

# MASTER'S THESIS

MBO in beweging

Het Effect van Matig Intensieve Lichaamsbeweging op Executieve Prestaties

Luteijn, P.J.

**Award date:**

2018

**Awarding institution:**

Open Universiteit

[Link to publication](#)

## General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

## Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[pure-support@ou.nl](mailto:pure-support@ou.nl)

providing details and we will investigate your claim.

Downloaded from <https://research.ou.nl/> on date: 02. Jul. 2022

**Open Universiteit**  
[www.ou.nl](http://www.ou.nl)



# MBO in Beweging

Het Effect van Matig Intensieve Lichaamsbeweging op  
Executieve Prestaties

The Effect of Moderate Intensive Physical Activity on  
Executive Performance

Petra Luteijn

Master Onderwijswetenschappen  
Open Universiteit

Datum: 6 maart 2018

Studentnummer: 851657420

Begeleider: Dr. J. Gijssels

## **Inhoudsopgave**

Inhoudsopgave .....	1
<i>Samenvatting</i> .....	2
<i>Summary</i> .....	3
<i>Inleiding</i> .....	4
Effect van fysieke activiteiten op leerprestaties .....	5
Mechanismen .....	6
Executieve functies .....	7
De relatie tussen executieve functies en leerprestaties .....	8
Effect van fysieke activiteiten op de executieve functies .....	10
Relatie tussen diverse variabelen van fysieke oefeningen en executieve prestaties .....	12
Vraagstelling .....	14
<i>Methode</i> .....	15
Technische ontwerp .....	15
Participanten .....	16
Materialen .....	16
Procedure .....	18
Data-analyse .....	19
<i>Resultaten</i> .....	20
Beschrijvende statistiek proefpersonen en scores van de cognitieve toetsen .....	20
Verschillen tussen de scores van de voormetingen en de nametingen .....	21
Het effect van matig intensieve lichaamsbeweging op de executieve prestaties .....	23
<i>Conclusies, discussie en aanbevelingen</i> .....	27
Conclusie .....	27
Discussie .....	28
Voordelen en beperkingen van deze studie .....	29
Aanbevelingen .....	31
<i>Referenties</i> .....	33

## Samenvatting

Onderzoek toont aan dat fysieke activiteiten goed zijn voor de leerprestaties. Onderliggende oorzaken zijn neurologische processen die plaatsvinden tijdens en na fysieke oefeningen. Deze hebben invloed op de executieve functies. Executieve functies (ook wel uitvoerende controle of cognitieve controle genoemd) verwijzen naar een aantal mentale processen die nodig zijn voor concentratie en het geven van aandacht. Er is een sterke positieve relatie tussen executieve functies en leerprestaties. Het is echter nog niet duidelijk vanaf welke mate en intensiteit van fysieke oefening executieve functies positief worden beïnvloed. Het lijkt er op dat 10 minuten stevig wandelen al een kortdurend positief effect heeft op de executieve prestaties van MBO studenten, maar de resultaten zijn niet eenduidig. Daarom is het zinvol om na te gaan of kortdurende matig intensieve fysieke oefeningen hier een positieve invloed op hebben. Doel van dit onderzoek is na te gaan of er een significant verschil is in executieve prestaties van studenten die 10 of 5 minuten stevig gelopen hebben ten opzichte van studenten die niet gelopen hebben. Als dit aangetoond kan worden, kan dit resulteren in een bruikbare en realistische bewegingsinterventie die kan worden ingevoerd binnen het schoolrooster.

Het experimentele onderzoek vond plaats in zeven klassen onder 119 studenten van verschillende leerjaren en niveaus van de MBO opleidingen Toerisme, Jeugdzorg en Onderwijsassistent. De studenten werden willekeurig verdeeld in drie groepen, waarbij de eerste groep 10 minuten stevig liep samen met de eigen docent, één groep 5 minuten stevig liep met de onderzoeker en één groep in het lokaal bleef met een assistent die een rustig filmpje vertoonde. Diverse cognitieve testen werden voorafgaand en na afloop van het lopen afgenomen om de executieve prestaties van de studenten te meten. De verschillen tussen de voor- en nametingen van de verschillende cognitieve tests werden per groep met elkaar vergeleken. Om de inhibitie te testen werd gebruik gemaakt van de D2 test. Voor cognitieve flexibiliteit werd de Symbol Digit Modalities Test (SDMT) gebruikt. Voor updating en werkgeheugen werd gebruik gemaakt van de Digit span forward en de Digit span backward, een onderdeel van de Wechsler Intelligence Scales IV.

De groepen die 10 of 5 minuten gelopen hadden bleken niet significant beter te presteren dan de groep die niet gelopen had, ook was er geen verschil tussen de groepen die wel gelopen hadden. Geconcludeerd mag worden dat in deze studie uitgevoerde fysieke activiteiten onvoldoende zijn om de executieve prestaties van MBO studenten meetbaar te beïnvloeden. Toekomstig onderzoek moet uitwijzen welke duur en intensiteit minimaal noodzakelijk zijn om een significant effect te hebben op hun executieve prestaties en daarmee op hun leerresultaat.

Trefwoorden: cognitieve testen, executieve functies, matig intensieve lichaamsbeweging, MBO studenten

## Summary

Previous research has shown that physical activities are beneficial for learning achievement. The underlying causes are neurological processes that take place during and after physical exercises. These affect the executive functions. Executive functions (also known as executive control or cognitive control) refer to a number of mental processes that are required for concentration, focus, and attention. There is a strong positive relationship between executive functions and academic performance. However, it is not yet clear from what extent and intensity of physical activity executive functions are positively being influenced. It seems that 10 minutes of brisk walking has a short-term positive effect on the executive performance of vocational school students, but the results are not unequivocal. That is why it is of interest to investigate if short-term moderate intensive physical exercises have a positive effect on this. The aim of this study is to examine if there is a significant difference in executive performance of students who have walked 10 or 5 minutes in relation to students who have not walked. If this can be demonstrated, this can result in a useful and realistic movement intervention that can be entered within the school schedule.

The experimental research took place in seven classes among 119 students of different school years and levels of the vocational school study programs Tourism, Youth Care and Teaching Assistant. The students were randomly divided into three groups where the first group walked for 10 minutes together with their own teacher, the second group walked with the researcher for 5 minutes and one group stayed behind in the room with an assistant who showed a non-exiting video. Various cognitive tests were administered before and after the intervention to assess the executive performance of the students. The difference scores between the pre- and post-tests of the different cognitive tests were compared per group. To test the inhibition, use was made of the D2 test. The Symbol Digit Modalities Test (SDMT) was used for cognitive flexibility. For update and working memory the Digit span forward and the Digit span backward, part of the Wechsler Intelligence Scales IV, were used.

The groups that had walked 10 or 5 minutes did not perform significantly better than the group that had not walked, nor was there a difference between the groups that had walked. It can be concluded that the physical activities carried out in this study are insufficient to measurably influence the executive performance of vocational school students. Future research should focus on which duration and intensity of physical exercises are minimally necessary to have a significant effect on their executive performance and thus on their learning outcomes.

MBO in Beweging: Het Effect van Matig Intensieve Lichaamsbeweging op Executieve prestaties

## Inleiding

Er is een toenemende belangstelling voor het effect van fysieke activiteiten op leerprestaties. De laatste jaren zijn er vele studies verschenen die een positief effect aantonen van lichamelijke oefeningen op leerprestaties, op hersenfuncties en op psychologisch welbevinden (van Orman, 2016).

Fysieke activiteiten hebben een positieve invloed op prestaties die effectief executief functioneren vereisen (Barenberg, Berse, & Dutke, 2011). Executieve functies zijn een reeks algemene controleprocessen die de gedachten en het gedrag van mensen regelen. Deze zijn van essentieel belang voor de zelfcontrole en voor het vermogen tot zelfregulatie en hebben brede en significante implicaties voor ieders dagelijks leven (Miyake & Friedman, 2012). Er is in een aantal studies een directe relatie aangetoond tussen executieve functies en academische prestaties op veel gebieden (Best, Miller, & Taglieri, 2011; Miyake et al., 2000; Samuels, Tournaki, Blackman, & Zilinski, 2016).

Naar de effecten van de verschillen in duur en intensiteit van lichaamsbeweging en de tijdsspanne tussen fysieke oefening en cognitieve tests op executieve prestaties is veel onderzoek gedaan, maar de resultaten zijn niet eenduidig. Smith et al. (2016) stellen dat deze ambivalentie te wijten is aan de verschillende oefenprotocollen, methoden van beoordeling van de oefenintensiteit en het soort lichaamsbeweging dat is uitgevoerd in de verschillende studies. Daarnaast is niet bekend bij welke hoeveelheid fysieke activiteit al een positieve invloed op de executieve prestaties meetbaar is bij jongeren die een beroepsopleiding volgen (leeftijd tussen 16 en 20 jaar). Juist bij deze leeftijdscategorie valt te verwachten dat beweeginterventies een positief resultaat zullen hebben omdat hun hersenen nog in ontwikkeling zijn (Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek, 2016).

MBO studenten bewegen vaak te weinig. De Nederlandse Norm Gezond Bewegen (NNGB) is voor jongeren (4-17 jaar) dagelijks minimaal één uur matig intensieve lichamelijke activiteit, waarvan minimaal twee keer per week kracht-, lenigheid- en coördinatieoefeningen voor het verbeteren of handhaven van de lichamelijke fitheid (TNO, 2011). Bij een onderzoek door de Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO) uit 2011, bleek dat slechts 35% van de onderzochte studenten voldeed aan de norm. Tachtig procent van de deelnemers aan dit onderzoek zat buiten schooltijd meer dan 2 uur per dag achter de televisie en/of de computer. Deze groep voldoet hiermee niet aan de norm voor sedentair gedrag, opgesteld door de American Academy of Pediatrics en de National Association for Sport and Physical Education die stelt dat de zittende activiteiten buiten schooltijd beperkt moeten worden tot minder dan twee uur per dag (TNO, 2011).

De doelstelling van dit onderzoek is inzicht te verkrijgen in het effect van kortdurende, matig intensieve fysieke activiteiten op de executieve prestaties van MBO studenten. Op deze manier wordt getracht een bijdrage te leveren aan de bestaande kennis over het effect van deze mate en intensiteit van fysieke activiteiten op het leerresultaat van jonge mensen. Allereerst zal een aantal studies worden besproken met betrekking tot de relatie tussen executieve prestaties en leerresultaat en op het effect van diverse vormen en intensiteiten van fysieke oefening op de executieve prestaties. Daarna zal worden ingegaan op de resultaten van een experimenteel onderzoek dat is verricht onder MBO studenten. Afgesloten wordt met conclusies, discussie en aanbevelingen.

### **Effect van fysieke activiteiten op leerprestaties**

Fysieke activiteiten worden gedefinieerd als lichaamsbeweging die geproduceerd wordt door skeletspieren wat resulteert in energieverbruik (Caspersen, Powell, & Christenson, 1985). Fysieke activiteiten worden onder andere uitgedrukt in Metabolic Equivalent of Task (MET). Eén MET staat gelijk aan het energieverbruik in rust. Deze index wordt algemeen gebruikt door onderzoekers en artsen om het zuurstofverbruik uit te drukken. De intensiteiten van fysieke activiteiten worden hiermee beschreven als veelvoud van de rustsituatie van 1 MET waarde. Dit is bruikbaar om oefeningen van verschillende intensiteiten te beschrijven (Hills, Mokhtar, & Byrne, 2014).

