

UNIVERSITEIT LEIDEN

# Langer slapen is (niet) beter onthouden

---

Een onderzoek naar de relatie tussen slaap,  
chronotype en geheugen

Rien Weijertse 1175971

25-5-2014

## **Summary**

This study focussed on the relationship between sleep duration, chronotype and short term memory and working memory in elementary school children between the ages of 9 and 11 years old ( $n = 606$ ). Since sleep duration has a well-researched relationship with memory types and with chronotype, and chronotype influences sleep patterns and memory consolidation, the question arises if chronotype acts as a moderator in the relationship between sleep duration and short term memory or working memory. Parents of the children were asked to log the sleep duration of the children for an entire week. During this week, the CCTQ, a questionnaire about chronotype was completed. At the end of the week, a student researcher sat down with the participants to complete a version of the digit span subtest, normally used in the WISC-III and a word pairing test. Using ANOVA's and moderation analysis it was found that chronotype does not moderate the relationship between sleep duration and either short term memory or working memory. In contrast to popular belief, this study showed a negative relationship between sleep duration and both short term and the working memory. Additionally, it was found that children with a more evening focussed chronotype slept the shortest amount of time and scored significantly higher on short term memory tasks. An explanation for these results is given in the final section of the paper. At these ages, sleep is important for predicting learning capabilities, but not predominant at that. Parents could consider these results when contemplating about a sleep schedule fitted to their child's needs.

## **Inleiding**

Over het algemeen wordt aangenomen dat naarmate je langer slaapt, je beter in staat bent om de gedurende de dag aangeleverde informatie op te slaan in het geheugen (Banks & Dinges, 2007; Nixon et al., 2008; Walker & Stickgold, 2006). Deze hypothese wordt gestaafd door diverse onderzoeken die aantonen dat slaapduur een rol speelt in de kwaliteit van dagelijkse prestaties (Banks & Dinges, 2007) en cognitieve functies (Nixon et al., 2008), waaronder het geheugen (Walker & Stickgold, 2006). Hoewel er tegenstrijdigheden uit het onderzoek naar deze relatie naar voren komen (Siegel, 2001), stelt Walker (2004) dat zowel slaap als het wakker zijn, belangrijk zijn voor verschillende stadia van geheugen. De relatie tussen slaap en geheugen is bekend komen te staan als de 'sleep dependent memory' hypothese (Walker & Stickgold, 2006). Waar echter nog bewijs voor ontbreekt, is de voorspellende waarde van slaapduur als het gaat om het geheugen.

Om inzicht te krijgen wat de relatie tussen slaap en geheugen inhoudt, zal dieper moeten worden ingegaan op de inhoud van beide begrippen. Zowel slaap als geheugen zijn niet op te vatten als alleenstaande entiteiten die invloed op elkaar uitoefenen. Beide begrippen zijn op te delen in verschillende stadia en deze stadia beïnvloeden elkaar op een verschillende manier (Walker & Stickgold, 2006).

Slapen kan op basis van Elektro-encefalografie (EEG)-metingen opgedeeld worden in twee typen slaap, namelijk Non-Rapid Eye Movement Sleep (NREM) en Rapid Eye Movement Sleep (REM) (Maquet, 2001; Penzel, Kantelhardt, Lo, Voigt & Vogelmeier, 2003). NREM slaap kan verder worden verdeeld in vier slaapstadia (1-4) (Penzel et al., 2003). De eerste twee stadia (1-2) vormen samen de lichte slaap, stadia 3 en 4 zijn vervolgens bekend als de diepe slaap (Penzel et al., 2003). Hierna treedt de REM fase in. Zoals hierboven geschetst, worden slaapfasen doorlopen in hiërarchische volgorde waarin iedere fase een verschillende tijdsduur omvat (Penzel et al., 2003). Na de REM fase volgt een korte periode van onbewust wakker zijn, waarna de gehele slaapcyclus opnieuw begint. Een onverstoorde slaapcyclus duurt ongeveer 90 minuten (Walker & Stickgold, 2006). Een normale nacht bestaat uit ongeveer zes van deze slaapcycli en waarin de NREM fasen steeds korter worden en de REM fasen steeds langer (Penzel et al., 2003). De duur van het slapen heeft een directe relatie met cognitieve prestaties waaronder het geheugen (Randazzo, Muelbach, Schweitzer & Walsh, 1998). In een experimenteel onderzoek waarin slaapduur voor de helft van de deelnemers werd gereduceerd tot 5 uur, werden bij deze groep verminderde cognitieve vaardigheden waargenomen dan bij de controlegroep die 11 uur slaap kreeg (Randazzo et al., 1998). Ook in andere klinische en experimentele situaties worden positieve effecten gerapporteerd van slaapduur op cognitieve functies (Geiger, Achermann & Jenni, 2010)

Naast slaap is ook geheugen een begrip wat meerdere facetten bevat. Zo is een grove tweedeling te maken tussen non-declaratief en declaratief geheugen (Walker & Stickgold, 2006) en lijkt de ontwikkeling van nieuwe herinneringen een aantal stadia te doorlopen. Declaratief geheugen omvat herinneringen die bewust kunnen worden opgeroepen, zoals herinneren wat de hoofdstad van China is, of op welke manier een staartdeling dient te worden opgelost. Declaratief geheugen kan verder opgedeeld worden in subsystemen. De meest bekende subsystemen zijn het episodisch geheugen, wat gezien kan worden als een autobiografische voorstelling van het verleden, en het semantisch geheugen, wat gezien kan worden als de algemene feitenkennis (Tulving & Schacter, 1990). Het non-declaratief

geheugen wordt beschouwd als het onbewuste geheugen en omvat het procedureel geheugen (het aanleren van bepaalde acties en gewoonten) (Tulving & Schacter, 1990).

Ook het vormen van nieuwe herinneringen lijkt een hiërarchisch proces. Eerst wordt een nieuwe herinnering gevormd door bijvoorbeeld een actie of ervaren prikkel. Dit leidt meteen tot een manifestatie van deze herinnering in de hersenen (kortetermijngeheugen) (Walker, 2004). Op deze acquisitie fase volgt het consolideren van de gevormde herinnering. Consolidatie houdt in dat de herinnering een meer permanente plaats in het geheugen krijgt. Dit geldt voor zowel het declaratief als het non-declaratieve geheugen. Als de herinnering vervolgens geconsolideerd is, kan de herinnering bewust of onbewust uit het geheugen worden opgeroepen wat de herinnering weer blootstelt aan nieuwe ervaringen (werkgeheugen) (Walker, 2004). Deze nieuwe ervaringen worden meegenomen in de herconsolidatiefase en de herinnering wordt waar nodig aangepast of aangescherpt (Walker, 2004).

