkitsevää yhteyttä toiminnanohjaukseen. Tuloksemme on ristiriidassa aiempien tutkimusten kanssa, joissa REM-unen on havaittu tukevan erityisesti toiminnanohjausta, tarkkaavuutta ja yleistä älykkyyttä (esim. Bruni ym., 2012; Guignard-Perret ym., 2020; Kirov ym., 2017). Ristiriitaisia tuloksia voi osittain selittää se, että REM-unen vaikutukset saattavat näkyä voimakkaammin useampana yönä mitattuna tai tietyissä toiminnanohjauksen osa-alueissa, joita tässä tutkimuksessa käytetyt mittarit eivät välttämättä tavoita. REM-unen rooli voi myös korostua erityisesti emotionaalisesti sävyttyneissä prosesseissa (Walker, 2009), joita tutkimuksessamme käytetyt tehtävät eivät edellyttäneet. Näin ollen tutkimuksemme tukee ajatusta, että REM-unella ei ole merkittävää roolia sellaisessa toiminnanohjauksessa, johon ei sisälly emotionaalista komponenttia, eli niin kutsutuissa kylmissä toiminnanohjaustoiminnoissa.

4.3 Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitukset

Tutkimuksemme keskeinen vahvuus on uudenlainen toiminnanohjauksen mittaaminen ennen unta ja sen jälkeen. Samojen tehtävien teettäminen ennen ja jälkeen unen mahdollistaa toiminnanohjauksen yksilöllisen vaihtelun tarkastelun. Toisaalta asetelman heikkoutena voidaan pitää samojen tehtävien toistamista lyhyen ajan sisällä, mikä voi lisätä oppimisvaikutuksen riskiä. Tässä aineistossa oppimisvaikutusta ei kuitenkaan ollut selvästi havaittavissa, sillä tehtävämuuttujien keski- ja hajontaluvut pysyivät samoina illalla ja aamulla. Lisäksi toiminnanohjausmuuttuja oli normaalijakautunut. Tutkimuksemme vahvuutena voidaan pitää myös standardoidun NEPSY-II-testistön osatehtävien käyttöä toiminnanohjauksen mittarina. NEPSY-II on todettu reliaabeliksi ja validiksi neurokognitiivisen toiminnan mittariksi (Korkman, 2008). Testistöä käytetään laajasti tutkimustarkoituksessa sekä kliinisissä konteksteissa. Lisäksi testistön suomalaiset normit mahdollistivat tehtäväsuoriutumisen luotettavan standardoinnin koehenkilön omaan ikäryhmään verraten. Tutkimuksessamme toiminnanohjausta mitattiin NEPSY-II:n osatehtävillä sanojen keksiminen, kuvioiden keksiminen ja visuomotorinen tarkkuus. Käytetyistä osatehtävistä sanojen sekä kuvioiden keksimisen on todettu pystyvän mittaamaan luotettavasti toiminnanohjausta (Diamond, 2013; Klenberg ym., 2001; Lehto ym., 2003; Lezak ym., 2012). Näiden osatehtävien oletetaan mittaavan esimerkiksi kognitiivista joustavuutta ja toiminnan suunnittelua. Vaikka visuomotorisen tarkkuuden tehtävä ei ole varsinainen toiminnanohjauksen tehtävä, siinä suoriutuminen vaatii erityisesti impulssikontrollia sekä kykyä mukauttaa omaa toimintaansa tilanteeseen sopivaksi. Neurokognitiivisilla tehtävillä pystytään harvoin mittaamaan toiminnanohjausta tai tiettyä toiminnanohjauksen komponenttia puhtaasti. Tässä tutkimuksessa pyrimme tarkastelemaan laadukkaasti toiminnanohjausta kokonaisuutena, minkä vuoksi yhdistimme useiden tehtävien standardipisteet. Kuitenkin tämän kaltaisessa tarkastelussa tietyn toiminnanohjauksen osa-alueen vaikutusta ei ollut mahdollista tutkia. Tällöin ei voitu sanoa, onko jokin toiminnanohjauksen osa-alue herkempi unen vaikutukselle kuin toinen.