Bij een review van Fedewa en Ahn (2011) waarin 59 studies onderzocht werden, kwam naar voren dat fysieke activiteiten een significante invloed hebben op de academische prestaties. Hierbij werd de grootste effectiviteit van fysieke activiteiten gemeten bij wiskunde, gevolgd door een positief, significant effect op IQ en leesvaardigheden. Standaardtesten zijn voornamelijk gebaseerd op wiskunde en leesvaardigheden. Misuraca, Meceli en Teuscher (2017) komen tot dezelfde conclusie. Volgens hen verbeteren fysieke activiteiten het geheugen, de concentratie, de creativiteit, de perceptuele vaardigheden, wiskunde, verbale vaardigheden en academische prestaties. Bij een driejarig experiment door Donnelly et al. (2009) in het kader van het PAAC project (Physical Activity Across the Curriculum) voerden kinderen verspreid over de week tijdens het leren gemiddeld 90 minuten matig tot krachtig intensieve fysieke activiteiten uit in de klas. De resultaten op het gebied van lezen, spelling en rekenen waren significant hoger dan bij kinderen die op de traditionele manier les kregen (Donnelly et al., 2009). Ook Kantomaa et al. (2016) vinden een positieve relatie tussen fysieke activiteiten en leerprestaties bij adolescenten. Zij verklaren dat door een toename van de gezondheid, de structuur en functie van de hersenen. Daarnaast gaat veroorzaakt sporten opwinding en gaat het verveling tegen. Dit leidt volgens hen tot een toename van de concentratie.

Keeley en Fox (2009) zijn in hun review kritisch over de door hen onderzochte 18 studies, omdat ze vinden dat de kwaliteit van de studies vaak zwak is. Zij stellen dat er mogelijk een zwakke relatie tussen dagelijkse fysieke activiteiten en academische prestaties is, maar dat er diverse plausibele

alternatieve verklaringen kunnen zijn, zoals motivatieniveau, cognitieve vaardigheden, clustering van bekwaamheid, ouderlijke aanmoediging en logistieke ondersteuning. Ze geven echter ook toe dat er in ieder geval geen nadelig effect is, wanneer er meer schooltijd besteed wordt aan fysieke activiteiten. Zij vinden dat er onderzoek moet worden uitgevoerd van hoge kwaliteit naar de invloed van acute en reguliere fysieke activiteiten op de cognitieve functies van kinderen en jongeren.

Howie en Pate (2012) stellen daartegenover dat de kwantiteit en de kwaliteit van studies naar fysieke activiteiten en academische prestaties de laatste vijf jaren aanmerkelijk zijn vergroot. De experimentele studies gebruikten sterkere onderzoeksopzetten en een grotere steekproef omvang. Tevens gebruikte deze studies meer valide en gestandaardiseerde maatstaven voor het meten van fysieke activiteiten en uitkomsten van cognitieve prestaties. Zij onderbouwen dit met een vergelijking van studies van vóór en na 2007 waarin te zien is dat de kwaliteit van de studies na 2007 sterk is verbeterd met betrekking tot steekproefomvang en onderzoeksopzet. Evenals Keeley en Fox erkennen zij dat toekomstige studies met sterke onderzoeksopzetten moeten onderzoeken welke soorten en hoeveelheden fysieke activiteiten nodig zijn om de cognitie, in het bijzonder de executieve functies te verbeteren.

## **Mechanismen**

Fysieke oefeningen kunnen een positief effect hebben op de gezondheid van de hersenen door het activeren van specifieke processen die de synaptische plasticiteit (i.e., het vermogen van de verbinding tussen twee zenuwcellen om van sterkte te veranderen) en de groei en het overleven van neuronen (d.w.z., zenuwcellen) bevorderen (Marquez, Vanaudenaerde, Troosters, & Wenderoth, 2015). Barenberg et al. (2011) noemen ten minste drie fysiologische veranderingen die veroorzaakt worden door fysieke activiteiten, met gunstige effecten voor cognitieve en specifiek executieve functies. De eerste verklaring richt zich op de bloedtoevoer naar de hersenen. Fysieke activiteiten vergroten het volume en de snelheid van de bloedtoevoer naar en door de hersenen bij dieren en mensen. Dit faciliteert de zuurstofvoorziening in hersengebieden die relevant zijn voor cognitieve functies. In studies met mensen bleek dat lichamelijke oefening leidde tot toename van de bloedtoevoer naar en door de hersenen, wat men meestal associeert met de executieve functies.

De tweede fysiologische verklaring betreft de neuronale reparatie en plasticiteit van de architectuur van de hersenen, die geregeld wordt door neurotrofinen (i.e., stoffen die in de hersenen voorkomen en ervoor zorgen dat de cellen goed blijven werken). In diverse studies is aangetoond dat fysieke activiteiten leiden tot vrijgave van neurotrofinen bij dieren en mensen. Op die manier wordt de efficiëntie vergroot van neuronale processen. In dierstudies was het grootste effect waargenomen bij de hippocampus, die via zenuwbanen rechtstreeks verbonden is met de prefrontale cortex (deel van de hersenen dat betrokken is bij cognitieve en emotionele functies als beslissingen nemen, plannen,



sociaal gedrag en impulsbeheersing) (Barenberg et al., 2011). De hippocampus is cruciaal voor het geheugen en gespecialiseerd in het combineren van informatie uit diverse zintuigen. Daarnaast speelt de hippocampus een rol bij de ruimtelijke oriëntatie en bij het maken van een voorstelling van de toekomst (Swaab, 2010).

De studie van Marquez et al. (2015) sluit hierbij aan. In hun studie wordt beschreven dat bij fysieke oefening de vrijgave van brain-derived neurotrophic factor (BDNF) wordt verhoogd. BDNF is een neurotrofine die cruciale functies van het centrale zenuwstelsel reguleert zoals neurogenese (i.e., het ontstaan van nieuwe zenuwcellen), neuroprotectie (i.e., het relatieve behoud van de zenuwstructuur) en neuroregeneratie (i.e., het herstellen van schade aan het zenuwstelsel). Verder is BDNF betrokken bij het overleven van cellen en de ontwikkeling en het behoud van synaptische verbindingen (i.e., contactplaatsen) tussen neuronen. Bij proeven met knaagdieren is herhaaldelijk aangetoond dat fysieke oefening de vrijgave van BDNF vergroot, zelfs bij één oefensessie. Deze toename van BDNF in de hersenen wordt positief geassocieerd met toegenomen cognitie, speciaal bij leer- en geheugentaken die afhankelijk zijn van de hippocampus (Marquez et al., 2015). Ook bij mensen wordt aangenomen dat acute fysieke oefening BDNF niveaus in het brein verhoogt (Marquez et al., 2015). Dit wordt bevestigd door Hötting, Schickert, Kaiser, Röder, en Schmidt-Kassow (2016), die stellen dat het waarschijnlijk is dat BDNF een rol speelt bij door fysieke oefening veroorzaakte plasticiteit. Het is betrokken bij mechanismen van leren en geheugen, bijvoorbeeld bij het onderhoud van dendriten (uiteinden van de neuronen) en bij neurogenese.

De derde fysiologische verklaring van Barenberg et al. (2011) betreft de rol van de neurotransmitters (i.e., signaalstoffen die impulsen overdragen) in de hersenen, in het bijzonder norepinefrine en dopamine (i.e., norepinefrine is een stof die een opwekkende werking heeft, dopamine geeft een prettig gevoel). Bij diverse studies met dieren en mensen werd gevonden dat deze neurotransmitters waren verhoogd door fysieke activiteiten. Men denkt dat dit een cruciale rol speelt in de executieve controleprocessen. Dit is in overeenstemming met Winter et al. (2007) die concludeerden dat een toename van dopamine in het bloedplasma gedurende het leren gerelateerd is aan betere retentie uitkomsten direct na het leren en na één week. Het is nog niet helemaal duidelijk hoe de neurobiologische mechanismen fysieke activiteiten verbinden met executieve functies, maar deze onderzoeken geven een impressie hoe fysieke activiteiten invloed kunnen hebben op executief functioneren (Barenberg et al., 2011).

### **Executieve functies**

Volgens Howie en Pate (2012) zijn executieve functies een grote voorspeller voor academisch succes. Executieve functies (ook wel uitvoerende controle of cognitieve controle genoemd) verwijzen naar een aantal mentale processen die nodig zijn voor concentratie en het geven van aandacht, wanneer niet

automatisch vertrouwd kan worden op instinct of intuïtie. Het gebruik van executieve functies kost inspanning, het is makkelijker door te gaan met wat je al aan het doen bent dan om te veranderen (Diamond, 2013). Weng, Pierce, Darling en Voss (2016) definiëren de executieve functies als een familie van cognitieve processen die doelgericht gedrag bevorderen, inclusief werkgeheugen, inhibitie, aandacht en cognitieve flexibiliteit. Executieve functietaken belasten de gewone cognitieve processen zoals plannen maken, zelf-monitoring, veranderen en impulscontrole (Best, Miller, & Naglieri, 2011).

Miyake et al. (2000) omschrijven executieve functies als updating, shifting en inhibitie. Updating houdt in het controleren, opslaan en bijwerken van informatie in het werkgeheugen. Hierbij wordt informatie die niet meer relevant is, vervangen door nieuwe, relevantere informatie. Shifting is het heen en weer verschuiven tussen meerdere taken, activiteiten of mentale reeksen. Inhibitie betreft, als eerder aangegeven, het onderdrukken van dominante, automatische of overheersende reacties wanneer dat nodig is (Miyake et al., 2000; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Weng et al. (2016) beschrijven inhibitie als een component van de executieve functies die betrokken is bij de controle over stimuli die irrelevant zijn voor de taakuitvoering (interferentiecontrole) en de inhibitie van gedragsresponses (responsinhibitie).

### **De relatie tussen executieve functies en leerprestaties**

Executief functioneren is een goede voorspeller voor schoolprestaties. Bij een studie van Alptekin en Ercetin (2009) naar de relatie tussen de opslagcapaciteit van het werkgeheugen en leesbegrip bij het leren van een tweede taal bij Turkse jongvolwassenen (tussen 20 en 23 jaar) bleek dat het werkgeheugen een belangrijke factor is bij het leesbegrip. Unsworth en Engle (2007) concludeerden dat mensen met een lage werkgeheugencapaciteit opgeslagen informatie veel langzamer terughalen dan mensen met een hoge werkgeheugencapaciteit. Deze verschillen komen specifiek tot uiting in situaties waar informatie actief moet worden bewaard of wanneer een gecontroleerde strategische zoektocht naar informatie uit het geheugen moet worden gehaald die nodig is voor de uit te voeren taak. Mensen met een lage werkgeheugencapaciteit zullen meer irrelevante informatie opnemen dan mensen met een hoge werkgeheugencapaciteit. Volgens Sprenger et al. (2013) zijn processen van het werkgeheugen betrokken bij diverse cognitieve processen, zoals visuele en auditieve aandacht, het leren en begrijpen van taal en het oplossen van problemen.

Informatie over de relatie tussen updating en leerprestaties was niet te vinden bij jongvolwassenen. Daarom worden hier enkele studies besproken over deze relatie bij personen met andere leeftijden. Gijselaers, Meijs, Neroni, Kirschner en de Groot (2017) vonden bij studenten van de Open Universiteit, voornamelijk in de leeftijd tussen de 26 en 45 jaar, een significante relatie tussen updating enerzijds en academische prestaties en studievoortgang anderzijds. Lee en Bull (2016) vonden een sterke positieve correlatie tussen werkgeheugen, updating en wiskundige prestaties bij

kinderen tussen de 5 en 15 jaar. Bij de hogere leeftijdsgroepen was deze correlatie iets minder dan bij de lagere leeftijdsgroepen. Volgens hen werkt het effect van werkgeheugen en updating op wiskundige prestaties onder de jongste categorie als een voorspeller voor de gemiddelde vooruitgang in de hogere leerjaren.

Passolunghi en Pazzaglia (2004) onderzochten eveneens de relatie tussen updating en het oplossen van rekenkundige problemen bij basisschoolleerlingen. Zij bemerkten dat kinderen met een laag vermogen tot updating al snel ervaren dat ze overladen worden met informatie en niet meer kunnen beoordelen of nieuwe informatie relevant is. Hun conclusie is dat updatingtaken een complex beheer van activatieprocessen vragen waarbij voortdurend de status van alle informatie gemoduleerd moet worden. Dit is in overeenstemming met de studie van Passolunghi en Pazzaglia (2005) die de prestaties vergeleken van twee groepen basisschoolkinderen met een hoog en een laag probleemoplossend vermogen bij een updatingtaak. De kinderen met een laag probleemoplossend vermogen behaalden minder goede resultaten. Dit deed hen concluderen dat het erop lijkt dat problemen oplossen berust op het centraal executief functioneren voor het verwerken en updaten van de informatie die besloten ligt in de problemen.