De optimale condities voor het consolideren van het geheugen zijn nog niet bekend (Walker & Stickgold, 2006). Wel zijn er bewijzen dat tijdens het wakker zijn vooral nieuwe neuronale verbindingen worden aangemaakt in het geheugen (Muellbacher et al., 2002). Tijdens de slaap zijn de hersenen vooral bezig met het terughalen van informatie en het consolideren van het geheugen (Fenn, Nusbaum & Margoliash, 2003). In de NREM-fase lijken de hersenen zich voornamelijk bezig te houden met het reactiveren en herverdelen van geheugen naar neocorticale locaties, waarna in de REM-fase meer de nadruk lijkt te liggen op het vormen van nieuwe synapsen tussen nieuw en bestaand geheugen (Diekelmann & Born, 2010). De NREM-fase is de slaapfase waarin de consolidatie van geheugen het sterkst lijkt te zijn (Backhaus, Hoeckesfeld, Born, Hohagen & Junghanns, 2008; Siegel, 2001; Walker & Stickgold, 2006; Wilhelm, Prehn-Kristensen & Born, 2012). Uit het onderzoek van Backhaus et al. (2008) blijkt bijvoorbeeld dat bij 27 kinderen tussen de 9 en 12 jaar oud, woordparen beter gereproduceerd worden als de groep kinderen geslapen heeft, dan wanneer de groep kinderen eenzelfde periode wakker is geweest. Voor zowel de groep die 's avonds de test leerde, als de groep die 's ochtends de test leerde, werd een positieve correlatie gevonden tussen de duratie van NREM fasen en het onthouden van woordparen. Verder bewijs voor de rol van de NREM-fasen komt van Van Cauter, Leproult, en Plat (2008). Zij vonden dat het aanleren van nieuwe kennis sneller en beter gaat bij kinderen dan bij volwassenen. Dit is mogelijk te verklaren door het verschil in duratie van NREM-fases welke bij volwassenen lager ligt dan bij kinderen (Van Cauter et al., 2008). De kinderen tussen de 9 en 12 uit het

onderzoek van Backhaus et al. (2008) spendeerden 40% van de slaaptijd in de NREM-fase. Het verschil in duratie van NREM fase is aanzienlijk als deze resultaten vergeleken worden met jongvolwassenen van 19-25 jaar oud, waarbij 19,8% van de nachtelijke slaap in de NREM fase wordt doorgebracht en de volwassenen van 36-50 jaar oud, waarbij slechts 3,4% van de tijd wordt doorgebracht in de NREM-fase (Van Cauter et al., 2008).

Naast duratie van NREM fasen is ook de afscheiding van het cortisol hormoon van invloed op het consolideren van het geheugen (Goerke et al., in press). De afscheiding van cortisol lijkt te worden bepaald door het chronotype (Goerke et al., in press). Het chronotype bepaalt onder andere of iemand een ochtend- of een avondmens is, waardoor het waarschijnlijk is dat avondmensen andere cortisolwaardes laten zien dan ochtendmensen, indien gemeten op hetzelfde tijdstip (Goerke et al., in press). Dit suggereert dat er verschillen kunnen bestaan in de consolidatie van geheugen bij ochtend- en avondmensen. Echter ontbreekt hier nog bewijs voor in de bestaande literatuur.

Wel zijn er effecten van chronotype op executieve functies bewezen. Matchock en Mordkoff (2009) komen in hun onderzoek tot de conclusie dat chronotype invloed heeft op de alertheid, georiënteerdheid en de executieve functies. Zij zien dat ochtendtypes later op de dag alerter zijn dan avondtypes. Bij avondtypes lijken de alertheidscores gedurende de gehele dag relatief gelijk te blijven. Deze resultaten spreken tegen dat ochtendtypes juist in de ochtend alerter zijn en dat dit later op de dag minder zou worden, zoals wordt gevonden in het onderzoek van Smith et al. (2002). Matchock en Mordkoff (2009) zien deze gerapporteerde afname van alertheid juist als het opsparen van alertheid voor wanneer er een beroep op moet worden gedaan en verklaren zo de hogere scores voor ochtendmensen op de taken die later op de dag worden gepresenteerd.

Chronotype heeft ook invloed op slaappatronen en slaapduur (Roenneberg et al., 2004). De voorkeur voor de ochtend of avond verschuift met de leeftijd (Roenneberg et al., 2004). Bij kinderen tussen de 10 en 12 jaar wordt vaker de ochtend geprefereerd, waarna de voorkeur langzaam verschuift naar de avond tot aan het eind van de adolescentie (ongeveer 19-20 jaar) (Roenneberg et al., 2004). Adolescenten zijn vaak in staat om langer op te blijven en later wakker te worden de volgende ochtend dan dat jongere kinderen dat zijn (Roenneberg et al., 2004). Later onderzoek heeft uitgewezen dat avondtypes gemiddeld korter slapen dan ochtendtypes (Roenneberg, 2012).

Gezien de relatie tussen chronotype aan slaapduur (Roenneberg et al., 2004) en cognitieve functies, waaronder geheugen (Goerke et al., in press; Matchock & Mordkoff,

2009) is het interessant te onderzoeken of chronotype invloed uitoefent op de verwachte relatie tussen slaapduur en geheugen. Daarbij rijst de vraag of kinderen die langer slapen beter in staat zijn om informatie een korte tijd te onthouden en te verwerken dan kinderen die minder lang slapen. En wat is de rol van chronotype in deze relatie? Verwacht wordt dat dit onderzoek aantoont dat slaapduur en geheugen een positieve correlatie hebben. Voor de kinderen die langer slapen worden hogere scores op de geheugentaken verwacht. Verder wordt verwacht dat chronotype een positieve modererende rol zal spelen in de relatie tussen slaapduur en geheugen. De relatie tussen slaapduur en geheugen wordt versterkt door het effect van chronotype.