Lisäksi unipolygrafian käyttö unen mittaamisessa ja unidatan laadukas analysointi ovat tutkimuksemme keskeisiä vahvuuksia. Unipolygrafia on objektiivinen, alan vakiintunut unitutkimuksen menetelmä. Muihin unen tutkimusmenetelmiin verrattuna unipolygrafia tarjoaa tarkkaa tietoa erityisesti unen makrorakenteesta. Lisäksi unidatan analysoinnista vastasi kokenut neurofysiologi, mikä parantaa unidatan luotettavuutta. Vaikka unipolygrafian käyttö tässä tutkimuksessa tarjosi arvokasta tietoa, liittyy unen mittaamiseen myös rajoitteita. Ensinnäkin tavoitteenamme oli selvittää yhden yön unen yhteyttä toiminnanohjaukseen. Aiemmissa

unipolygrafiatutkimuksissa on havaittu niin sanottu ensimmäisen yön vaikutus, jolla tarkoitetaan sitä, että uusi ympäristö ja mittauslaitteet voivat häiritä unta erityisesti unilaboratoriossa tutkimusjakson ensimmäisenä yönä (Scholle ym., 2003; Stores ym., 1998). Tutkimuksessamme ei kuitenkaan havaittu vastaavaa vaikutusta unen makrorakenteessa otosryhmien välillä, sillä syvän unen osuus oli suurempi unilaboratoriossa nukkuneilla lapsilla kuin kotona nukkuneilla. Tämä viittaa siihen, että mittausympäristö ei heikentänyt unen laatua, eikä ensimmäisen yön vaikutus näyttäisi vääristävän tuloksiamme tässä otoksessa.

On myös olennaista huomioida, että tutkimuksemme otoskoko oli verrattain pieni, ja osa koehenkilöistä jouduttiin jättämään analyysien ulkopuolelle esimerkiksi puuttuvien tietojen vuoksi. Pieni otoskoko on voinut osaltaan rajoittaa aineiston vaihtelua, jolloin osa yhteyksistä on saattanut korostua tai jäädä havaitsematta. Lisäksi unilaboratoriossa nukkuneet lapset olivat vanhempia kotona nukkuneisiin lapsiin verrattuna. Otimme tämän kuitenkin analyyseissä huomioon niiden unimuuttujien osalta, joihin ikä oli merkitsevästi yhteydessä. Suurin osa lapsista nukkui aineistossa vähintään tyydyttävästi, ja makrorakenteen tunnusluvut viittasivat pääosin hyvään unen laatuun. Tämän vuoksi tutkimuksemme perusteella ei voida sulkea pois mahdollisuutta, että poikkeava unen kesto tai tehokkuus olisi negatiivisesti yhteydessä toiminnanohjaukseen. Tämä ja muut tutkimuksen rajoitukset tulee ottaa huomioon tuloksia yleistettäessä.

4.4 Jatkotutkimustarpeet

Tässä tutkimuksessa havaitsimme edellisen yön makrorakenteen vaikuttavan toiminnanohjaukseen. Tämä herättää kysymyksen siitä, voisivatko unen makrorakennetta hienovaraisemmat piirteet olla vielä herkempiä toiminnanohjauksen ennustajia. Näiden yhteyksien tarkastelemiseksi olisi jatkossa perusteltua tutkia myös unen mikrorakennetta. Aiemmissa tutkimuksissa on havaittu esimerkiksi NREM2-unen aikaisten unisukkuloiden (sleep spindles) yhteys toiminnanohjaukseen (Guadagni ym., 2021; Vermeulen ym., 2019), minkä vuoksi tätä yhteyttä olisi kiinnostavaa tutkia myös yhden yön unen osalta.

Tutkimuksessamme unen kestoa tai laatua ei manipuloitu tarkasteluyönä, minkä vuoksi suurin osa otoksen lapsista nukkui hyvin. Unen toiminnanohjausvaikutusten on esitetty olevan epälineaarisia noudattaen käänteisen U:n mallista käyrää, jolloin sekä liian lyhyt että liian pitkä unen kesto voivat haitata toiminnanohjausta (Könen ym., 2015). Jatkotutkimuksissa tulisi selvittää tarkemmin, miten edellisen yön univaje tai heikko unenlaatu vaikuttavat toiminnanohjaukseen lapsilla. Vastaavasti

voisi selvittää, miten mahdollinen liiallinen unen kesto on yhteydessä toiminnanohjaussuoriutumiseen esimerkiksi ohjaamalla lapsia nukkumaan tavallista pidempään. Jatkossa tulisi myös huomioida, miten lapsi on nukkunut useampana yönä ennen toiminnanohjaustehtävien tekemistä. Tällöin voitaisiin tarkastella, kuinka yhden yön uni mahdollisesti poikkeaa aiemmista, ja miten tämä heijastuu toiminnanohjaukseen. Olisi myös mielenkiintoista tutkia lapsen tyypillistä unta kyselylomakkeiden avulla, jolloin yksilölliset erot muun muassa unen tarpeessa pystyttäisiin huomioimaan paremmin.