Inhibitie is volgens Latzman, Elkovitch, Young en Clark (2010) gerelateerd aan prestaties bij wiskunde en natuurwetenschap. Volgens hen is inhibitie heel belangrijk bij wiskundige prestaties, gegeven de toenemende complexiteit van het materiaal. Dat vraagt gelijktijdig onderzoek en evaluatie van informatie die het werkgeheugen binnenkomt en het updaten van deze informatie wanneer dat van toepassing is. Deze processen zijn ook belangrijk bij leesbegrip. Barenberg et al. (2011) vonden in hun review bewijs dat inhibitie en updating een positieve relatie hebben met vaardigheid in taal, wiskunde en natuurwetenschap. Volgens St Clair-Thompson en Gathercole (2006) is inhibitie geassocieerd met verwezenlijking van het hele curriculaire gebied, wat aangeeft dat inhibitievaardigheden academisch leren in het algemeen ondersteunen.

In hun studie onder jongens tussen 11 en 16 jaar werd door Latzman et al. (2010) gevonden dat conceptuele flexibiliteit (i.e., het vermogen om flexibel te denken en te gedragen) prestaties verklaart bij lezen en natuurwetenschap. Dit aspect van executieve functies vraagt shifting van mentale reeksen, het initiëren van probleemoplossend gedrag en het formuleren van nieuwe concepten. Verrassend genoeg was er geen relatie tussen conceptuele flexibiliteit en wiskunde gevonden. Als mogelijke verklaring geven ze dat dit te maken heeft met het gegeven dat ze gebruik hebben gemaakt van adolescenten waarbij zoals hierboven gemeld inhibitie specifiek belangrijk is bij wiskundige prestaties. Bij jongere proefpersonen was deze relatie wel aangetoond.

Dit lijkt er op te wijzen dat inhibitie en shifting verschillende vaardigheden zijn. Diamond (2013) stelt dat het makkelijker is om een dominante reactie te onderdrukken dan te wisselen tussen taken. Cognitieve flexibiliteit is een van de meest veeleisende executieve functies. Een aanwijzing hiervoor

kan zijn dat het vermogen tot het wisselen tussen taken toeneemt bij opgroeiende kinderen en afneemt bij het ouder worden (Diamond, 2013).

Miyake en Friedman (2012) namen waar dat algemene executieve functies en shifting specifieke vaardigheden soms tegenovergestelde correlatiepatronen laten zien. De vaardigheid om actief een bepaalde taak te blijven doen kan inderdaad een sterk element zijn dat het voor individuen moeilijk maakt om flexibel te wisselen naar een ander doel. Hun hypothese is dat de shifting specifieke factor mogelijk het gemak weergeeft waarop overgang plaatsvindt naar nieuwe representaties in de prefrontale cortex.

Bij hun review vonden Yeniad, Malda, Mesman, IJzendoorn en Pieper (2013) wel een substantiële en significante relatie tussen shifting en wiskunde. Bij deze review waren de leeftijden van de proefpersonen heel divers, van kleuters tot middelbare scholieren. Dit kan een verklaring zijn voor het verschil in resultaten ten opzichte van de studie van Latzman et al. Daarnaast vonden ze dat een hoog niveau van prestaties op shiftingtaken gerelateerd was aan een hoog niveau van prestaties bij leestesten. Tevens werd er een significante relatie gevonden tussen shifting en intelligentie. In het algemeen kan uit bovengenoemde studies geconcludeerd worden dat er een directe, positieve relatie is tussen executieve functies en leerprestaties over het hele curriculaire gebied.

### **Effect van fysieke activiteiten op de executieve functies**

Smith et al. (2010) concluderen in hun meta-analyse waarin 29 studies staan beschreven dat fysieke activiteiten bescheiden verbeteringen opleveren in het neurocognitief functioneren van gezonde volwassenen. Er werd een positief effect van fysieke oefening op aandacht, verwerkingssnelheid, executieve functies en geheugenfuncties gevonden. In een review van Sibley en Etnier (2003) wordt geconcludeerd dat er een significante relatie is tussen fysieke activiteiten en cognitie. Zeven categorieën van executieve functies zijn onderzocht, met het grootste positieve effect op perceptuele vaardigheden. Evenals bij Smith et al. werd er een klein effect op geheugentaken gemeten. Hillman et al. (2009) vonden een positief effect van acute fysieke activiteit op responsaccuratesse en leestesten. Zij verklaren dat fysieke activiteiten neuro-elektrische veranderingen teweeg brengen die ten grondslag liggen aan executieve prestaties. Ook was er een gunstig effect gevonden van fysieke activiteiten op taken waar een grote mate van cognitieve controle nodig was.

Sibley en Beilock (2007) deden onderzoek naar het effect van een acute sessie van fysieke oefeningen (60-80% heart rate, (HR)) op het werkgeheugen en onderzochten het verschil in effect tussen jonge proefpersonen (21 jaar) met een hogere en een lagere werkgeheugencapaciteit. Hieruit kwam naar voren dat met name de proefpersonen met een lage werkgeheugencapaciteit voordeel hebben van fysieke oefeningen. Pontifex, Hillman, Fernhall, Thompson en Valentini (2009) maten kortere reactietijden bij een werkgeheugentest afgenomen na 30 minuten aerobische (i.e., een vorm

van training waarbij de hartslag verhoogd is) oefening bij jonge vrouwen (20 jaar). Zij concluderen dat fysieke oefeningen verbeteringen in de cognitie veroorzaken voor diverse soorten taken die veel executieve controle vereisen.

Howie en Pate (2012) vonden in hun review waar ze 125 studies onderzochten dat de meest genoemde positieve effecten gevonden zijn bij de executieve functies, met name bij inhibitie en werkgeheugen. Hun conclusie is dat een overweldigende meerderheid van de gepubliceerde artikelen positieve associaties rapporteert tussen fysieke activiteiten en cognitie, met name bij executieve functies, en academische prestaties. Dat inhibitie verbetert bij aerobische oefening blijkt ook uit een studie van Tomporowski et al. (2005). Hier kwam uit dat bij een enkele sessie van 40 minuten aerobische oefeningen de prestaties verbeterden bij een responsinhibitietask bij jonge mannen (21-24 jaar). De gebruikte test was een executieve functietask die snelle informatieverwerking vereist, het vermogen om te focussen op taakrelevante informatie en het afremmen van afleiding van de aandacht. Kibbe et al. (2011) maken in een overzichtsstudie melding van diverse variaties van fysieke activiteiten in de klas tijdens het leren, wat onder andere ertoe leidde dat de leerlingen 20% minder afgeleid waren van hun taak en een betere concentratie hadden. Ook werden er betere schoolprestaties gemeten.

Weinig studies hebben onderzoek gedaan naar het effect van fysieke oefening op updating. Bij de meta-analyse van Barenberg et al. (2011) werd geen studie gevonden die dit specifiek onderzocht heeft. Audiffren, Tomporowski en Zagrodnik (2009) deden onderzoek naar de korte termijn effecten van een enkele sessie van matig intensieve aerobische oefeningen van 40 minuten onder Amerikaanse studenten (18-25 jaar), waarbij inhibitie en updating werden getest op verschillende momenten tijdens de oefeningen. Hierbij kwam naar voren dat inhibitie wel verbeterde maar updating niet.

Bij een studie door Coles en Tomporowski (2008) onder een groep jongvolwassenen bleek dat 40 minuten matig intensieve fysieke oefening geen invloed had op shiftingtaken. Volgens hen beïnvloedt een acute sessie van fysieke oefeningen sommige, maar niet alle executieve functies. Zij stellen dat het erop lijkt dat de duur en intensiteit van fysieke activiteiten geen invloed heeft op het reguleren van informatie in het werkgeheugen of op inhibitie processen. Dit lijkt in tegenspraak met de eerder genoemde studies, waarbij inhibitie wel verbeterde na 40 minuten fysieke activiteit. Een mogelijke verklaring is het gering aantal proefpersonen dat gebruikt is bij de studies van Audiffren, Tomporowski en Zagrodnik en van Coles en Tomporowski, namelijk resp. 19 en 18 personen. Dit ondersteunt de eerder genoemde bevindingen dat nader onderzoek van hoge kwaliteit nodig is om een verband aan te tonen tussen fysieke activiteit en executieve functies.

### **Relatie tussen diverse variabelen van fysieke oefeningen en executieve prestaties**

In zijn meta-analyse bevestigt Tomporowski (2003) de voordelen van zowel acute als herhaaldelijke fysieke oefeningen op het geheugen, waarbij hij concludeert dat de ideale lengte van de oefeningen minder dan 60 minuten is, omdat langer oefenen een nadelig effect op het functioneren van de hersenen heeft. Uit 11 studies blijkt dat sub-maximale aerobe oefeningen met de duur van tussen de 20 en 60 minuten meerdere cognitieve processen faciliteren die essentieel zijn voor optimale prestaties en voor adaptief gedrag, zoals concentratievermogen en het oplossen van complexe problemen. Uit twee studies bleek dat langdurige sub-maximale oefeningen leiden tot uitputting van de fysiologische energievoorraad die nodig is voor de cognitieve functies (Tompsonski, 2003).

Winter et al. (2007) deden een interventiestudie waarbij twee groepen gevormd werden die voorafgaand aan een leersessie intensief bewogen. Een hoog-intensieve groep voerde met toenemende snelheid twee sprints van elk drie minuten uit tot de renners uitgeput waren. De andere was een matig-intensieve groep die op een rustig tempo 40 minuten rende. Daarnaast was er een controlegroep die 15 minuten bleef zitten. Hier kwam uit dat na een retentieperiode van respectievelijk een week en meer dan acht maanden de proefpersonen die hoog-intensief geoefend hadden duidelijk beter presteerden bij het leren van woorden van een nep-taal dan opzichte van de lager intensieve proefpersonen. Direct na het leren presteerde de hoog-intensieve groep juist slechter, wat mogelijk toegeschreven kan worden aan opwinding (Winter et al., 2007).

Şahana, Ermana en Meneka (2014) rapporteren over het effect van vermoeidheid door het rennen op een tredmolen op het korte termijngeheugen van jonge volwassenen (20-22 jaar). Uit hun onderzoek bleek dat de prestaties van het korte termijngeheugen direct na intensief rennen (tot 90% van de HRmax) waren afgenomen. Een verklaring hiervoor kan zijn dat intensieve oefening het zuurstofniveau en de bloeddorstrooming van de prefrontale cortex verlaagt, terwijl matig intensieve oefening dit verhoogt. Ook speelt bij intensieve oefeningen vermoeidheid waarschijnlijk een rol. Dit betekent dat verschillen in duur en moeilijkheidsniveau van de oefening verschillen in geheugenprestaties veroorzaken (Rooks, Thom, McCully, & Dishman, 2010).

Janssen et al. (2014) onderzochten het effect van 15 minuten onderbreking van leeractiviteiten bij scholieren op selectieve aandacht, die daarbij in vier groepen werden verdeeld. Een groep bewoog matig intensief, waarbij ze afwisselend liepen, renden, een bal doorgaven en dribbelden met de bal. Een andere groep bewoog intensief, hun activiteit bestond uit rennen, springen en touwtje springen, een derde groep bleef zitten en luisterde naar een voorgelezen verhaal. Een controlegroep bleef doorgaan met schoolwerk. Janssen et al. maten dat alle onderbrekingen effect hadden ten opzichte van de leerlingen die niet onderbraken, met het grootste effect van de matig intensieve groep. De groep die intensief bewoog maakte minder progressie dan de groep die matig intensief bewoog. Als verklaring hiervoor wordt gegeven dat een zeer intensieve fysieke oefening activatie van de hersenen veroorzaakt

die nodig is om de bewegingen uit te voeren. Een afname van de doorbloeding van de hersenen en daarmee een afname van de zuurstoftoevoer kan het kleinere effect van intensieve fysieke oefeningen op selectieve aandacht verklaren. De cognitieve prestaties blijven ongeveer 20 minuten verminderd na intensieve fysieke activiteit. Dat is de tijd die de hersenen nodig hebben om weer in gewone toestand te raken (Janssen et al., 2014).