Het resultaat van dit onderzoek kan een bijdrage leveren aan de wijze waarop tegen het belang van slaap wordt aangekeken bij het opnemen van nieuwe informatie. Wellicht zou op basis van het chronotype bepaald kunnen worden op welk tijdstip van de dag de meeste informatie wordt opgeslagen in het geheugen. Ook voor het bepalen van de meest geschikte toetsmomenten kan onderzoek naar chronotype en informatieverwerking wellicht enige richtlijn bieden.

## **Methoden**

### **Werving Participanten**

Deelnemers werden gezocht op Nederlandse basisscholen. Scholen werden gevraagd of zij interesse hadden mee te doen aan een slaaponderzoek. Hierna volgde een gesprek met de school waarin toestemming werd gevraagd. Potentiële deelnemers, kinderen tussen negen en elf jaar oud, werden klassikaal op de hoogte gebracht van de details betreffende het onderzoek. Er is gekozen voor een klassikale aanpak om via de (enthousiaste) kinderen de ouders beter te kunnen bereiken. 653 (15%) van de ouders die een toestemmingsbrief ontvingen waren bereid deel te nemen aan het onderzoek.

Na geïnformeerde toestemming te hebben ontvangen van de ouders werden ouders via email op de hoogte gebracht van de details en belangrijke data betreffende het onderzoek. Twee dagen voor de start van de onderzoekswEEK werden ouders opnieuw herinnerd via email en is hun een gebruikersnaam en wachtwoord verschaft waarmee zij toegang kregen tot de vragenlijsten en het slaaplogboek. Een dag voordat aan de geheugentest moest worden begonnen, werden ouders hier nogmaals aan herinnerd via email. Ook werd hen gevraagd de eventueel resterende vragenlijsten alsnog in te vullen.

Er is bij de werving niet gelet op eventuele aanwezigheid van gedragsstoornissen, medische geschiedenis, medicatiegebruik of andere redenen die het slaapgedrag konden beïnvloeden. Er waren dan ook geen exclusiecriteria.

Uiteindelijk kwam het totaal aantal participanten uit op 606 leerlingen met een gemiddelde leeftijd van 10.49 jaar ( $SD = 0.84$ ). Omdat de data niet voor alle kinderen compleet waren, is voor het onderzoek is uitgegaan van alle participanten die zowel het slaaplogboek, de CCTQ als de geheugentaken hebben uitgevoerd ( $n = 489$ , 45% jongens en 55% meisjes, gemiddelde leeftijd: 10.33 jaar ( $SD = 0.79$ )).

## **Procedure**

Dit deelonderzoek heeft plaatsgevonden in het kader van een grootschalig onderzoek naar de relatie van slaapkenmerken en leervermogen bij kinderen. De procedure die hieronder wordt beschreven is die van het grootschalig onderzoek. Een deel van de gegenereerde data is gebruikt voor dit deelonderzoek. Na de procedurebeschrijving wordt ingegaan op de instrumenten die relevant zijn voor het deelonderzoek.

De onderzoekweek bevatte twee componenten, informatie van ouders en testonderzoek bij kinderen. Als eerste werd ouders gevraagd zeven ochtenden en zeven avonden het slaapgedrag van hun kind te noteren in het online slaapdagboek. Het dagboek bepaalde het begin en het einde van de onderzoekswEEK. Om een zo representatief mogelijk resultaat van een 'normale' schoolweek te krijgen werd dit dagboek niet begonnen in het weekend of in de vakantie.

Naast het dagboek werd ouders gevraagd online vragenlijsten in te vullen. Naast een algemene vragenlijst werd ouders gevraagd naar hun slaapgedrag, middels een combinatie van de Insomnia Severity Index (Morin, Bellevill & Belanger, 2011) en de Pittsburgh Sleep Quality Index (Buysse, Reynolds, Monk, Berman & Kupfer, 1989), en hun slaapgeschiedenis, middels een Sleep History Questionnaire. Door middel van de Behavioral Inhibition Questionnaire (BIQ) (Broeren & Muris, 2010) werd de gedragsinhibitie van het kind gemeten, de Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ) (Goodman, 2001) werd gebruikt om eventuele psychische- en gedragsproblematiek van het kind in kaart te brengen, de Child ChronoType Questionnaire (CCTQ) (Werner, LeBourgeois, Geiger & Jenni, 2009) werd afgenomen om de avondlijkheid van het kind te bepalen en de Sleep Disturbances Scale for Children (SDSC) (Bruni et al., 1996) werd afgenomen om een beeld te krijgen van eventuele

slaapverstoringen bij kinderen. Deze vragenlijsten dienden te worden ingevuld tijdens de week dat ook het slaaplogboek werd bijgehouden (de onderzoekswEEK). Ook de kinderen werd gevraagd om twee vragenlijsten in te vullen, te weten de Early Adolescent Temperament Questionnaire Revised (EATQ-R)(Ellis & Rothbart, 2001) en de Pubertal Development Scale (PDS) (Petersen, Crockett, Richards & Boxer, 1988). Middels de EATQ-R gaf het kind een zelfrapportage van zijn/haar temperament. De PDS werd afgenomen om de ontwikkeling van puberteitskenmerken bij het kind te meten. Hiernaast maakten de kinderen thuis zelfstandig de woordpaartaak, welke een indicatie gaf van het declaratief geheugen.

Het testonderzoek bij de kinderen bestond uit twee elementen; de afname van de geheugen en alertheidstaken. Het afnamemoment van geheugen en alertheidstaken bestond uit het afnemen van de Psychomotor Vigilance Task (PVT) (Basner, Mollicone & Dinges, 2011) en de PVT Go/No-Go om alertheid en inhibitievermogen te testen en daarna een visuele variant van de Cijferreeks om het korte termijn- en het werkgeheugen te bepalen, in bovenstaande volgorde. De afname werd verzorgd door een onderzoeksmedewerker op de basisschool. Deze testen werden afgenomen op de laatste dag van de onderzoekswEEK. Belangrijke aandachtspunten waren dat kinderen niet in het weekend of op maandag, niet voor 10:00 uur en niet in de pauze werden getest.

### **Onderzoeksopzet en instrumenten**

Voor dit deelonderzoek is alleen gekeken naar de instrumenten die relevante data voor de vraagstelling aanleverden. Hieronder wordt van deze instrumenten een overzicht gegeven.