Unen vaikutus kognitiivisiin toimintoihin, kuten toiminnanohjaukseen, voi vaihdella yksilöllisesti lasten välillä (Könen ym., 2015). Esimerkiksi työmuistitehtävässä heikommin suoriutuneet lapset olivat herkempiä heikon unen laadun kielteisille vaikutuksille. On siis mahdollista, että unen merkitys on suurempi niille lapsille, joilla on jo valmiiksi haasteita toiminnanohjauksessa. Jatkossa tulisi tarkastella, eroavatko unen vaikutukset toiminnanohjaukseen lasten välillä sen mukaan, onko heillä aiemmin todettu toiminnanohjauksen haasteita. Ilmiötä voisi tutkia erityisryhmissä, kuten lapsilla, joilla on todettu autismikirjon häiriö tai aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriö.

4.5 Johtopäätökset

Tutkimuksemme tarkoituksena oli selvittää edellisen yön unen ja toiminnanohjauksen välistä yhteyttä esikouluikäisillä lapsilla. Havaitsimme tutkimuksessamme edellisen yön suuremman NREM3-unen osuuden olevan yhteydessä parempaan toiminnanohjaukseen. Vastaavasti suurempi NREM2-unen osuus oli yhteydessä heikompaan toiminnanohjaukseen. Jälkimmäinen tulos ei kuitenkaan säilynyt merkitsevänä, kun analyyseissä otettiin huomioon otosryhmä ja lapsen ikä. NREM1- ja REM-univaiheiden osuuksilla, unen kestolla tai tehokkuudella ei havaittu merkitsevää yhteyttä toiminnanohjaukseen. Tuloksemme tarjoavat lisätietoa edellisen yön unen makrorakenteen tärkeydestä esikouluikäisten lasten toiminnanohjaukselle.

Tutkimuksemme tulokset viittaavat siihen, että edellisen yön unen makrorakenne, erityisesti syvän NREM3-unen määrä, vaikuttaa seuraavan päivän toiminnanohjaukseen. Vaikka lapsi nukkuisi määrällisesti riittävästi, saattavat hienovaraiset muutokset unen rakenteessa, kuten vähäinen syvän unen määrä, heikentää toiminnanohjausta. Toisaalta unen lyhyttä kestoa tai katkonaista unta voidaan mahdollisesti kompensoida paremmin. Syvän unen tukeminen saattaakin olla yksi keino vahvistaa varhaista toiminnanohjausta, joka on keskeinen tekijä lapsen kehityksessä ja myöhemmässä

hyvinvoinnissa. Jatkossa unen ja toiminnanohjauksen välistä yhteyttä tulisi tarkastella tarkemmin myös unen mikrorakenteen tasolla, jotta voidaan täydentää unen makrorakenteen tasolla havaittuja yhteyksiä. Yhteyttä tulisi tutkia myös erityisryhmissä, kuten esimerkiksi lapsilla, joilla on aiemmin todettu toiminnanohjauksen haasteita, sillä he voivat olla herkempiä edellisen yön unen vaikutuksille. Lisäksi kokeelliset tutkimusasetelmat, joissa unta manipuloidaan, voivat tarjota hyödyllistä tietoa unen ja toiminnanohjauksen välisestä suhteesta.

LÄHTEET

Ahmed, S. F., Ellis, A., Ward, K. P., Chaku, N., & Davis-Kean, P. E. (2022). Working memory development from early childhood to adolescence using two nationally representative samples. *Developmental Psychology*, *58*(10), 1962–1973. https://doi.org/10.1037/dev0001396

Astill, R. G., Van Der Heijden, K. B., Van IJzendoorn, M. H., & Van Someren, E. J. W. (2012). Sleep, cognition, and behavioral problems in school-age children: A century of research meta-analyzed. *Psychological Bulletin*, *138*(6), 1109–1138. https://doi.org/10.1037/a0028204

Bruni, O., Kohler, M., Novelli, L., Kennedy, D., Lushington, K., Martin, J., & Ferri, R. (2012). The role of NREM sleep instability in child cognitive performance. *Sleep*, *35*(5), 649–656. https://doi.org/10.5665/sleep.1824

Carlson, S. M. (2005). Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children: Measurement of executive function in early childhood. *Developmental Neuropsychology*, *28*(2), 595–616. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2802_3