Dat relatief makkelijke en lichte fysieke activiteiten al voldoende zijn om executieve prestaties te verbeteren, blijkt uit een studie van Salas, Minakata en Kelemen (2011) die studenten 10 minuten stevig lieten wandelen voorafgaand aan het studeren. Deze studenten haalden 25% meer geleerde woorden terug uit hun geheugen dan een controlegroep die bleef zitten. Kortdurende fysieke activiteiten blijken ook een positief effect te hebben op de acute aandacht in de klas volgens Saliassi et al. (in press). Zij toonden aan dat 10 minuten matige tot zware lichamelijke intensiteit hier al voldoende voor was; 20 of 30 minuten bewegen voegde daar niets extra's aan toe. Uit een studie van van de Berg et al. (2016) kwam naar voren dat het niet uitmaakt of dit bewerkstelligd werd door aerobe inspanningen, coördinatie-oefeningen of krachtoefeningen, zolang de hartslag maar daadwerkelijk verhoogd was.

De bevindingen van Saliassi et al. lijken in tegenspraak met die van Chang, Labban, Gapin en Etnier (2012). Zij concludeerden uit hun meta-analyse van 79 studies dat bij het maken van cognitieve testen die de executieve functies meten, na fysieke oefeningen de uitslag van de testen aanzienlijk beïnvloed werd door de lengte van de oefening. Fysieke activiteiten die langer duurden dan 11 minuten leverden significante positieve effecten op terwijl korter durende oefeningen een verwaarloosbaar effect hadden.

Een verklaring voor deze tegenstelling kan liggen in de combinatie van intensiteit van de fysieke oefeningen en de tijdsspanne tussen de fysieke activiteit en de cognitieve testen. Chang et al. (2012) maken melding van afnemende effecten van fysieke oefeningen op het BDNF niveau na afloop van de training, waarbij testen die voltooid waren binnen de 0 tot 10 minuten volgend op het beëindigen van de fysieke oefeningen resulteerden in significante negatieve effecten. De grootste positieve effecten werden waargenomen wanneer de testen werden uitgevoerd tussen 11 en 20 minuten na de fysieke oefening. Kleinere positieve effecten werden gemeten vanaf 20 minuten na het einde van de fysieke oefeningen. Hierbij wordt echter geen melding gemaakt van de duur en intensiteit van de fysieke oefeningen. Ook Saliassi et al. concluderen dat de tijdsspanne tussen de fysieke activiteit en de nameting van belang is, maar volgens hen is dit effect nog niet duidelijk en is verder onderzoek nodig.

Het idee dat de combinatie van intensiteit van de fysieke oefeningen en de tijdsspanne tussen de fysieke oefening en de cognitieve testen van belang is komt overeen met de bevindingen van Winter et al. (2007) waarbij de matig intensieve groep direct na de fysieke oefening beter presteerde en de zeer intensieve groep in eerste instantie slechter presteerde. Dit sluit aan bij de bevindingen van Altenburg,

Chinapaw en Singh (2016) die onderzochten wat de frequentie van fysieke oefeningen zou moeten zijn. Zij kwamen tot de conclusie dat twee keer 20 minuten matig intensief bewegen beter is dan één keer. Er bleek dat slechts één bewegingssessie halverwege de ochtend te weinig lijkt om de aandacht van kinderen vast te houden, omdat de positieve effecten van fysieke activiteiten op selectieve aandacht het grootst waren tussen de 11 en 20 minuten na de fysieke oefening en daarna afnamen. Na 110 minuten was het positieve effect verdwenen.

Pontifex et al. (2016) komen eveneens tot de conclusie dat de tijdsspanne tussen de fysieke oefening en de cognitieve activiteiten van groot belang is voor het lange termijngeheugen, mogelijk groter dan de totale hoeveelheid tijd die aan cognitieve activiteiten is besteed. Bij Salas, Minakata en Kelemen zijn de cognitieve testen direct na het wandelen afgenomen. Bij Saliasi et al. is dit niet bekend omdat de studie nog niet gepubliceerd is. Wel is bekend dat de beweeginterventies gedurende de schooldag plaatsvinden.

Chang et al. (2012) benadrukken dat er altijd sprake kan zijn van beïnvloeding door een derde, onbekende factor. Mogelijke factoren zijn het tijdstip van de dag en de fitheid van de proefpersonen die onder andere gerelateerd is aan de sociaaleconomische status. De door hen onderzochte studies die effect maten bij kortdurende fysieke inspanning werden uitgevoerd in de ochtend. Chang et al. vonden bij cognitieve testen, gemeten tijdens de oefening, positieve effecten bij relatief fitte personen maar negatieve effecten bij deelnemers met een laag fitheidsniveau. Verder werd bij middelbare schoolleerlingen en bij oudere volwassenen een bovengemiddeld effect gevonden bij het meten van cognitieve prestaties gedurende de fysieke oefening.

## **Vraagstelling**

Samengevat lijkt het er op dat meerdere sessies van tenminste 10 minuten matig intensieve fysieke activiteiten van verschillende aard (aerobisch en krachttraining) gedurende de dag een kortdurend positief effect hebben op de executieve prestaties van jonge mensen. Een gebruik van 3 tot 4,5 MET wordt beschouwd als matig intensieve fysieke activiteit (U. S. Department of Health and Human services, 1996). Wanneer een volwassene loopt met een snelheid van 3 mph (4,8 km/u) verbruikt hij ongeveer 3,3 MET (Haskell et al., 2007). Deze loopsnelheid kan dus beschouwd worden als een matig intensieve fysieke activiteit. Het blijkt dat er een nauwe relatie is tussen executieve prestaties en leerresultaat. Dit betekent dat wanneer kan worden aangetoond dat 10 en 5 minuten stevig wandelen een positief effect heeft op de executieve prestaties, dit een positief effect heeft op het leerresultaat. Vijf minuten stevig wandelen is makkelijk in te passen in een schooldag. Wanneer blijkt dat dit al een positieve invloed heeft op de executieve prestaties, is daarmee op een eenvoudige manier een interventie in het lesrooster in te passen die nuttig is voor de leerprestaties van MBO studenten. Omdat



het meten van executieve prestaties eenvoudiger uit te voeren is dan het meten van leerresultaat worden in dit onderzoek executieve prestaties gemeten.

In dit onderzoek staat de volgende vraag centraal:

*In welke mate heeft 10 of 5 minuten stevig wandelen een effect op de executieve prestaties van MBO studenten ten opzichte van niet wandelen en is tussen deze twee lengtes een verschil in effect waar te nemen?*

Er worden hierbij drie deelvragen onderscheiden.

- In welke mate beïnvloedt stevig wandelen gedurende 10 minuten de executieve prestaties?
- In welke mate beïnvloedt stevig wandelen gedurende 5 minuten de executieve prestaties?
- Welke van deze lengtes van stevig wandelen heeft het meeste effect op de executieve prestaties?

Op basis van de wetenschappelijke literatuur wordt verwacht dat bij studenten die 10 of 5 minuten stevig gewandeld hebben een klein positief effect is te meten op hun executief functioneren. Verder wordt verwacht dat er bij de studenten die 10 minuten stevig gewandeld hebben een grotere toename van executieve prestaties is dan bij studenten die 5 minuten stevig gewandeld hebben.

## **Methode**

### **Technische ontwerp**

Er is een kwantitatief onderzoek uitgevoerd in de vorm van een quasi-(veld)experiment met studenten van twee MBO scholen dat in en rond het eigen leslokaal van de participanten plaats vond. Eén groep wandelde 10 minuten stevig door het schoolgebouw met een begeleider (de eigen docent). De tweede groep wandelde 5 minuten stevig door het schoolgebouw, eveneens met een begeleider (de onderzoeker). Een derde (controle)groep bleef met een andere begeleider achter in het klaslokaal en keek naar een rustige korte film.

Voorafgaand aan het experiment hebben de onderzoeker en de betrokken docent een proefronde door de school van resp. 10 en 5 minuten gelopen om de exacte tijdsduur en loopafstand te bepalen. Verder zijn bij de verschillende scholen zo gelijksoortig mogelijke looproutes bepaald met betrekking tot de hoeveelheid trappen die genomen werden. Gegevens over de executieve prestaties van de studenten werden verkregen door het afnemen van gestandaardiseerde testen voor inhibitie, cognitieve flexibiliteit en updating voorafgaand en na afloop van het wandelen, waarbij voor en na de interventie dezelfde testen zijn gebruikt.

## **Participanten**

Zoals uit de centrale vraagstelling blijkt richt dit onderzoek zich op studenten van het MBO. Hiervoor zijn vier opleidingen van drie MBO scholen benaderd. Een aanvraag bij de opleiding Verpleegkunde kon niet gehonoreerd worden omdat deze dit experiment niet in kon passen in het lesschema.

Uiteindelijk waren de 119 participanten (11 mannen, 108 vrouwen, leeftijd tussen 16 en 24 jaar) van dit onderzoek studenten van de studierichtingen Toerisme niveau 3 en 4 van MBO Amersfoort, Jeugdzorg (alle niveaus) en Onderwijsassistent niveau 4 van ROC Midden Nederland, allemaal gevestigd in Amersfoort. De week voorafgaand aan dit experiment zijn de participanten geïnformeerd over het doel van de studie en wat er van hen verwacht werd. Hen werd gevraagd een toestemmingsformulier in te vullen als ze bereid waren deel te nemen aan deze studie. Ook werd hen medegedeeld dat ze konden stoppen met deelname aan dit experiment zonder dat dit consequenties had.

De participanten werden door de onderzoeker willekeurig verdeeld over 3 groepen door de volgende telmethode: de student die aan de linkerkant vooraan zat kreeg als eerste nummer 1, toen werd er per student naar rechts geteld tot 2 en 3, waarna de telling doorging op de volgende rijen. De studenten met de nummers 1 gingen 10 minuten wandelen, de studenten met de nummers 2 gingen 5 minuten wandelen en de studenten met de nummers 3 bleven in het lokaal en bekeken een korte film. Van te voren waren de routes uitgemeten die 10 en 5 minuten stevig lopen vereisten. Hierbij liep de eigen docent met de 10 minuten groep mee om ervoor te zorgen dat ze daadwerkelijk liepen en het juiste tempo aanhielden. De tweede groep liep 5 minuten samen met de onderzoeker. Een assistent bleef achter bij de controlegroep om ervoor te zorgen dat deze bleef zitten.

Met behulp van het programma G\*power is berekend hoe groot de steekproef moest zijn om betrouwbare resultaten te verkrijgen. Hieruit bleek dat er tussen de 99 en 156 participanten nodig waren om voldoende statistische power te krijgen (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007). Voor de berekening in G\*power van de benodigde aantal proefpersonen is de power (1- $\beta$ ) ingesteld op 0,8 en 0,95. De ingevoerde effectmaat is 0,32. Deze is de meest gevonden effectmaat bij de reviews van Fedewa en Ahn (2011) en bij Sibley en Etnier (2013) van resp. 59 en 44 studies waarin diverse onderzoeksopzetten, soorten fysieke activiteiten, leeftijden van proefpersonen en soorten cognitieve testen beschreven werden.

## **Materialen**

Om de inhibitie te testen werd gebruik gemaakt van de D2 test (Wassenberg et al., 2008). Deze bestaat uit een pagina met 14 lijntjes die elk 47 letters bevatten, de 'd' en de 'p'. Boven of onder elke letter staan tussen de 1 en de 4 lijntjes, apart of in paren. De proefpersonen kregen als instructie om de combinatie van de letter 'd' in combinatie met twee lijntjes weg te strepen. Deze test heeft als voordeel

boven andere testen dat hij kort is, makkelijk kan worden uitgevoerd, geen uitgebreide instructie vraagt en kan worden uitgevoerd aan een grote variabiliteit van leeftijden. Deze test kan zowel op groepen als op individuen kan worden toegepast en heeft goede psychometrische eigenschappen (Wassenberg et al, 2008). De betrouwbaarheid en validiteit zijn goed, de interne consistentie is .84 tot .98 in verschillende studies, de test-hertest betrouwbaarheid is .87 in een groep van studenten (Brickenkamp & Zillmer, in Wassenberg et al., 2008).