#### **Slaapduur**

Slaapduur werd gemeten aan de hand van het slaapdagboek. Dit dagboek is ontwikkeld door het Nederlands slaapregister. Een slaapdagboek is vergelijkbaar betrouwbaar in het meten van de begin- en eindtijd van de slaap en de slaapduur, vergeleken met objectieve slaapinstrumenten zoals actigrafie (Werner, Molinari, Guyer & Jenni, 2008). Het dagboek bestond uit zeven vragen die door de ouders werden ingevuld als het kind 's avonds ging slapen en vier vragen over het opstaan de volgende ochtend. Het startpunt van de slaap werd bepaald aan de hand van het tijdstip waarop het licht uit ging, plus het aantal minuten wat het kind (volgens de ouders) nodig had om in te slapen. Het eindpunt van de slaap werd bepaald door het tijdstip van ontwaken. De tijd tussen het begin en het eind van de slaap is de slaapduur. Als maat voor slaapduur is gekozen voor de gemiddelde slaapduur per nacht van de gehele onderzoekswEEK, zowel de werkdagen als het weekend.



## **Chronotype**

De avondlijkheid van de kinderen, ofwel chronotype, werd bepaald aan de hand van de Child ChronoType Questionnaire (CCTQ) (Werner et al., 2009). De CCTQ wordt door de ouders ingevuld en bestaat uit 11 mixed format items. Een voorbeeld van een item uit de CCTQ is:

Hoe alert is uw kind gedurende het eerste half uur na het ontwaken in de ochtend?

Met de CCTQ kan een ochtend/avondtype schaal, het 'midsleep point on Freedays (MSF) en een totaalscore voor chronotype worden bepaald. Voor dit onderzoek werd alleen de totaalscore op deze vragenlijst als maat voor chronotype gebruikt. Een hogere score betekent hier een avondlijker mens. De minimale score is 10 (extreem ochtendtype), de maximale score is 48 (extreem avondtype). Werner et al. (2009) gebruiken de volgende grenzen om te bepalen of iemand een ochtend of avondtype is:

- $\leq 23$  = Ochtendtype
- 24-32 = Gemiddeld Chronotype
- $\geq 33$  = Avondtype

Onderzoek naar betrouwbaarheid en validiteit bewijst dat dit een goed instrument is om chronotype in kaart te brengen (Werner et al., 2009).

## **Werkgeheugen en korte termijn geheugen**

Om een beeld te krijgen van het geheugen werd het niveau van het korte termijngeheugen en werkgeheugen gemeten met een visuele variant van de cijferreeksen subtest gebaseerd op de subtest uit de WISC-III, zowel de voorwaartse variant als de achterwaartse. De voorwaartse variant hield in dat de cijfers in dezelfde volgorde als het voorbeeld moeten worden gereproduceerd en meette het korte termijngeheugen. In de achterwaartse variant dienden de cijfers in omgekeerde volgorde te worden gereproduceerd wat een beroep doet op het werkgeheugen. Beide varianten startte met een reekslengte van twee cijfers. Elke reekslengte werd twee maal getoond met andere getallen. Als beide cijferreeksen van dezelfde reekslengte foutief werden beantwoord, werd de test afgebroken. Voor zowel de voorwaartse als achterwaartse variant is de minimumscore 0. De maximale score voor de voorwaartse variant is 9, voor de achterwaartse variant was dit 8. Voor ieder correcte cijferreeks kreeg het kind een punt. Een hogere score staat voor een respectievelijk beter ontwikkeld korte termijn- of werkgeheugen.

Voor de woordpaartaak werden de kinderen gerandomiseerd verdeeld over vier verschillende condities: Avond vandaag, Avond morgen (AA); Avond vandaag, Ochtend

morgen (AO); Ochtend vandaag, Ochtend morgen (OO); Ochtend vandaag, Avond vandaag (OA). De condities geven aan op welke momenten de woordpaartaak gemaakt diende te worden. Op deze manier werd onderscheid gemaakt tussen de testen van kinderen die wel een nacht geslapen hadden tussen testafnames, kinderen die niet geslapen hadden en was ook de duur van tussenperiode verschillend. Tevens werd na een week nogmaals de woordpaartaak gemaakt om een beeld te krijgen van de woorden die zijn opgeslagen in het lange termijn geheugen. De woordpaartaak hield in dat kinderen twee keer 15 woordparen te zien kregen waarvan zij er zoveel mogelijk moesten onthouden. Na 15 woordparen werd een eerste toetsmoment ingelast, na 30 woordparen een tweede toetsmoment. In deze toetsmomenten kregen de kinderen de helft van een woordpaar te zien waar zij vervolgens het bijpassende woord dienden in te typen. De minimale score was 0, de maximale score 30. Een hogere score betekent een beter ontwikkeld declaratief geheugen. In de analyses zijn enkel de data van de eerste afname van de woordpaartaak meegenomen.

### **Analyse**

Vanwege de grote steekproef ( $n = 489$ ) zijn alle statistische analyses gedaan onder de assumptie dat de data normaal verdeeld zijn. Aan de hand van visuele inspectie van Q-Q plots en histogrammen is dit voor iedere variabele bevestigd. Er werden geen significante uitbijters ( $> 3 SD$ ) gevonden. Ook werden er geen extreem scheve verdelingen (gestandaardiseerde scheefheid en kurtosis van  $> 3 SD$ ) gevonden. De steekproef is verdeeld op basis van hun chronotype volgens de criteria van Werner et al. (2009). Door middel van ANOVA's is gecontroleerd of gemiddelden in slaapduur, de score op de subtest cijferreeks voorwaarts en de score op de subtest cijferreeks achterwaarts, significant van elkaar verschillen tussen de chronotype-groepen. Om na te gaan of in de afname van de woordpaartaak geen verborgen effect van het tijdstip van afname (het zogenoemde 'time-of-day-effect') zit, is middels een onafhankelijke  $t$ -toets vastgesteld of de gemiddelde scores op de woordpaartaak tussen de avond- en ochtendconditie significant van elkaar verschillen. Hierna is met behulp van correlatieanalyse (Pearson's  $r$ ) aangetoond welke correlaties bestaan tussen de slaapduur, de totale chronotype score (als intervalvariabele), de score op de cijferreeks voorwaarts, de score op de cijferreeks achterwaarts en de score op de woordpaartaak. Een correlatie ( $r$ ) van  $< 0.10$  wordt gezien als een klein effect, tussen de 0.10 en 0.50 als een medium effect en  $> 0.50$  als groot effect.