Clark, C. A. C., Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology*, *46*(5), 1176–1191. https://doi.org/10.1037/a0019672

Clearfield, M. W., Diedrich, F. J., Smith, L. B., & Thelen, E. (2006). Young infants reach correctly in A-not-B tasks: On the development of stability and perseveration. *Infant Behavior & Development*, *29*(3), 435–444. https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2006.03.001

Collins, A., & Koechlin, E. (2012). Reasoning, learning, and creativity: Frontal lobe function and human decision-making. *PLoS Biology*, *10*(3), e1001293. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001293

Cremone, A., Lugo-Candelas, C. I., Harvey, E. A., McDermott, J. M., & Spencer, R. M. C. (2017). REM theta activity enhances inhibitory control in typically developing children but not children with ADHD symptoms. *Experimental Brain Research*, *235*(5), 1491–1500. https://doi.org/10.1007/s00221-017-4906-7

Crone, E. A., Wendelken, C., Donohue, S., van Leijenhorst, L., & Bunge, S. A. (2006). Neurocognitive development of the ability to manipulate information in working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS*, *103*(24), 9315–9320. https://doi.org/10.1073/pnas.0510088103

Cusick, C. N., Isaacson, P. A., Langberg, J. M., & Becker, S. P. (2018). Last night's sleep in relation to academic achievement and neurocognitive testing performance in adolescents with and without ADHD. *Sleep Medicine*, *52*, 75–79. https://doi.org/10.1016/j.sleep.2018.07.014

Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, *44*(11), 2037–2078. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, *64*(1), 135–168. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750

Fallone, G., Acebo, C., Arnedt, J. T., Seifer, R., & Carskadon, M. A. (2001). Effects of acute sleep restriction on behavior, sustained attention, and response inhibition in children. *Perceptual and Motor Skills*, *93*(1), 213–229. https://doi.org/10.2466/pms.2001.93.1.213

Ferguson, H. J., Brunsdon, V. E. A., & Bradford, E. E. F. (2021). The developmental trajectories of executive function from adolescence to old age. *Scientific Reports*, *11*(1), 1382–1382. https://doi.org/10.1038/s41598-020-80866-1

Galland, B. C., Taylor, B. J., Elder, D. E., & Herbison, P. (2012). Normal sleep patterns in infants and children: A systematic review of observational studies. *Sleep Medicine Reviews*, *16*(3), 213–222. https://doi.org/10.1016/j.smrv.2011.06.001

Gao, C., Guo, J., Gong, T.-T., Lv, J.-L., Li, X.-Y., Liu, F.-H., Zhang, M., Shan, Y.-T., Zhao, Y.-H., & Wu, Q.-J. (2022). Sleep duration/quality with health outcomes: An umbrella review of meta-analyses of prospective studies. *Frontiers in Medicine*, *8*, 813943–813943. https://doi.org/10.3389/fmed.2021.813943

Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, *134*(1), 31–60. https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31

Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, *40*(2), 177–190. https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.2.177

Gaudreau, H., Carrier, J., & Montplaisir, J. (2001). Age-related modifications of NREM sleep EEG: From childhood to middle age. *Journal of Sleep Research*, *10*(3), 165–172. https://doi.org/10.1046/j.1365-2869.2001.00252.x

Geeraerts, S. B., Endendijk, J. J., Deković, M., Huijding, J., Deater-Deckard, K., & Mesman, J. (2021). Inhibitory control across the preschool years: Developmental changes and

associations with parenting. *Child Development*, *92*(1), 335–350. https://doi.org/10.1111/cdev.13426

Grigg-Damberger, M., Gozal, D., Marcus, C. L., Quan, S. F., Rosen, C. L., Chervin, R. D., Wise, M., Picchietti, D. L., Sheldon, S. H., & Iber, C. (2007). The visual scoring of sleep and arousal in infants and children. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, *03*(02), 201–240. https://doi.org/10.5664/jcsm.26819

Guadagni, V., Byles, H., Tyndall, A. V., Parboosingh, J., Longman, R. S., Hogan, D. B., Hanly, P. J., Younes, M., & Poulin, M. J. (2021). Association of sleep spindle characteristics with executive functioning in healthy sedentary middle-aged and older adults. *Journal of Sleep Research*, *30*(2), e13037. https://doi.org/10.1111/jsr.13037

Guignard-Perret, A., Thieux, M., Guyon, A., Mazza, S., Zhang, M., Revol, O., Plancoulaine, S., & Franco, P. (2020). Sleep of children with high potentialities: A polysomnographic study. *Journal of Clinical Medicine*, *9*(10), 3182. https://doi.org/10.3390/jcm9103182