Volgens Bates en Lemay (2004) kan de D2 test worden gebruikt om accuratesse en snelheid van het scannen en de strategieën voor leren en het maken van testen te meten. De duur en moeilijkheid van de test maken het mogelijk om de vaardigheid van de proefpersoon te meten met betrekking tot het verwerven, wisselen en houden van de aandacht (elementen van volgehouden aandacht), het richten op en selecteren van doelstimuli (elementen van selectieve aandacht), het verbeteren of verslechteren door oefening en het ontwikkelen van strategische aanpak om onderscheid te maken tussen doelen en non-doelen.

Na afname van de D2 test kunnen de volgende maten berekend worden: *F*: deze geeft de som van alle fouten weer waarbij de onterecht overgeslagen tekens (type F1) en de onterecht weggestreepte tekens (type F2) opgeteld worden. *C*: geeft het aantal juist doorgestreepte relevante tekens weer. De concentratieprestatie (*CP*) is de som van het aantal correct geselecteerde tekens minus het aantal overgeslagen tekens en het aantal foutief gemarkeerde tekens. Dit is de maat voor de aandachtcontrole (Janssen, 2016). De verwerkingssnelheid (*VS*) is het totaal aantal verwerkte tekens inclusief het aantal overgeslagen tekens. Tenslotte is het foutenpercentage ( $F\%$ ) berekend door het totaal aantal fouten (*F*) te delen door het totaal aantal verwerkte tekens (Janssen, 2016).

Voor cognitieve flexibiliteit werd de Symbol Digit Modalities Test (SDMT) gebruikt (Forn, 2013). Bij deze test moet de participant schriftelijk aan de hand van een legenda cijfers en geometrische symbolen aan elkaar koppelen. De afname hiervan duurt 90 seconden. De test-hertest correlatie is .80 voor normale proefpersonen in leeftijd variërend van jong tot middelbare leeftijd (Sheridan et al., 2006). De SDMT is een goede screeningtest voor veldonderzoek omdat deze kortdurend en makkelijk te meten is. De SDMT wordt niet beïnvloed door demografische variabelen (Sheridan et al., 2006). Na afloop van de test werd het totaal aantal correct genoteerde cijfers opgeteld. Dit is de uitkomstmaat van deze test. Deze is een maat voor de snelheid van informatieverwerking, mogelijk bepaald door aandacht capaciteit en werkgeheugen (Nocentini, Giordano, Di Vincenzo, Panella, & Pasqualetti, 2006).

Voor updating en werkgeheugen werd gebruik gemaakt van de Digit span forward en de Digit span backward, een onderdeel van de Wechsler Intelligence Scales IV (Wechsler, 2008). St. Clair-Thompson en Allen (2013) stellen dat de Digit span backward moeilijker is dan de Digit span forward en adviseren onderzoekers en uitvoerders hiermee rekening te houden. Bij de Digit span forward

worden meerdere cijferreeksen opgelezen die in lengte oplopen van 3 tot 8 getallen waardoor de taak automatisch moeilijker wordt. De participanten moeten deze reeks schriftelijk reproduceren.

Bij de Digit span backward worden cijferreeksen voorgelezen met een lengte van 2 tot 7 getallen. Deze getallen moeten in omgekeerde volgorde gereproduceerd worden. Binnen een reeks wordt eenzelfde getal niet herhaald. Elke reekslengte komt twee keer voor. Opeenvolgende getallen (bijvoorbeeld 1- 2) of aflopende getallen (bijvoorbeeld 2-1) komen niet voor. Bij beide Digit span tests zijn na de interventie andere getallenreeksen gebruikt.

De Digit span test is een van de meest gebruikte meetinstrumenten in neuropsychologisch onderzoek en klinische evaluaties. Deze meet bij volwassenen het korte termijn geheugen (St Clair-Thompson, 2010). Er zijn significante correlaties tussen deze beide testen gevonden (Richardson, 2007). De test-hertest betrouwbaarheid van de Digit span forward is .78 (een spreiding van .69 tot .82) en voor de Digit span backward ook .78 (een spreiding van .65 tot .92) (Gathercole, 2001).

De scores voor de Digit span forward (DF) en de Digit span backward (DB) test zullen zowel apart als samen (DStotaal) worden berekend. De uitkomstmaat is het aantal goed genoteerde reeksen (Kemtes & Allen, 2008). De maximum te behalen score voor de Digit span forward en voor de Digit span backward is 12 punten, totale maximaal te behalen score is dus 24. De uitkomstmaat van de Digit span forward staat voor het korte termijngeheugen. De Digit span backward staat voor een complexe geheugenspanne (Gathercole, 2001). De Digit span backward vraagt een transformatie van de getallenvolgorde, wat meer aandacht vereist dan de Digit span forward. Daarom wordt deze als een complexe spanmaat geclassificeerd voor het werkgeheugen (St. Clair-Thompson & Allen, 2013). Als rustige korte film werd gebruik gemaakt van het Pixar filmpje 'Piper', te zien op YouTube.

## **Procedure**

De Commissie Ethische Toetsing Onderzoek (cETO) van de Open Universiteit heeft haar goedkeuring verleend aan het PHIT2LEARN project, waaronder dit onderzoek valt. Voor dit onderzoek zijn de schoolleidingen van de betrokken opleidingsinstituten om toestemming gevraagd. De docenten van de opleidingen zijn benaderd met het verzoek leestijd ter beschikking te stellen. Daarna zijn de participanten van de klassen waarvan de docent bereid was om mee te werken om toestemming gevraagd, zij kregen een mondelinge toelichting over het onderzoek en een toestemmingsformulier om in te vullen als ze bereid waren mee te werken. Omdat de participanten allemaal 16 jaar of ouder zijn, was toestemming van de ouders niet nodig. Alle testen zijn afgenomen door de onderzoeker om ervoor te zorgen dat de instructie en de afname van de testen in iedere groep gelijk was.

Het hele experiment duurde één uur, dit is de duur voor de lessen van de studenten Toerisme. Bij de opleiding Jeugdzorg duren de lessen 1 uur en 20 minuten. Voorafgaand aan de les legde de onderzoeker op alle tafels een testboekje en een potlood klaar. Na een korte zittijd en uitleg van de

onderzoeker maakten de studenten de cognitieve testen schriftelijk, zij werden door het testboekje geleid door de onderzoeker. Hierna gingen de 10 en 5 minuten loopgroepen lopen met de begeleiders en keek de controlegroep een rustige korte film met een assistent. Vervolgens maakten de studenten dezelfde cognitieve testen als voor het lopen.

### **Data-analyse**

De resultaten van het onderzoek zijn verwerkt met behulp van het statistiekprogramma SPSS, versie 24. Hierbij is gewaarborgd dat de data niet kunnen worden herleid naar de deelnemers doordat de deelnemers als nummer in het SPSS bestand zijn ingevoerd. Allereerst is van alle proefpersonen totaal en per interventiegroep het aantal mannen en vrouwen, zowel numeriek (aantal van elk geslacht) als procentueel weergegeven, evenals de leeftijden van de proefpersonen (aantal personen met bepaalde leeftijd). Vervolgens zijn de scores van de diverse cognitieve testen van zowel de voormeting als de nameting weergegeven in beschrijvende statistiek. Hiervan zijn weergegeven de gemiddelden, het aantal geldige testen van deze groep en de standaarddeviatie. Middels gepaarde t-toetsen zijn de resultaten van de voor- en nametingen met elkaar vergeleken.

Gezien het aantal proefpersonen is een normaalverdeling het meest waarschijnlijk volgens de *central limit theorem*, die stelt dat wanneer populaties groot genoeg zijn (gewoonlijk gedefinieerd als  $> 30$ ) uitgegaan wordt van een normaalverdeling (Field, 2013). Voor de zekerheid is nagegaan of de scores van de voor- en nametingen normaal verdeeld zijn middels de Shapiro-Wilk toets. Alhoewel de studenten willekeurig verdeeld waren over de drie condities is met een One-way ANOVA nagegaan of de deelnemers van de verschillende groepen in de voormetingen hetzelfde hebben gescoord. Hiermee is nagegaan of bij de berekening van de verschillen in scores van de nameting tussen de groepen een ANCOVA vereist was met de verschillen in testcores van de voormetingen als covariaat.

Hierna is met een One-way ANOVA berekend of de scores van de nametingen van de drie condities (10 minuten wandelen, 5 minuten wandelen en zitten) verschillen van elkaar. De testcondities zijn de onafhankelijke variabelen en de verschillen in resultaten tussen de voor- en nametingen van de cognitieve toetsen zijn de afhankelijke variabelen. Bij alle vergelijkende toetsen is uitgegaan van een p-waarde van  $< 0,05$  voor de significantie, dit is hiervoor een algemeen aanvaarde maat (Field, 2013). Uit al deze analyses is afgeleid of er onder MBO studenten een effect is van de interventies 10 en 5 minuten stevig wandelen op de executieve prestaties en daarmee op de leerprestaties ten opzichte van de controlegroep.

## Resultaten

### Beschrijvende statistiek proefpersonen en scores van de cognitieve toetsen

In totaal hebben 123 studenten van acht verschillende MBO klassen deelgenomen aan dit onderzoek. Twee studenten zijn uitgesloten van analyse, omdat ze na afloop van het wandelen naar de wc gingen. Eén student ging bij zijn vrienden staan die hij op de gang tegenkwam in plaats van dat hij meeliep met de groep. Eén student is volgens de docent moeilijk lerend, tegen zwakbegaafd aan. Deze twee proefpersonen zijn eveneens uitgesloten van analyse. Uiteindelijk zijn er meegenomen 11 mannen en 108 vrouwen in de leeftijd van 16 tot 24 jaar, waarvan de meesten tussen de 16 en 18 jaar oud waren. In tabel 1 zijn beschrijvende statistieken weergegeven van de onderzoeksgroep als geheel en van de verschillende interventiegroepen.

**Tabel 1** Participantkenmerken totaal en per interventiegroep

Totale onderzoeksgroep		M (SD)	N	%
Leeftijd (jr.)		17,87 (1,712)	119	
	Geslacht			
	Mannen		11	9,2
	Vrouwen		108	90,8
	Indeling in groep			
	Groep 1		41	34,5
	Groep 2		39	32,8
	Groep 3		39	32,8
Per groep				
	M (SD)	Groep 1	Groep 2	Groep 3
<b>Leeftijd</b>		17,83 (1,745)	18,13 (1,936)	17,64 (1,423)
<b>Geslacht</b>	Man	5 (12,2%)	5 (12,8%)	1 (2,6%)
	Vrouw	36 (87,8%)	34 (87,2%)	38 (97,4%)

Opmerking: de cijfers per cel bij leeftijd geven het volgende weer: gemiddelde leeftijd (standaarddeviatie), bij geslacht: aantal personen en percentage; Groep 1 = 10 minuten gelopen, groep 2 = 5 minuten gelopen, groep 3 = controleconditie, niet gelopen. De cijfers bij leeftijd per groep geven weer: gemiddelde (standaarddeviatie).

Er zijn scores van cognitieve toetsen uitgesloten van analyse om verschillende redenen: negen scores van de D2 test zijn uitgesloten omdat studenten sommige regels niet hadden ingevuld, één student had juist weggestreept wat niet weggestreept moest worden. Van de SDMT test zijn er drie scores uitgesloten van analyse omdat de getallen niet achter elkaar ingevuld waren. Eén score van de Digit span forward test is uitgesloten omdat deze deels was ingevuld met SDMT tekens. Eén student had de Digit span backward test als Digit span forward test gemaakt. Verder hadden twee studenten de Digit span backward test achteruit geschreven. In tabel 2 worden de scores per groep van alle cognitieve testen weergegeven.