Er zijn lineaire regressieanalyses uitgevoerd, met de score op de subtesten cijferreeks voorwaarts en cijferreeks achterwaarts als afhankelijke variabelen, en de totale slaapduur en

chronotype als onafhankelijke variabelen. Middels deze analyses is onderzocht of er hoofdan wel interactie-effecten bestonden van slaapduur en chronotype op de afhankelijke geheugenvariabelen. Er is gecontroleerd dat er bij geen van de variabelen homoscedasticiteit bestond. Verder is gecontroleerd voor multicolineariteit door de variabelen te centreren om hun eigen gemiddelden. Alle variabelen in de regressieanalyses zijn interval variabelen zonder opmerkelijke uitbijters. Middels moderatieanalyse is vervolgens gekeken of de interactie tussen chronotype en slaapduur effect had op de relatie tussen slaapduur en geheugen. Voor alle toetsen gold een significantieniveau van  $\alpha = .05$ .

## **Resultaten**

De gemiddelde score van de hele steekproef op de CCTQ was 27.61 ( $SD = 5.16$ ). Met behulp van de grenzen van Werner et al. (2009) konden  $n = 110$  (25%) deelnemers geclassificeerd worden als ochtendtype,  $n = 295$  (60%) als gemiddeld type en  $n = 84$  (15%) als avondtype. In Tabel 1 worden de slaapduur en de scores op de verschillende geheugentaken voor de gehele steekproef en voor ieder chronotype van Werner et al. (2009) weergegeven.

De onafhankelijke  $t$ -toets met de gemiddelden van de ochtend- en avondconditie van woordpaartaak als variabelen wees uit dat deze condities niet significant van elkaar verschillen ( $t(483) = .39; p = .698$ ). Er zat geen verschil in gemiddelde score op de woordpaartaak tussen kinderen die in de ochtend of avond de woordpaartaak maakten. Om die reden is de ANOVA met de woordpaartaak als afhankelijke variabele uitgevoerd zonder de groep te verdelen over de ochtend en avondconditie. Vier ANOVA's met de chronotypes van Werner et al. (2009) in elk van hen als onafhankelijke variabele en slaapduur, de cijferreeks voorwaarts, de cijferreeks achterwaarts en de woordpaartaak als de verschillende afhankelijke variabelen werden uitgevoerd. Zoals uit Tabel 1 blijkt, verschillen groepen significant van elkaar in slaapduur, de cijferreeks voorwaarts, de woordpaartaak maar niet in de cijferreeks achterwaarts.

**Tabel 1: Overzicht en ANOVA gegevens van de geanalyseerde instrumenten;  $M$  ( $SD$ )**

	Slaapduur in minuten	Cijferreeks voorwaarts	Cijferreeks achterwaarts	Woordpaartaak
Gehele steekproef $n = 489$	599 (33.77)	5.28 (1.015)	4.46 (1.18)	18.40 (4.63)
Ochtendtype $n=110$	603.13 (35.29)	5.00 (0.97)*	4.30 (0.94)	19.42 (4.82)
Gemiddeld type $n=295$	599.96 (32.34)	5.34 (1.03)	4.45 (1.23)	18.12 (4.54)*
Avondtype $n = 84$	591.04 (38.62)*	5.42 (0.96)	4.67 (1.23)	18.45 (4.39)

\*  $p < .05$

Uit post hoc analyses (LSD) blijkt dat avondtypes significant korter slapen dan zowel het gemiddelde type ( $p = .039$ ) en het ochtendtype ( $p = .018$ ). Ochtendtypes scoren op de subtest cijferreeks voorwaarts significant lager dan zowel het gemiddelde type ( $p = .002$ ) en het avondtype ( $p = .004$ ). Gemiddelde types scoren significant lager op de woordpaartaak dan ochtendtypes ( $p = .014$ ).

Om te onderzoeken of er een relatie is tussen slaapduur, chronotype, de scores op de subtesten cijferreeks voor en achterwaarts en de woordpaartaak zijn er Pearson correlatieanalyses uitgevoerd. Uit Tabel 2 valt op te maken dat slaapduur een significant negatieve relatie heeft met chronotype, de score op de subtest cijferreeks voorwaarts en de score op subtest cijferreeks achterwaarts. Dit betekent dat een langere slaapduur samengaat met de lagere score op de subtesten cijferreeks voor en achterwaarts. Er kan worden gesproken van een middelgroot effect. Verder heeft slaapduur een negatieve relatie met het chronotype wat betekent dat een langere slaapduur ook samengaat met een meer op de ochtend gericht chronotype. Het effect hiervan is echter klein. Als laatste kan uit Tabel 2 worden opgemaakt dat er geen significante relatie bestaat tussen de woordpaartaak en zowel slaapduur als chronotype. Om deze redenen is de woordpaartaak uitgesloten van verdere regressieanalyse.

**Tabel 2: Pearson's correlaties tussen slaapduur, chronotype, de woordpaartaak en de subtesten cijferreeks voorwaarts en cijferreeks achterwaarts**

	Slaapduur	Chronotype	Cijferreeks Voorwaarts	Cijferreeks achterwaarts	Woordpaartaak
Slaapduur	x				
Chronotype	-.10*	x			
Cijferreeks Voorwaarts	-.22**	.12**	x		
Cijferreeks Achterwaarts	-.19**	.09*	.41**	x	
Woordpaartaak	-.09	.09	.06	.09*	X

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

Na het bepalen van de relaties tussen de variabelen is een moderatieanalyse gedaan met de score op de subtest cijferreeks voorwaarts als afhankelijke variabele en slaapduur, chronotype en de interactie tussen slaapduur en chronotype, als onafhankelijke variabelen. In Tabel 3 worden de uitkomsten weergegeven van de moderatieanalyse. In model 1 worden de hoofdeffecten van slaapduur en chronotype op de cijferreeks voorwaarts gemeten. In model 2 wordt naast de hoofdeffecten ook het interactie-effect tussen slaapduur en chronotype gemeten. Er werd geen interactie-effect gevonden wat betekent dat chronotype geen modererend effect heeft op de relatie tussen slaapduur en geheugen. Model 1 ( $F(2, 451) = 13.86, p < .001$ ) is hierdoor het best passend om de score op de cijferreeks voorwaarts te voorspellen. Uit Model 1 blijkt dat slaapduur en chronotype ongeveer 5.8% van de variantie in de score van de voorwaartse cijferreeks verklaren ( $R^2 = .058$ ). Voor de score op de subtest cijferreeks voorwaarts geldt dat een langere slaapduur een negatief effect heeft en meer avondlijkheid een positief effect heeft.