Hawes, Z., LeFevre, J.-A., Xu, C., & Bruce, C. D. (2015). Mental rotation with tangible three-dimensional objects: A new measure sensitive to developmental differences in 4- to 8-year-old children. *Mind, Brain and Education*, *9*(1), 10–18. https://doi.org/10.1111/mbe.12051

Henderson, J. M., France, K. G., & Blampied, N. M. (2011). The consolidation of infants' nocturnal sleep across the first year of life. *Sleep Medicine Reviews*, *15*(4), 211–220. https://doi.org/10.1016/j.smrv.2010.08.003

Himanen, S.-L., Alakuijala, A., Rauhala, E., Tenhunen, M., Myllymaa, K., Huuskonen, U., Muraja-Murro, A., Satomaa, A.-L., Mäkinen, R., & Virtanen, I. (2019). Uni- ja vireystutkimukset KNF-alalla. Teoksessa E. Mervaala, E. Haaksiluoto, S.-L. Himanen, S. Jääskeläinen, M. Kallio, & S. Vanhatalo (toim.), *Kliininen neurofysiologia* (s. 225–238). Duodecim.

Himanen, S.-L., & Toppila, J. (2019). Unen fysiologia, patofysiologia. Teoksessa E. Mervaala, E. Haaksiluoto, S.-L. Himanen, S. Jääskeläinen, M. Kallio, & S. Vanhatalo (toim.), *Kliininen neurofysiologia* (s. 220–224). Duodecim.

Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., Hazen, N., Herman, J., Adams Hillard, P. J., Katz, E. S., Kheirandish-Gozal, L., Neubauer, D. N., O'Donnell, A. E., Ohayon, M., Peever, J., Rawding, R., Sachdeva, R. C., Setters, B., Vitiello, M. V., & Ware, J. C. (2015). National Sleep Foundation's updated sleep duration recommendations: Final report. *Sleep Health*, *1*(4), 233–243. https://doi.org/10.1016/j.sleh.2015.10.004

Hoedlmoser, K., Heib, D. P. J., Roell, J., Peigneux, P., Sadeh, A., Gruber, G., & Schabus, M. (2014). Slow sleep spindle activity, declarative memory, and general cognitive abilities in children. *Sleep*, *37*(9), 1501–1512. https://doi.org/10.5665/sleep.4000

Holmboe, K., Bonneville-Roussy, A., Csibra, G., & Johnson, M. H. (2018). Longitudinal development of attention and inhibitory control during the first year of life. *Developmental Science*, *21*(6), e12690. https://doi.org/10.1111/desc.12690

Hughes, C., & Ensor, R. (2007). Executive function and theory of mind: Predictive relations from ages 2 to 4. *Developmental Psychology*, *43*(6), 1447–1459. https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1447

Ibbotson, P. (2023). The development of executive function: Mechanisms of change and functional pressures. *Journal of Cognition and Development*, *24*(2), 172–190. https://doi.org/10.1080/15248372.2022.2160719

Iglowstein, I., Jenni, O. G., Molinari, L., & Largo, R. H. (2003). Sleep duration from infancy to adolescence: Reference values and generational trends. *Pediatrics*, *111*(2), 302–307. https://doi.org/10.1542/peds.111.2.302

Iwasaki, M., Iwata, S., Iemura, A., Yamashita, N., Tomino, Y., Anme, T., Yamagata, Z., Iwata, O., & Matsuishi, T. (2010). Utility of subjective sleep assessment tools for healthy preschool children: A comparative study between sleep logs, questionnaires, and actigraphy. *Journal of Epidemiology*, *20*(2), 143–149. https://doi.org/10.2188/jea.JE20090054

Jiang, F. (2020). Sleep and early brain development. *Annals of Nutrition and Metabolism*, *75*(Suppl. 1), 44–54. https://doi.org/10.1159/000508055

Kirov, R., Brand, S., Banaschewski, T., & Rothenberger, A. (2017). Opposite impact of REM sleep on neurobehavioral functioning in children with common psychiatric disorders compared to typically developing children. *Frontiers in Psychology*, *7*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.02059

Klenberg, L., Korkman, M., & Lahti-Nuuttila, P. (2001). Differential development of attention and executive functions in 3- to 12-year-old finnish children. *Developmental Neuropsychology*, *20*(1), 407–428. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2001_6

Korkman, M. (2008). *NEPSY-II -Lasten neuropsykologinen tutkimus. Käsikirja II: Kehittely, käyttö ja psykometriset tiedot*. Psykologien Kustannus Oy.

Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. L. (2008). *NEPSY-II -Lasten neuropsykologinen tutkimus. Käsikirja I: testin esitys ja pisteytysohjeet*. Psykologien Kustannus Oy.

Könen, T., Dirk, J., & Schmiedek, F. (2015). Cognitive benefits of last night's sleep: Daily variations in children's sleep behavior are related to working memory fluctuations. *Journal of Child Psychology*, *56*(2), 171–182. https://doi.org/10.1111/jcpp.12296

Lam, J. C., Mahone, E. M., Mason, T. B. A., & Scharf, S. M. (2011). The effects of napping on cognitive function in preschoolers. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, *32*(2), 90–97. https://doi.org/10.1097/dbp.0b013e318207ecc7

Lee, K., Bull, R., & Ho, R. M. H. (2013). Developmental changes in executive functioning. *Child Development*, *84*(6), 1933–1953. https://doi.org/10.1111/cdev.12096

Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, *21*(1), 59–80. https://doi.org/10.1348/026151003321164627

Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (2012). *Neuropsychological assessment* (5. painos). Oxford University Press.

Luciana, M., Conklin, H. M., Hooper, C. J., & Yarger, R. S. (2005). The development of nonverbal working memory and executive control processes in adolescents. *Child Development*, *76*(3), 697–712. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2005.00872.x

McKenna, R., Rushe, T., & Woodcock, K. A. (2017). Informing the structure of executive function in children: A meta-analysis of functional neuroimaging data. *Frontiers in Human Neuroscience*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00154

Merín, L., Nieto, M., Sánchez-Arias, L., Ros, L., & Latorre, J. M. (2024). Actigraphy-assessed sleep duration and quality and executive function in a sample of typically developing preschoolers. *European Child & Adolescent Psychiatry*. https://doi.org/10.1007/s00787-024-02558-9

Messer, D., Kearvell-White, J., Danielsson, H., Faulkner, D., Henry, L., & Ibbotson, P. (2022). The structure of executive functioning in 11 to 14 year olds with and without special educational needs. *British Journal of Developmental Psychology*, *40*(3), 453–470. https://doi.org/10.1111/bjdp.12418

Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, *24*(1), 167–202. https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49–100. https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734

Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., Houts, R., Poulton, R., Roberts, B. W., Ross, S., Sears, M. R., Thomson, W. M., & Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS*, *108*(7), 2693–2698. https://doi.org/10.1073/pnas.1010076108

Moilanen, K. L., Shaw, D. S., Dishion, T. J., Gardner, F., & Wilson, M. (2010). Predictors of longitudinal growth in inhibitory control in early childhood. *Social Development*, *19*(2), 326–347. https://doi.org/10.1111/j.1467-9507.2009.00536.x

Munnilari, M., Bommasamudram, T., Easow, J., Tod, D., Varamenti, E., Edwards, B. J., Ravindrakumar, A., Gallagher, C., & Pullinger, S. A. (2024). Diurnal variation in variables related to cognitive performance: A systematic review. *Sleep & Breathing*, *28*(1), 495–510. https://doi.org/10.1007/s11325-023-02895-0

Möhring, W., Urfer-Maurer, N., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., Weber, P., Grob, A., & Lemola, S. (2019). The association between sleep and dual-task performance in preterm and full-term children: An exploratory study. *Sleep Medicine*, *55*, 100–108. https://doi.org/10.1016/j.sleep.2018.11.024

Neubauer, A. B., Dirk, J., & Schmiedek, F. (2019). Momentary working memory performance is coupled with different dimensions of affect for different children: A mixture model analysis of ambulatory assessment data. *Developmental Psychology*, *55*(4), 754–766. https://doi.org/10.1037/dev0000668

Ohayon, M. M., Carskadon, M. A., Guilleminault, C., & Vitiello, M. V. (2004). Meta-analysis of quantitative sleep parameters from childhood to old age in healthy individuals: Developing normative sleep values across the human lifespan. *Sleep*, *27*(7), 1255–1273. https://doi.org/10.1093/sleep/27.7.1255

Ohayon, M. M., Wickwire, E. M., Hirshkowitz, M., Albert, S. M., Avidan, A., Daly, F. J., Dauvilliers, Y., Ferri, R., Fung, C., Gozal, D., Hazen, N., Krystal, A., Lichstein, K., Mallampalli, M., Plazzi, G., Rawding, R., Scheer, F. A., Somers, V., & Vitiello, M. V. (2017). National Sleep Foundation's sleep quality recommendations: First report. *Sleep Health*, *3*(1), 6–19. https://doi.org/10.1016/j.sleh.2016.11.006