**Tabel 2** De scores van de cognitieve toetsen, voor- en nametingen

Variabele	Conditie	Conditie		
		Groep 1	Groep 2	Groep 3
D2test CP	Voormeting	159,784 (37)/ 41,505	151,513 (37)/ 39,369	165,444 (36)/ 36,030
	Nameting	207,189 (37)/ 49,518	191,054 (37)/ 37,960	215,167 (36)/ 35,785
D2testVS	Voormeting	193,000 (37)/ 31,061	190,432 (37)/ 26,943	193,111 (36)/ 25,656
	Nameting	235,620 (37)/ 37,069	226,621 (37)/ 31,250	237,444 (36)/ 35,446
D2testFperc	Voormeting	9,154 (37)/ 7,811	10,653 (37)/ 11,082	7,814 (36)/ 8,919
	Nameting	6,559 (37)/ 7,388	8,683 (37)/ 8,404	5,073 (36)/ 5,234
SMDTcorrect	Voormeting	58,132 (38)/ 12,223	57,282 (39)/ 6,340	59,103 (39)/ 9,156
	Nameting	71,579 (38)/ 17,296	68,410 (39)/ 12,050	74,718 (39)/ 15,326
DF	Voormeting	6,580 (40)/ 2,062	6,420 (38)/ 1,500	7,030 (39)/ 1,724
	Nameting	6,980 (40)/ 1,717	6,630 (38)/ 2,072	7,130 (39)/ 1,525
DB	Voormeting	6,790 (38)/ 2,373	6,330 (39)/ 1,644	6,970 (38)/ 1,823
	Nameting	7,470 (38)/ 1,928	6,920 (39)/ 1,812	7,500 (38)/ 1,871
DStotaal	Voormeting	13,368 (38)/ 4,083	12,789 (38)/ 2,752	13,947 (38)/ 3,084
	Nameting	14,500 (38)/ 3,294	13,579 (38)/ 3,227	14,605 (38)/ 2,717

Opmerking: De cijfers per cel geven het volgende weer: gemiddelde (aantal personen)/ standaard deviatie; Groep 1 = 10 minuten gelopen; groep 2 = 5 minuten gelopen; groep 3 = controleconditie, niet gelopen; D2testCP = concentratieprestatie: het aantal aangestreepte tekens minus omissie- en commissiefouten; D2testVS = verwerkingssnelheid: het totaal aantal verwerkte doelstimuli, bepaald door de positie van het laatst aangestreepte teken; D2testFperc = nauwkeurigheid: het totaal aantal fouten gedeeld door D2testVS\*100; SDMTcorrect = snelheid van informatieverwerking: het totaal aantal genoteerde cijfers minus het aantal foute cijfers; DF = Digit span forward; DB = Digit span backward; DStotaal = DF + DB.

### Verschillen tussen de scores van de voormetingen en de nametingen

Tabel 3 geeft de verschillen scores weer van de cognitieve toetsen tussen de voormetingen en de nametingen.

**Tabel 3** Beschrijvende statistiek verschillen scores cognitieve toetsen tussen de voor- en nametingen

Variabele	Conditie		
	Groep 1	Groep 2	Groep 3
D2test CP	47,405 (37)/ 31,388	39,540 (37)/ 28,572	49,722 (36)/ 33,907
D2testVS	42,622 (37)/ 21,902	36,189 (37)/ 22,539	44,333 (36)/ 28,924
D2testFperc	-2,595 (37)/ 6,869	-1,970 (37)/ 6,087	-2,741 (36)/ 9,196
SMDTcorrect	13,447 (38)/ 8,864	11,128 (39)/ 9,518	15,615 (39)/ 9,408
DF	0,400 (40)/ 1,905	0,210 (38)/ 2,292	0,103 (39)/ 1,889
DB	0,684 (38)/ 1,526	0,590 (39)/ 2,061	0,526 (38)/ 1,672
DStotaal	1,132 (38)/ 2,622	0,789 (38)/ 3,580	0,658 (38)/ 2,802

Opmerking: De cijfers per cel geven het volgende weer: gemiddelde (aantal personen)/ standaard deviatie; Groep 1 = 10 minuten gelopen; groep 2 = 5 minuten gelopen; groep 3 = controleconditie, niet gelopen; D2testCP = concentratieprestatie: het aantal aangestreepte tekens minus omissie- en commissiefouten; D2testVS = verwerkingssnelheid: het totaal aantal verwerkte doelstimuli, bepaald door de positie van het laatst aangestreepte teken; D2testFperc = nauwkeurigheid: het totaal aantal fouten gedeeld door D2testVS\*100; SDMTcorrect = snelheid van informatieverwerking: het totaal aantal genoteerde cijfers minus het aantal foute cijfers; DF = Digit span forward; DB = Digit span backward; DStotaal = DF + DB.

Aan tabel 3 is te zien dat bij de D2 testen de gemiddelde verschillen scores groot zijn, wat betekent dat de prestaties van alle studenten een groot verschil vertonen tussen de voor- en nametingen. Bij de Digit span testen is hierin weinig verschil te zien. Hetzelfde doet zich voor bij de standaarddeviaties.

Bij de D2 testen zijn er tussen de studenten onderling grote verschillen in veranderingen tussen de prestaties in de voor- en nametingen, bij de Digit span testen zijn deze prestatieverschillen tussen de studenten veel meer hetzelfde. Dit betekent dat de verschillen in prestaties tussen de voor- en nametingen bij de D2 testen veel groter zijn dan bij de Digit span testen. De veranderingen in scores bij de SDMT test zitten hier tussen in. Om vast te kunnen stellen of de verschillen tussen de voor- en nametingen significant zijn zal een toets moeten worden uitgevoerd waarin deze met elkaar worden vergeleken.

Vanwege de central limit theorem kunnen voor de vergelijking van de voormetingen en de nametingen parametrische toetsen gebruikt worden. Gebruikt is de gepaarde t-toets voor het meten van de verschillen per interventiegroep tussen de scores van de voormetingen en de nametingen. Omdat verwacht werd dat de studenten in de nametingen beter gescoord hebben dan in de voormetingen is eenzijdig getoetst, de p-waarde is daarom gehalveerd. In tabel 4 worden de gepaarde t-toetsen weergegeven van de verschilcores tussen de voormetingen en de nametingen van de cognitieve toetsen.

**Tabel 4** Gepaarde t-toetsen van de verschillen tussen de voor- en nametingen van de cognitieve toetsen

Variabele	Conditie					
	Groep 1		Groep 2		Groep 3	
D2testCP	<b>-9,187 (36)</b>	<b>0,000</b>	<b>-8,418 (36)</b>	<b>0,000</b>	<b>-8,799 (35)</b>	<b>0,000</b>
D2testVS	<b>-11,837 (36)</b>	<b>0,000</b>	<b>-9,767 (36)</b>	<b>0,000</b>	<b>-9,196 (35)</b>	<b>0,000</b>
D2testFperc	<b>2,298 (36)</b>	<b>0,013</b>	<b>1,969 (36)</b>	<b>0,028</b>	<b>1,789 (35)</b>	<b>0,041</b>
SMDTcorrect	<b>-9,351 (37)</b>	<b>0,000</b>	<b>-7,302 (38)</b>	<b>0,000</b>	<b>-10,366 (38)</b>	<b>0,000</b>
DF	-1,328 (39)	0,096	-0,566 (37)	0,287	-0,339 (38)	0,368
DB	<b>-2,763 (37)</b>	<b>0,004</b>	<b>-1,787 (38)</b>	<b>0,041</b>	<b>-1,940 (37)</b>	<b>0,030</b>
DStotaal	<b>-2,661 (37)</b>	<b>0,005</b>	-1,359 (37)	0,091	-1,447 (37)	0,078

Opmerking: de cijfers geven het volgende weer: uitkomst t-toets (aantal personen); p-waarde; Groep 1 = 10 minuten gelopen, groep 2 = 5 minuten gelopen, groep 3 = controleconditie; D2testCP = concentratieprestatie: het aantal aangestreepte tekens minus omissie- en commissiefouten; D2testVS = verwerkingssnelheid: het totaal aantal verwerkte doelstimuli, bepaald door de positie van het laatst aangestreepte teken; D2testFperc = nauwkeurigheid: het totaal aantal fouten gedeeld door D2testVS\*100; SDMTcorrect = snelheid van informatieverwerking: het totaal aantal genoteerde cijfers minus het aantal foute cijfers; DF = Digit span forward; DB = Digit span backward; DStotaal = DF + DB; vetgedrukt: significante verschillen.

In tabel 4 is te zien dat de meeste p-waarden < 0,05 zijn. Dat betekent dat er bij de meeste cognitieve toetsen een significant verschil is tussen de voor- en nametingen. De studenten hebben dus bij de meeste cognitieve toetsen gemiddeld beter gescoord hebben bij de nametingen dan bij de voormetingen. Enkel bij de Digit span forward test was bij geen van de groepen een significant verschil gevonden tussen de scores van de voormetingen en de nametingen. Verder was bij de DStotaal geen significant verschil gevonden bij de groepen 2 en 3. Een One-way ANOVA moet duidelijk maken of er verschil is tussen de verschillende interventiegroepen.



Hoewel er ruim voldoende proefpersonen (N=119) waren om uit te gaan van het central limit theoreem zijn er voor de zekerheid Shapiro-Wilk toetsen uitgevoerd om na te gaan of de scores van de cognitieve toetsen in de voor- en nametingen normaal verdeeld waren. Hieruit kwam bij veel scores een niet-normaalverdeling naar voren. Daarom zijn er per groep van de verschildscores van de cognitieve toetsen Wilcoxon rank toetsen uitgevoerd om na te gaan of er significante verschillen zijn tussen de scores van de voor- en nametingen. Hier kwamen dezelfde significanties uit. Er is dus geen verschil tussen de gepaarde t-toets en de Wilcoxon rank test.

### Het effect van matig intensieve lichaamsbeweging op de executieve prestaties

De scores van de voormetingen van de verschillende experimentele condities werden vergeleken met een One-way ANOVA om na te gaan of voor de analyse van de scores van de nametingen van de cognitieve testen een ANCOVA nodig is met als covariaat de verschillen tussen de voormetingen van de verschillende experimentele condities. In tabel 5 worden de resultaten van deze ANOVA weergegeven.

**Tabel 5** One-way ANOVA voor de vergelijking van de scores van de voormetingen van de verschillende interventiegroepen

Variabele	Vergelijking scores	
D2testCP	1,176 (2,107)	0,312
D2testVS	0,108 (2,107)	0,898
D2testFperc	0,839 (2,107)	0,435
SMDTcorrect	0,357 (2,113)	0,701
DF	1,204 (2,114)	0,304
DB	1,083 (2,112)	0,342
DStotaal	1,132 (2,111)	0,326

Opmerking: de cijfers geven het volgende weer: uitkomst (F-waarde) van de ANOVA (df van het aantal groepen, df van het aantal personen); p-waarde; D2testCP = concentratieprestatie: het aantal aangestreepte tekens minus omissie- en commissiefouten; D2testVS = verwerkingssnelheid: het totaal aantal verwerkte doelstimuli, bepaald door de positie van het laatst aangestreepte teken; D2testFperc = nauwkeurigheid: het totaal aantal fouten gedeeld door D2testVS\*100; SDMTcorrect = snelheid van informatieverwerking: het totaal aantal genoteerde cijfers minus het aantal foute cijfers; DF = Digit span forward; DB = Digit span backward; DStotaal = DF + DB.

Uit tabel 5 blijkt dat er geen significante verschillen zijn in scores van de voormetingen tussen de verschillende experimentele groepen. Omdat er bij geen van de gemiddelden significante verschillen zijn gevonden, zijn de post-hoc toetsen niet geïnterpreteerd. Net als bij de vergelijking tussen de scores van de voormetingen en van de nametingen is ook hier voor de zekerheid non-parametrisch getoetst. Dit is gedaan met een Kruskal Wallistoets waarbij asymptotisch werd getest. Hier kwam ook uit dat er geen significante verschillen zijn in de voormetingen tussen de verschillende interventiegroepen. Er is dus geen relevant verschil in resultaten tussen de ANOVA en de Kruskal Wallistoets van de scores van de voormetingen. Een ANCOVA met als covariaat het verschil in scores

van de voormetingen tussen de groepen was dus niet nodig. Daarom zijn de scores van de nameting genomen als uitkomstmaat. Deze scores van de verschillende interventiegroepen zijn met elkaar vergeleken met een One-way ANOVA. In tabel 6 zijn hiervan de resultaten weergegeven.