**Tabel 3: Regressieanalyse met als afhankelijke variabele de score op de Cijferreeks voorwaarts (N = 454)**

Variabele	B	Standaard fout	$\beta$	<i>t</i>	Sig.( <i>p</i> )
Model 1 ( $R^2 = .058$ )					
Slaapduur	-.01	.001	-.205	-4.47	.001**
Chronotype	.02	.009	.106	2.32	.021*
Model 2 ( $R^2 = .058$ )					
Slaapduur	-.01	.001	-.205	-4.46	.001**
Chronotype	.02	.009	.106	2.29	.022*
Interactie slaapduur & chronotype	-2.03*E <sup>-5</sup>	.001	-.004	-.09	.932

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .001$

Vervolgens is een moderatieanalyse uitgevoerd met de score op de subtest cijferreeks achterwaarts als afhankelijke variabele en slaapduur, chronotype en de interactie tussen slaapduur en chronotype, als onafhankelijke variabelen. In Tabel 4 worden de uitkomsten gegeven van deze moderatieanalyse. In Model 1 ( $F(2, 451) = 9.75, p < .001$ ) worden de hoofdeffecten van slaapduur en chronotype op de cijferreeks achterwaarts gemeten. In Model 2 ( $F(3, 450) = 6.59, p < .001$ ) wordt naast de hoofdeffecten ook het interactie-effect tussen slaapduur en chronotype gemeten. Uit Model 2 blijkt dat er geen interactie-effect is van slaapduur en chronotype op de score van de cijferreeks achterwaarts. Dit betekent dat chronotype geen modererend effect heeft op de relatie tussen slaapduur en het korte termijn geheugen. Model 1 is hierdoor het best passend om de score op de cijferreeks achterwaarts te voorspellen. Uit Model 1 blijkt dat slaapduur ongeveer 3.7% van de variantie in de score van de cijferreeks voorwaarts verklaart ( $R^2 = .037$ ). Ook voor de cijferreeks achterwaarts geldt dat een langere slaapduur een negatief effect heeft op de score. Uit Model 1 blijkt tevens dat chronotype geen significante voorspeller is van het werkgeheugen als wordt gecorrigeerd voor slaapduur.

**Tabel 4: Regressieanalyse met als afhankelijke variabele de score op de Cijferreeks achterwaarts (N = 454)**

Variabele	B	Standaard fout	$\beta$	<i>t</i>	Sig.( <i>p</i> )
Model 1 (R <sup>2</sup> = .041)					
Slaapduur	-.01	.002	-.185	-3.99	.001*
Chronotype	.02	.010	.069	1.48	.139
Model 2 (R <sup>2</sup> = .042)					
Slaapduur	-.01	.002	-.185	-3.98	.001*
Chronotype	.02	.009	.066	1.42	.157
Interactie slaapduur & chronotype	.001	.001	-.026	-.55	.582

\*  $p < .001$

## Conclusie en discussie

In dit onderzoek is onderzocht wat de relatie is tussen slaapduur en geheugen en de mogelijke rol van chronotype in deze relatie. Middels moderatieanalyse is bepaald of en in welke mate chronotype de relatie tussen slaapduur en geheugen beïnvloedt. Hiernaast is het chronotype onderverdeeld in de chronotypen volgens de grenzen van Werner et al. (2009) en is er gekeken of er binnen deze typen verschillen bestonden in slaapduur, score op de subtesten cijferreeks voorwaarts en cijferreeks achterwaarts en de woordpaartaak.

Voor zowel het werkgeheugen als het kortetermijngeheugen werd gevonden dat chronotype de relatie tussen slaapduur en het type geheugen niet modereert. De verschillen tussen ochtendtypes en avondtypes hebben geen invloed op de relatie tussen slaapduur en geheugen. Dit resultaat is onverwacht, gezien de bewezen relaties tussen slaapduur en chronotype, en chronotype en geheugen. Een mogelijke verklaring is te vinden in de leeftijd van de kinderen. Door een verhoogde aanmaak van het cortisolhormoon (Goerke et al., in press), verschuift het chronotype meer naar de avondlijkheid naarmate de kinderen ouder worden (Roenneberg et al., 2004). In meta-analytisch onderzoek naar de relatie tussen chronotype en cognitieve prestaties vinden Preckel, Lipnevich, Schneider, en Roberts (2011) dat avondlijkheid een positieve relatie heeft met het cognitief presteren. Ook vinden zij dat leeftijd een moderator is in deze relatie en wel zo dat een hogere leeftijd zorgt voor een

sterkere relatie tussen avondlijkheid en cognitief presteren. Het is dus mogelijk dat een moderatie effect van chronotype in deze studie niet gevonden wordt omdat de kinderen nog niet de leeftijd hebben bereikt waarop de relatie tussen chronotype en geheugen sterk genoeg is een moderator te zijn in de relatie tussen slaapduur en geheugen.

Opvallend is dat de slaapduur een negatieve relatie heeft met zowel het korte termijngeheugen als het werkgeheugen. Dit houdt in dat korter slapen een positief effect heeft op het korte termijn- en het werkgeheugen, hoewel het effect in de praktijk verwaarloosbaar is. Dit zou verklaard kunnen worden door het feit dat de NREM-fases steeds korter worden naarmate er mee slaapcycli worden doorlopen 's nachts (Penzel et al., 2003). Langer slapen betekent meer slaapcycli en het is mogelijk dat de zevende of achtste NREM-fases geen significante toevoeging bieden aan het consolideren van geheugen, of zelfs afbraak doen aan hetgeen onthouden diende te worden. Deze mogelijke afbraak wordt veroorzaakt tijdens het consolideren van de gevormde herinnering. De herinnering wordt dan onbewust uit het geheugen opgeroepen en blootgesteld aan nieuwe ervaringen of connecties met ander geacquireerd geheugen. Gedurende dit proces is de herinnering ook kwetsbaar voor verval (Walker, 2004). Het is mogelijk dat er tijdens de kortere NREM fases niet genoeg consolidatie kan plaatsvinden, waardoor het geleerde kans heeft op verval (Diekelmann & Born, 2010).