Paavonen, E. J., Saarenpää-Heikkilä, O., Morales-Munoz, I., Virta, M., Häkälä, N., Pölkki, P., Kylliäinen, A., Karlsson, H., Paunio, T., & Karlsson, L. (2020). Normal sleep development in infants: Findings from two large birth cohorts. *Sleep Medicine*, *69*, 145–154. https://doi.org/10.1016/j.sleep.2020.01.009

Paavonen, E. J., Saarenpää-Heikkilä, O., Pölkki, P., Kylliäinen, A., Porkka-Heiskanen, T., & Paunio, T. (2017). Maternal and paternal sleep during pregnancy in the Child-Sleep birth cohort. *MCN, the American Journal of Maternal Child Nursing*, *29*(4), 47–56. https://doi.org/10.1016/j.sleep.2016.09.011

Pedersen, M. J., Leonthin, H., Mahler, B., Rittig, S., Jennum, P. J., & Kamperis, K. (2023). Two nights of home polysomnography in healthy 7-14-year-old children – Feasibility and

intraindividual variability. *Sleep Medicine*, *101*, 87–92. https://doi.org/10.1016/j.sleep.2022.10.027

Pelphrey, K. A., Reznick, J. S., Goldman, B. D., Sasson, N., Morrow, J., Donahoe, A., & Hodgson, K. (2004). Development of visuospatial short-term memory in the second half of the 1st year. *Developmental Psychology*, *40*(5), 836–851. https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.5.836

R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing.* R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/

Randazzo, A. C., Muehlbach, M. J., Schweitzer, P. K., & Walsh, J. K. (1998). Cognitive function following acute sleep restriction in children ages 10-14. *Sleep*, *21*(8), 861–868. https://doi.org/10.1093/sleep/21.8.861

Ravid, S., Afek, I., Suraiya, S., Shahar, E., & Pillar, G. (2009). Kindergarten children's failure to qualify for first grade could result from sleep disturbances. *Journal of Child Neurology*, *24*(7), 816–822. https://doi.org/10.1177/0883073808330766

Reindl, E., Parkash, D., Völter, C. J., & Seed, A. M. (2021). Thinking inside the box: Mental manipulation of working memory contents in 3- to 7-year-old children. *Cognitive Development*, *59*, 101068. https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2021.101068

Revelle, W. (2025). *Psych: Procedures for psychological, psychometric, and personality research. R package version 2.5.3*. https://CRAN.R-project.org/package=psych

Roman, A. S., Pisoni, D. B., & Kronenberger, W. G. (2014). Assessment of working memory capacity in preschool children using the missing scan task. *Infant and Child Development*, *23*(6), 575–587. https://doi.org/10.1002/icd.1849

Sadeh, A. (2015). III. Sleep assessment methods. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *80*(1), 33–48. https://doi.org/10.1111/mono.12143

Sadeh, A., Gruber, R., & Raviv, A. (2002). Sleep, neurobehavioral functioning, and behavior problems in school-age children. *Child Development*, *73*(2), 405–417. https://doi.org/10.1111/1467-8624.00414

Satomaa, A.-L., Saarenpää-Heikkilä, O., Paavonen, E. J., & Himanen, S.-L. (2016). The adapted American Academy of Sleep Medicine sleep scoring criteria in one month old infants: A means to improve comparability? *Clinical Neurophysiology*, *127*(2), 1410–1418. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.08.013

Schlieber, M., & Han, J. (2021). The role of sleep in young children's development: A review. *The Journal of Genetic Psychology*, *182*(4), 205–217. https://doi.org/10.1080/00221325.2021.1908218

Schmitt, S. A., Geldhof, G. J., Purpura, D. J., Duncan, R., & McClelland, M. M. (2017). Examining the relations between executive function, math, and literacy during the transition to kindergarten: A multi-analytic approach. *Journal of Educational Psychology*, *109*(8), 1120–1140. https://doi.org/10.1037/edu0000193

Scholle, S., Beyer, U., Bernhard, M., Eichholz, S., Erler, T., Graneß, P., Goldmann-Schnalke, B., Heisch, K., Kirchhoff, F., Klementz, K., Koch, G., Kramer, A., Schmidtlein, C., Schneider, B., Walther, B., Wiater, A., & Scholle, H. C. (2011). Normative values of polysomnographic parameters in childhood and adolescence: Quantitative sleep parameters. *Sleep Medicine*, *12*(6), 542–549. https://doi.org/10.1016/j.sleep.2010.11.011