**Tabel 6** One-way ANOVA scores nameting van de cognitieve toetsen

Variabele	Vergelijking scores	
D2testCP	<b>3,196 (2,107)</b>	<b>0,045</b>
D2testVS	1,026 (2,107)	0,362
D2testFperc	2,356 (2,107)	0,100
SMDTcorrect	1,718 (2,113)	0,184
DF	0,782 (2,114)	0,460
DB	1,173 (2,112)	0,313
DStotaal	1,269 (2,111)	0,285

Opmerking: de cijfers geven het volgende weer: uitkomst (F-waarde) van de ANOVA (df van het aantal groepen, df van het aantal personen); p-waarde; D2testCP = concentratieprestatie: het aantal aangestreepte tekens minus omissie- en commissiefouten; D2testVS = verwerkingssnelheid: het totaal aantal verwerkte doelstimuli, bepaald door de positie van het laatst aangestreepte teken; D2testFperc = nauwkeurigheid: het totaal aantal fouten gedeeld door D2testVS\*100; SMDTcorrect = snelheid van informatieverwerking: het totaal aantal genoteerde cijfers minus het aantal foute cijfers; DF = Digit span forward; DB = Digit span backward; DStotaal = DF + DB; vetgedrukt: significante verschillen.

Uit tabel 6 blijkt dat er enkel bij de D2testCP een significant verschil gemeten is. Bij de overige cognitieve testen waren er geen verschillen tussen de interventiegroepen. Uit de posthoc toets van de D2testCP blijkt dat er enkel tussen de 5 minuten loopgroep en de zitgroep een significant verschil is (Tukey:  $p = 0,039$ ) waarbij de zitgroep beter heeft gescoord. De effectmaat  $\eta^2 = 0,056$ , wat tussen een klein en matig effect is (Cohen, 1088). Omdat bij de overige cognitieve toetsen geen significante verschillen zijn gevonden, zijn daarvan de post-hoc toetsen niet geïnterpreteerd.

Ook bij de scores van de nameting van de cognitieve toetsen zijn ter controle de verschillen tussen de drie experimentele groepen non-parametrisch getoetst. Hiervoor is de Kruskal Wallistoets gebruikt waarbij asymptotisch werd getest. Hier kwam enkel bij de D2testFperc een significant verschil uit ( $p = 0,03$ ). Uit de Mann Whitney test waarbij de groepen 1 en 2, 1 en 3, en 2 en 3 werden vergeleken bleek dat er een significant verschil is tussen groep 2 en 3, waarbij groep 3, de zitgroep, beter heeft gepresteerd dan groep 2, de 5 minuten loopgroep ( $p = 0,015$ ).

Omdat bij de Kruskal Wallistoets geen significant verschil gemeten was bij de D2testCP en bij de ANOVA wel, is ook hier een Shapiro Wilk toets uitgevoerd van de D2testCP van de groepen 2 en 3. Daaruit bleek dat de scores van de nameting van de D2testCP normaal verdeeld waren ( $p = 0,302$ ). Dat betekent dat de ANOVA hier gevolgd moet worden en dat er dus een verschil is bij de scores van de nameting van de D2testCP bij de groepen 2 en 3, echter omgekeerd aan de verwachte uitkomst omdat groep 3, de zitgroep beter gepresteerd heeft.

Voor de zekerheid is nagegaan of ook bij de scores van de nameting van de groepen 2 en 3 van de D2testFperc (foutenpercentage van de D2test) sprake is van een normaalverdeling door middel van

een Shapiro Wilk test. Hieruit kwam dat ook de scores van deze twee groepen niet normaal verdeeld waren ( $p = 0,000$ ). Hier moet dus uitgegaan worden van de uitkomsten van de non-parametrische toetsen. Berekening van de Cohen's  $d$  van de verschillen tussen groep 2 en groep 3 levert echter een uitkomst op van 0,051 wat een verwaarloosbaar effect is (Field, 2013). Bij de overige cognitieve toetsen is geen verschil tussen de groepen.

Alhoewel er tussen de groepen geen significante verschillen zijn gevonden bij de scores van de voormetingen van de cognitieve toetsen, is het wel mogelijk dat er op individueel niveau verschillen zijn gemeten. Daarom zijn voor de zekerheid ook de verschillen tussen de interventiegroepen vergeleken met een One-way ANOVA. In tabel 7 zijn hiervan de resultaten weergegeven.

**Tabel 7** One-way ANOVA verschillen scores cognitieve toetsen

Variabele	Vergelijking scores	
D2testCP	1,064 (2,107)	0,349
D2testVS	1,117 (2,107)	0,331
D2testFperc	0,110 (2,107)	0,896
SMDTcorrect	2,285 (2,113)	0,106
DF	0,217 (2,114)	0,805
DB	0,077 (2,112)	0,926
DStotaal	0,247 (2,111)	0,781

Opmerking: de cijfers geven het volgende weer: uitkomst (F-waarde) van de ANOVA (df van het aantal groepen, df van het aantal personen); p-waarde; D2testCP = concentratieprestatie: het aantal aangestreepte tekens minus omissie- en commissiefouten; D2testVS = verwerkingssnelheid: het totaal aantal verwerkte doelstimuli, bepaald door de positie van het laatst aangestreepte teken; D2testFperc = nauwkeurigheid: het totaal aantal fouten gedeeld door  $D2testVS * 100$ ; SDMTcorrect = snelheid van informatieverwerking: het totaal aantal genoteerde cijfers minus het aantal foute cijfers; DF = Digit span forward; DB = Digit span backward; DStotaal = DF + DB.

Bij de verschillen scores is er geen significant verschil gemeten tussen de interventiegroepen. Ter controle zijn ook bij de verschillen scores van de cognitieve toetsen zijn de verschillen tussen de drie experimentele groepen non-parametrisch getoetst. Hiervoor is de Kruskal Wallistoets gebruikt waarbij asymptotisch werd getest. Hier kwam uit dat er net als bij de ANOVA bij geen van de verschillen scores van de cognitieve testen een significant verschil gemeten is tussen de testcondities.

Om na te gaan of het geslacht van invloed is op de uitkomsten van de nametingen is ter controle een onafhankelijke t-toets uitgevoerd met als onafhankelijke variabelen het geslacht en als afhankelijke variabele de scores van de nametingen van de cognitieve toetsen. Dit leverde bij geen van de scores een verschil op tussen mannen en vrouwen op. Een verdere analyse met het geslacht als variabele heeft gezien het lage aantal mannen geen nut.

Omdat het tijdstip van de dag waarop de experimenten zijn uitgevoerd nogal uiteen lag is middels een ANCOVA onderzocht of dit van invloed is op het effect van de interventie op de scores van de nametingen van de cognitieve toetsen. Bij de verdeling van de tijdsgroepen zijn de klassen verdeeld in een vroege, een midden en een late groep. Aanvangstijd van de les bij de vroege groep was tussen 8.30

en 11.00 uur. Bij de middengroep startte de les rond lunchtijd: 12.00 uur en 12.40 uur, bij de late groep na de lunch, tussen 13.30 en 15.00 uur. Tabel 8 geeft de participantkenmerken weer van de groepen naar tijdsverdeling.

**Tabel 8** Participantkenmerken naar tijdstip van de dag

Variabele	Tijd		
	Groep 1	Groep 2	Groep 3
N	49	39	31
Leeftijd (SD)	17,45 (1,883)	18,44 (1,603)	17,81 (1,376)
Geslacht	Man / %	2 / 5,1	4 / 12,9
	Vrouw / %	44 / 89,8	39 / 94,9

Opmerking: de cijfers geven het volgende weer: N = aantal personen; de cijfers bij de leeftijd geven weer: gemiddelde leeftijd (standaarddeviatie); de cijfers bij geslacht geven weer: aantal personen en percentage; groep 1 = vroege groep (ochtend), groep 2 = voor lunchtijd, groep 3 = in de middag.

Tabel 9 geeft de resultaten weer van de ANCOVA van het effect van de interventies op de scores van de nameting gecorrigeerd door het tijdstip van de dag.

**Tabel 9** ANCOVA van de scores van de nameting met als covariaat het tijdstip van de dag

Variabele	Tijd		Interventiegroep	
	Vergelijking scores			
D2testCP	0,515 (1,106)	0,221	<b>3,226 (2,106)</b>	<b>0,044</b>
D2testVS	0,063 (1,106)	0,802	1,021 (2,106)	0,364
D2testFperc	1,809 (1,106)	0,182	2,379 (2,106)	0,098
SMDTcorrect	3,704 (1,112)	0,057	1,809 (2,112)	0,169
DF	<b>4,266 (1,113)</b>	<b>0,041</b>	0,890 (2,113)	0,413
DB	1,482 (1,111)	0,226	1,159 (2,111)	0,318
DStotaal	3,528 (1,110)	0,063	1,326 (2,110)	0,270

Opmerking: de cijfers geven het volgende weer: de covariaat (F-waarde) tijd van de dag (df van het aantal groepen, df van het aantal personen); p-waarde; uitkomst (F-waarde) van de ANCOVA gecorrigeerd voor de covariaat (df van het aantal groepen, df van het aantal personen); p-waarde; D2testCP = concentratieprestatie: het aantal aangestreepte tekens minus omissie- en commissiefouten; D2testVS = verwerkingssnelheid: het totaal aantal verwerkte doelstimuli, bepaald door de positie van het laatst aangestreepte teken; D2testFperc = nauwkeurigheid: het totaal aantal fouten gedeeld door D2testVS\*100; SDMTcorrect = snelheid van informatieverwerking: het totaal aantal genoteerde cijfers minus het aantal foute cijfers; DF = Digit span forward; DB = Digit span backward; DStotaal = DF + DB; vetgedrukt: significante uitkomst.

Uit tabel 9 blijkt dat de covariaat tijdstip van de dag enkel bij de Digit span forward test de waarden op de afhankelijke variabele voorspelt ( $p < .05$ ). Het effect van de interventie op de scores van de nameting van de cognitieve toetsen is net als bij de ANOVA van de scores van de nametingen alleen significant bij de D2testCP. De effectmaat  $\eta^2 = 0,057$ , wat tussen een klein en een matig effect is (Cohen, 1988). Bij de overige cognitieve toetsen zijn er geen significante verschillen gevonden.

## Conclusies, discussie en aanbevelingen

### Conclusie

In deze studie is onderzocht of 10 of 5 minuten stevig wandelen voldoende is om de executieve prestaties van MBO studenten te verbeteren. Daarbij was het doel om er achter te komen welke lengten en intensiteiten van fysieke activiteiten al voldoende zijn om verbeteringen in het leerresultaat van MBO studenten te bereiken. Dat resulteerde in de volgende onderzoeksvraag: ‘In welke mate heeft 10 of 5 minuten stevig wandelen een effect op de executieve prestaties van MBO studenten ten opzichte van niet wandelen en is tussen deze twee lengtes een verschil in effect waar te nemen? De verwachting was dat 10 en 5 minuten stevig wandelen een klein positief effect zou hebben ten opzichte van niet wandelen. Ook werd er verwacht dat er bij studenten die 10 minuten stevig gewandeld hadden een grotere toename van executieve prestaties te meten zou zijn dan bij studenten die 5 minuten gewandeld hadden.

Uit de resultaten blijkt dat er bij de studenten die 10 en 5 minuten stevig gewandeld hebben bij geen van de cognitieve testen een significant positief effect gemeten is op de executieve prestaties ten opzichte van de studenten die niet gelopen hebben. Dit betekent dat er geen waarneembaar effect is bij deze lengtes en intensiteit van fysieke oefening op executieve functies van MBO studenten en dus ook niet op hun leerresultaat. Hierbij zijn de hypothesen dat er een klein maar positief effect zou zijn bij de loopgroepen ten opzichte van de zitgroep verworpen. Ook er geen verschil waargenomen tussen de studenten die 10 en 5 minuten gelopen hebben. Daarmee is tevens de hypothese verworpen dat er een significant verschil is tussen de studenten die 10 of 5 minuten gelopen hebben.