Een andere verklaring is te vinden in de 'neural efficiency theory' (Haier et al., 1988). In deze theorie wordt gesteld dat intelligentie geen maat is van hoe hard de hersenen werken, maar eerder een maat is van hoe efficiënt ze werken. Studies naar deze theorie laten consequent een negatieve relatie zien tussen IQ scores en verschillende fysiologische variabelen in de hersenen (Geiger et al., 2010). Met andere woorden, hogere IQ scores zijn gerelateerd aan lagere corticale activiteit (Geiger et al., 2010). De theorie omschrijft een relatie tussen een fysiologisch kenmerk (zoals verwerking in de hersenen) en een psychologische eigenschap (zoals geheugenontwikkeling), als de kinderen wakker zijn. Het is aannemelijk dat deze relatie niet alleen geldt voor het wakker zijn, maar ook geldt voor nachtelijke hersenactiviteiten. Kinderen met een beter ontwikkeld geheugen zouden mogelijk een betere informatieverwerking kunnen hebben (gezien door een kortere slaapduur), dan kinderen die een minder ontwikkeld geheugen hebben. De kinderen met een minder goed geheugen moeten mogelijk langer slapen om dezelfde hoeveel informatie te verwerken.

Uit huidig onderzoek blijkt eveneens dat chronotype een relatief kleine significante voorspeller is van het korte termijngeheugen. Dit betekent dat naarmate iemand zichzelf meer



een avondpersoon voelt, hij een beter ontwikkeld kortetermijngeheugen heeft. Dit wordt bevestigd door de resultaten uit de ANOVA waar avondtypes gemiddeld de hoogste scores halen en ochtendtypes significant lager scores dan de gemiddelde types en avondtypes. Deze resultaten kunnen mogelijk worden verklaard door het verschil in de verdeling van alertheid tussen ochtend en avondtypes. Ochtendtypes zijn later op de dag alerter dan in de ochtend, terwijl bij avondtypes de alertheidscores gedurende de gehele dag relatief gelijk blijven (Matchock & Mordkoff, 2009). Het moment van testafname zou hierom een verschil kunnen maken in de resultaten. Een volgend onderzoek zou middels een experiment kunnen testen wat het effect is van een ander afnamemoment, later op de dag.

Voor het werkgeheugen is het chronotype geen significante voorspeller. Ook tussen de chronotypen van Werner et al. wordt geen significant verschil gevonden in het werkgeheugen. Dit sluit niet aan bij het onderzoek van Matchock en Mordkoff (2009) waar zij vinden dat chronotype invloed uitoefent op de executieve functies, waarvan werkgeheugen een onderdeel is. Ook hier zou leeftijd een rol kunnen spelen. In het onderzoek van Matchock en Mordkoff (2009) is een oudere doelgroep gebruikt. Mogelijk is het effect van chronotype rond deze leeftijd nog niet sterk genoeg om het werkgeheugen te beïnvloeden.

Een van de limitaties van dit onderzoek was er geen objectieve meetinstrumenten zijn gebruikt om slaapduur of chronotype te meten. Met behulp van concretere meetinstrumenten, zoals de slaapduur meten aan de hand van EEG beelden, rekening houden met onderbrekingen van de nacht en chronotype classificeren op basis van de hoeveelheid cortisol (Goerke et al., in press), zou de relatie tussen chronotype en slaapduur beter onderzocht kunnen worden. Mogelijk wordt er dan meer duidelijk over het effect van chronotype op het consolideren van geheugen tijdens slaap.

Een andere limitatie van dit onderzoek is de manier waarop het korte termijngeheugen en het werkgeheugen in beeld werd gebracht. De subtesten cijferreeks voorwaarts en cijferreeks achterwaarts werden enkel op een visuele manier aangeboden waarbij er geen rekening gehouden werd met eventuele dyslexie of andere leesproblemen. In WISC-III testbatterij worden deze subtesten om deze reden op een auditieve manier aangeboden. Ook de woordpaartaak, een tweede manier om het declaratief geheugen te meten, droeg niet bij aan de betrouwbaarheid van de meting van het korte termijngeheugen. Van de woordpaartaak die speciaal voor het grootschalige onderzoek is ontwikkeld, zijn geen betrouwbaarheids- of validiteitsgegevens bekend. Gezien de significante correlatie met de score op subtest cijferreeks achterwaarts lijkt de eerste afname van de woordpaartaak meer een beeld te geven

van het werkgeheugen dan van het declaratieve geheugen waarvoor de test origineel ontwikkeld was.

Afsluitend kan gezegd worden dat de gevonden resultaten bijdragen aan de bestaande kennis over de relatie tussen slaapduur, chronotype en geheugen. Dit onderzoek geeft een aantal aanknopingspunten voor vervolgonderzoek, zoals een duidelijker beeld verkrijgen van de variabelen slaapduur en chronotype, en het onderzoeken naar de status van de relatie tussen slaapduur, chronotype en geheugen in andere leeftijdsgroepen. Hoewel de resultaten met enige voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd, geven ze weer dat langer slapen niet voor iedereen bijdraagt een beter declaratief geheugen. De klinische relevantie van dit onderzoek is dat het de discussie over langer slapen in relatie tot betere schoolresultaten op gang brengt. Mogelijk helpen de resultaten om ouders tot het nadenken over eventuele aanpassing in het slaappatroon van hun kinderen. Ouders zouden, wat slaap betreft, gericht naar de behoeften van hun kinderen kunnen kijken en hier adequaat op in kunnen steken. Om vervolgens een goed advies te kunnen geven over eventuele aanpassingen aan school- en bedtijden, zou verder onderzoek gedaan moeten worden waarin minimaal ook de alertheid gedurende de dag, de schoolprestaties en eventuele slaapverstoringen van de kinderen wordt meegenomen.