Scholle, S., Scholle, H.-C., Kemper, A., Glaser, S., Rieger, B., Kemper, G., & Zwacka, G. (2003). First night effect in children and adolescents undergoing polysomnography for sleep-disordered breathing. *Clinical Neurophysiology*, *114*(11), 2138–2145. https://doi.org/10.1016/S1388-2457(03)00209-8

Schumacher, A. M., Miller, A. L., Watamura, S. E., Kurth, S., Lassonde, J. M., & LeBourgeois, M. K. (2017). Sleep Moderates the Association Between Response Inhibition and Self-Regulation in Early Childhood. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, *46*(2), 222–235. https://doi.org/10.1080/15374416.2016.1204921

Schutte, A. R., Spencer, J. P., & Schöner, G. (2003). Testing the dynamic field theory: Working memory for locations becomes more spatially precise over development. *Child Development*, *74*(5), 1393–1417. https://doi.org/10.1111/1467-8624.00614

Shing, Y. L., Lindenberger, U., Diamond, A., Li, S.-C., & Davidson, M. C. (2010). Memory maintenance and inhibitory control differentiate from early childhood to adolescence. *Developmental Neuropsychology*, *35*(6), 679–697. https://doi.org/10.1080/87565641.2010.508546

Short, M. A., Blunden, S., Rigney, G., Matricciani, L., Coussens, S., M Reynolds, C., & Galland, B. (2018). Cognition and objectively measured sleep duration in children: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Health*, *4*(3), 292–300. https://doi.org/10.1016/j.sleh.2018.02.004

Simmering, V. R. (2012). The development of visual working memory capacity during early childhood. *Journal of Experimental Child Psychology*, *111*(4), 695–707. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.10.007

Stores, G., Crawford, C., Selman, J., & Wiggs, L. (1998). Home polysomnography norms for children. *Technology & Health Care*, *6*(4), 231. https://doi.org/10.3233/thc-1998-6402

Tervo-Clemmens, B., Calabro, F. J., Parr, A. C., Fedor, J., Foran, W., & Luna, B. (2023). A canonical trajectory of executive function maturation from adolescence to adulthood. *Nature Communications*, *14*(1), 6922–17. https://doi.org/10.1038/s41467-023-42540-8

Thelen, E., Schöner, G., Scheier, C., & Smith, L. B. (2001). The dynamics of embodiment: A field theory of infant perseverative reaching. *The Behavioral and Brain Sciences*, *24*(1), 1–34. https://doi.org/10.1017/S0140525X01003910

Troester, M. M., Quan, S. F., Berry, R. B., Plante, D. T., Abreu, A. R., Alzoubaidi, M., Bandyopadhyay, A., DelRosso, L., Ebben, M., Kwon, Y., Mao, M.-M., Munir, S. S., Pressman, M. R., Rodriguez, A. J., Ryals, S., So, J. Y., Vaughn, B. V., & Thomas, S. M. (2023). *The AASM manual for the scoring of sleep and associated events: Rules, terminology and technical specifications* (3. painos). American Academy of Sleep Medicine.

Vermeulen, M. C. M., Van der Heijden, K. B., Swaab, H., & Van Someren, E. J. W. (2019). Sleep spindle characteristics and sleep architecture are associated with learning of executive functions in school-age children. *Journal of Sleep Research*, *28*(1), e12779. https://doi.org/10.1111/jsr.12779

Walker, M. P. (2009). The role of sleep in cognition and emotion. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1156*, 168–197. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04416.x

Wickham, H. (2016). *Ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag New York. https://ggplot2.tidyverse.org

Wickham, H., & Bryan, J. (2025). *Readxl: Read excel files. R package version 1.4.5*. https://CRAN.R-project.org/package=readxl

Wickham, H., Miller, E., & Smith, D. (2023). *Haven: Import and export ”spss”, ”stata” and ”sas” files. R package version 2.5.4*. https://CRAN.R-project.org/package=haven

Wiebe, S. A., Espy, K. A., & Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Developmental Psychology*, *44*(2), 575–587. https://doi.org/10.1037/0012-1649.44.2.575

Zelazo, P. D., & Müller, U. (2010). Executive function in typical and atypical development. Teoksessa U. Goswami (toim.), *The Wiley-Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development* (s. 574–603). Wiley-Blackwell. https://doi.org/10.1002/9781444325485.ch22