## REFERENTIES

- Backhaus, J., Hoeckesfeld, R., Born, J., Hohagen, F. & Junghanns, K. (2008). Immediate as well as delayed post learning sleep but not wakefulness enhances declarative memory consolidation in children. *Neurobiology of Learning and Memory*, 89, 76-80.
- Banks, S. & Dinges, D. F. (2007). Behavioral and physiological consequences of sleep restriction. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 3(5), 347-360.
- Basner, M., Mollicone, D. & Dinges, D. F. (2011). Validity and sensitivity of a brief psychomotor vigilance test (PVT-B) to total and partial sleep deprivation. *Acta Astronautica*, 69, 949-959.
- Broeren, S. & Muris, P. (2010). A psychometric evaluation of the behavioral inhibition questionnaire in a non-clinical sample of Dutch children and adolescents. *Child Psychiatry and Human Development*, 41, 214-229. doi: 10.1007/s10578-009-0162-9
- Bruni, O., Ottaviano, S., Guidetti, V., Romoli, M., Innocenzi, M., Cortesi, F. & Gianotti, F. (1996). The Sleep Disturbance Scale for Children (SDSC) construction and validation of an instrument to evaluate sleep disturbances in childhood and adolescence. *Journal of Sleep Research*, 5(4), 251-261.

- Buysse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R. & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, *28*, 193-213.
- Diekelmann, S. & Born, J. (2010). The memory function of sleep. *Sleep*, *11*, 114-126.
- Ellis, L. K. & Rothbart, M. K. (2001). Revision of the Early Adolescent Temperament Questionnaire. In University of Oregon (Ed.), *Poster presented at the Biennial Meeting of the Society for Research in Child Development* (pp. 1-6). Minneapolis, Minnesota.
- Fenn, K. M., Nusbaum, H. C. & Margoliash, D. (2003). Consolidation during sleep of perceptual learning of spoken language. *Letters to Nature*, *425*, 614-617.
- Geiger, A., Achermann, P. & Jenni, O. G. (2010). Association between sleep duration and intelligence scores in healthy children. *Developmental Psychology*, *46*(4), 949-954.
- Goerke, M., Cohrs, S., Rodenbeck, A., Grittner, U., Sommer, W. & Kunz, D. (in press). Declarative memory consolidation during the first night in a sleep lab: The role of REM sleep and cortisol. *Psychoneuroendocrinology*. doi: 10.1016/j.psyneuen.2012.10.019
- Goodman, R. (2001). Psychometric properties of the Strengths and Difficulties Questionnaire. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *40*, 1337-1345.
- Haier, R. J., Siegel, B. V., Nuechterlein, K. H., Hazlett, E., Wu, J. C., Paek, J. & Buchsbaum, M. S. (1988). Cortical glucose metabolic rate correlates of abstract reasoning and attention studied with positron emission tomography. *Intelligence*, *12*(2), 199-217.
- Maquet, P. (2001). The role of sleep in learning and memory. *Science*, *294*, 1048.
- Matchock, R. L. & Mordkoff, J. T. (2009). Chronotype and time-of-day influences on the alerting, orienting, and executive components of attention. *Experimental Brain Research*, *192*, 189-198. doi: 10.1007/s00221-008-1567-6
- Morin, C. M., Bellevill, G. & Belanger, L. I., Hans. (2011). The Insomnia Severity Index: Psychometric Indicators to Detect Insomnia Cases and Evaluate Treatment Response. *Sleep*, *34*(5), 601-608.
- Muellbacher, W., Ziemann, U., Wissel, J., Dang, N., Kofler, M., Facchini, S., . . . Hallett, M. (2002). Early consolidation in human primary motor cortex. *Nature*, *415*, 640-644.
- Nixon, G. M., Thompson, J. M., Han, D. Y., Clark, P. M., Robinson, E., Waldie, K. E. & Mitchell, E. A. (2008). Short sleep duration in middle childhood: Risk factors and consequences. *Sleep*, *31*(1), 71-78.
- Penzel, T., Kantelhardt, J. W., Lo, C.-C., Voigt, K. & Vogelmeier, C. (2003). Dynamics of heart rate and sleep stages in normals and patients with sleep apnea. *Neuropsychopharmacology*, *28*, S48-S53.
- Petersen, A. C., Crockett, L., Richards, M. & Boxer, A. (1988). A self-report measure of pubertal status: reliability, validity and initial norms. *Journal of Youth and Adolescence*, *17*(2), 117-133.
- Preckel, F., Lipnevich, A. A., Schneider, S. & Roberts, R. D. (2011). Chronotype, cognitive abilities, and academic achievement: A meta-analytic investigation. *Learning and Individual Differences* *21*, 483-492.

- Randazzo, A. C., Muelbach, 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.
- Roenneberg, T. (2012). What is chronotype? *Sleep and Biological Rhythms*, 10, 75-76.
- Roenneberg, T., Kuehne, T., Pramstaller, P. P., Ricken, J., Havel, M., Guth, A. & Meroow, M. (2004). A marker for the end of adolescence. *Current Biology*, 14(24), R1038-R1039.
- Siegel, J. M. (2001). The REM sleep-memory consolidation hypothesis. *Science*, 294, 1058.
- Smith, C. S., Folkard, S., Schmieder, R. A., Parra, L. F., Spelten, E., Almira, H., . . . Tisak, J. (2002). Investigation of morning-evening orientation in six countries using the preferences scale. *Personality and Individual Differences*, 32, 949-968.
- Tulving, E. & Schacter, D. L. (1990). Priming and human memory systems. *Science*, 247(4940), 301-306.
- Van Cauter, E., Leproult, R. & Plat, L. (2008). Age-related changes in Slow Wave Sleep and REM sleep and relationship with growth hormone and cortisol levels in healthy men. *Journal of the American Medical Association*, 284(7), 861-868.
- Walker, M. P. (2004). Issues surrounding sleep-dependent memory consolidation and plasticity. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 61, 3009-3015.
- Walker, M. P. & Stickgold, R. (2006). Sleep, memory, and plasticity. *Annual Review Psychology*, 57, 139-166.
- Werner, H., LeBourgeois, M. K., Geiger, A. & Jenni, O. G. (2009). Assessment of chronotype in four- to eleven-year-old children: reliability and validity of the children's chronotype questionnaire (CCTQ). *Chronobiology International*, 26(5), 992-1014.
- Werner, H., Molinari, L., Guyer, C. & Jenni, O. G. (2008). Agreement rates between actigraphy, diary and questionnaire for children's sleep patterns. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 162(4), 350-358.
- Wilhelm, I., Prehn-Kristensen, A. & Born, J. (2012). Sleep-dependent memory consolidation - What can be learnt from children? *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36, 1718-1728.