Allereerst is er onderzocht of de studenten bij de nametingen beter presteerden dan bij de voormetingen. Dit bleek inderdaad het geval. Bij alle groepen studenten was er bij de meeste cognitieve toetsen een significant effect te zien, waarbij ze bij de nametingen beter scoorden dan bij de voormetingen. Om na te gaan of er een ANCOVA van de scores van de cognitieve toetsen moest worden uitgevoerd met de scores van de voormeting als covariaat, is nagegaan of de groepen verschilden in de voormeting. Dat bleek niet het geval. Daardoor konden de scores van de nameting gebruikt worden voor het uitvoeren van een One-way ANOVA. Hieruit kwam een significant verschil uit bij de D2testCP tussen de groepen 2 (de 5 minuten loopgroep) en 3 de zit/controlegroep), waarbij groep 3 beter scoorde. Dit verschil bleek een klein effect en omgekeerd aan wat in de hypothese gesteld was. Bij een ter controle uitgevoerde Kruskal Wallistoets en een Mann Whitney toets was gevonden dat er enkel een klein significant verschil was tussen de scores van de D2testFperc bij de groepen 2 en 3. Hier kwam echter bij een Cohen's d toets uit dat het effect van de indeling in groepen verwaarloosbaar klein was. Voor de zekerheid is een One-way ANOVA uitgevoerd met de verschilcores als afhankelijke variabele. Hier werd bij geen enkele cognitieve toets een significant

verschil tussen de groepen gemeten. Een mogelijke verklaring voor de gemeten verschillen tussen de ANOVA en de Kruskal Wallis toets bij de D2testCP en bij de D2testFperc is dat er bij de gemeten verschillen sprake is van een Type 1 fout, dus dat de nulhypothese ten onrechte verworpen wordt, veroorzaakt door het uitvoeren van meerdere statistische toetsen.

Het geslacht bleek niet van invloed op de scoreresultaten. Ten slotte is ter controle onderzocht of er een effect gevonden zou worden van de interventie op de resultaten van de cognitieve toetsen als de interventies gecorrigeerd zouden worden met een ANCOVA met als covariaat tijdstip van de dag. Ook hier werd bij de D2testCP een omgekeerd effect gevonden dan volgens de hypothese was gesteld. Ook dit effect was echter klein. Ook hier wordt verondersteld dat dit wordt veroorzaakt door een onbekende factor, mogelijk een Type 1 fout. Bij de overige cognitieve toetsen werd geen verschil waargenomen. Uit al deze analyses kan worden geconcludeerd in deze studie uitgevoerde fysieke activiteiten onvoldoende zijn om de executieve prestaties van MBO studenten meetbaar te beïnvloeden.

## **Discussie**

Deze uitkomsten sluiten aan bij de meta-analyse van Lambourne en Tomporowski (2010) waarin geconcludeerd werd dat prestaties pas verbeterden na ten minste 20 minuten fysieke oefening. Volgens hen wordt de omvang van het effect onder andere beïnvloed door de aard van de cognitieve taak, waarbij kleinere effecten werden gemeten bij studies waarbij informatieverwerking werd onderzocht dan bij studies waarbij het geheugen werd onderzocht. Volgens Chang et al. (2012) is de intensiteit van de oefening een variabele waarbij hoog-intensieve oefening een groter effect laat zien.

In de studie van McDonnell, Buckley, Opie, Ridding en Semmler (2013) wordt een mogelijke verklaring gegeven voor het ontbreken van een effect van 5 en 10 minuten stevig wandelen op executieve functies. Zij onderzochten de effecten van 30 minuten laag intensieve fysieke oefeningen en 15 minuten matig intensieve fysieke oefeningen op de vrijgave van BDNF in de hersenen bij gezonde volwassenen. Deze interventiegroepen werden vergeleken met een controlegroep met deelnemers die 30 minuten bleven zitten. Daar kwam uit dat wanneer de proefpersonen fysieke oefeningen deden die ongeveer 55% van de HRmax vereiste (tussen lichte en enigszins zware oefenintensiteit), een onmiddellijk maar kortstondig verschil te zien was van veranderingen in de effectiviteit van synaptische verbindingen in het brein. Volgens McDonnell et al. (2013) komt dit overeen met de door hen bestudeerde literatuur. Hieruit blijkt dat de meeste studies die het effect onderzoeken van acute fysieke oefeningen op concentraties van BDNF, aantonen dat fysieke oefeningen met een hogere intensiteit resulteren in een grotere toename van de concentratie van BDNF. Dit in tegenstelling tot de studies die BDNF concentraties onderzochten bij lage en matig-intensieve fysieke oefening, waar maar bij 44% van de studies een toegenomen concentratie van

BDNF was te zien. Dit kan een verklaring zijn voor het in deze studie ontbreken van het effect van 10 en 5 minuten stevig wandelen op de executieve functies van MBO studenten, waarbij de vermoedelijke MET waarde van de inspanning ruim 3 is geweest. Dit is dus meer in overeenstemming met de studies waarbij BDNF concentraties onderzocht zijn bij lage en matig-intensieve fysieke oefening dan met de studies met hogere fysieke intensiteit. Mogelijk is de inspanning uitgevoerd in deze studie te laag geweest om een meetbaar effect te krijgen.

Ook de studenten die niet gelopen hebben, lieten een verbetering zien. Dit is in overeenstemming met bovengenoemd experiment van Janssen et al. (2014). In een door hen geraadpleegde studies bleek eveneens dat een mentale onderbreking van cognitieve taken de selectieve aandacht kan verbeteren (Ariga en IJeras, geciteerd in Janssen et al., 2014).

Uit de ANCOVA van de scores van de nameting met als covariaat het tijdstip van de dag bleek eveneens dat er bij geen van de cognitieve testen een significant positief effect is gemeten van de loopgroepen ten opzichte van de controlegroep. Bij de D2testCP werd net als bij de ANOVA een verschil gevonden tussen groep 2 (de 5 minuten loopgroep) en 3 (de zit/controlegroep), waarbij groep 3 beter scoorde. Ook hier wordt uitgegaan van een andere, onbekende factor, mogelijk een Type 1 fout. Bij de overige cognitieve testen was geen verschil gevonden. Dit levert de conclusie op dat er geen invloed is van 5 of 10 minuten stevig wandelen op de uitkomsten van de cognitieve testen. Dit lijkt in tegenstelling met de meta-analyse van Chang et al. (2012) waar uit kwam dat het tijdstip waarop de tests plaatsvonden een significant effect had op de resultaten, met een significant groter effect wanneer de fysieke oefening in de ochtend was uitgevoerd. Wanneer de fysieke oefeningen in de middag of avond waren uitgevoerd, werd er geen effect gemeten. Een verklaring voor deze tegenstelling kan liggen in het ontbreken van gegevens over de duur en intensiteit van de fysieke activiteiten in de review van Chang et al. en het feit dat bij deze studie het aantal proefpersonen te laag is voor voldoende statistische power voor een ANCOVA.

### **Voordelen en beperkingen van deze studie**

Deze studie heeft een aantal sterke kanten. Allereerst zijn de interventiecondities vergeleken met een controleconditie. De cognitieve tests die de studenten hebben gemaakt meten verschillende executieve functies, die samen gerelateerd zijn aan een breed curriculaire gebied. Daarnaast is het aantal deelnemers ruim boven de minimumgrens voor voldoende statistische power en geeft dus weinig kans op een Type 2 fout, de kans dat de nulhypothese ten onrechte wordt aangehouden. De leeftijden van de proefpersonen liggen relatief dicht bij elkaar, wat een betrouwbare uitkomst geeft voor deze leeftijdscategorie. Alle niveaus van 1 tot 4 van het MBO zijn vertegenwoordigd.

Enkele beperkingen zijn mogelijk van invloed op de uitkomst van dit onderzoek. Allereerst is er geen gebruik gemaakt van objectieve meetmethoden zoals HR-meters om de fysieke activiteit van de

studenten te meten tijdens het lopen. Als HR-meters gebruikt zouden zijn, zou van te voren eerst de HRmax van elke student moeten zijn gemeten. Dit zou meer lestijd vragen dan de nu uitgevoerde activiteiten. De vraag is of die lestijd beschikbaar was gegeven het feit dat de meeste studenten het experiment aan het eind van het cursusjaar hebben gedaan, dus op een moment dat er vakken afgerond moeten worden. Daarnaast was twijfelachtig of de studenten bereid zouden zijn geweest om een fysieke activiteit te doen waarbij een maximale inspanning vereist was.

Tevens is de basisfitheid van de studenten niet gemeten. Op grond van de ervaringen van de docenten zal deze gemiddeld niet hoog zijn, maar deze is niet exact vastgesteld. Volgens de meta-analyse van Chang et al. (2012) resulteren fysieke oefeningen bij personen met een lage fitheid tot minder progressie bij cognitieve testen dan bij personen met een hoge fitheid.

Om zoveel mogelijk eenheid te brengen in het inspanningsniveau heeft de onderzoeker samen met elke docent het looptraject voorgelopen. De docent heeft steeds met de 10 minuten groep gelopen. Bij het voorlopen is ook gelet op de hoeveelheid trappen die gelopen zijn. Traplopen was onvermijdelijk, gezien de tijdsduur van het lopen en de grootte van de schoolgebouwen. Er is echter op twee verschillende scholen getest waardoor de looproutes niet exact gelijk waren. Ook zijn de experimenten uitgevoerd met hulp van drie verschillende MBO docenten. Het is niet onderzocht of deze eenzelfde loopsnelheid hadden. Gezien de aard van de opleidingen waar de experimenten gedaan zijn, was het overgrote deel van de proefpersonen van het vrouwelijk geslacht (11 mannen versus 108 vrouwen). Door afhankelijkheid van de beschikbaarheid en bereidheid van docenten om lestijd ter beschikking te stellen is het niet altijd mogelijk eenheid te brengen in alle onderdelen van het experiment.

Daarnaast zijn de experimenten uitgevoerd op verschillende momenten van de dag. De experimenten bij de studenten Toerisme zijn verspreid over de dag uitgevoerd, bij de opleiding Jeugdzorg voor en na de lunch, bij de opleiding Onderwijsassistent vonden de experimenten plaats voor de lunch en halverwege de middag. Ter controle is het effect van het moment van de dag als covariaat onderzocht op de progressie van de studenten. Hieruit werd geconcludeerd dat, alhoewel er een klein verschil werd gemeten bij de D2testCP, bij geen van de scores van de cognitieve testen een positief significant effect waarneembaar is. Opgemerkt dient te worden, dat de studie opzet niet bedoeld is voor het uitvoeren van een ANCOVA en dat dus het aantal proefpersonen hier niet op was afgestemd.

Een deel van het experiment werd uitgevoerd in de ramadanmaand. Gezien het feit dat een deel van de studenten moslim is, kan worden aangenomen dat een aantal van hen gedurende een groot aantal uren niets gegeten en gedronken had, terwijl het heel warm was op de dagen dat het experiment gehouden werd in deze maand. Omdat pas aan het eind van het onderzoek duidelijk was dat er studenten waren die aan de ramadan deden, was het niet meer mogelijk te achterhalen welke studenten dat waren. Er is verder niet nagegaan of en wat de studenten de dag van het experiment gegeten



hebben. Volgens Benton (2008) heeft wat een persoon gegeten heeft invloed op de werking van het brein, onder andere doordat het brein door voedsel voorzien wordt van energie. Dat kan betekenen dat het energieniveau van de studenten heel verschillend was.

De getallenvolgorde bij de Digit span tests kunnen voor sommige studenten associaties oproepen met bekende getallenvolgorde, zoals hun telefoonnummer. Volgens Woods et al. (2011) kan bijvoorbeeld eenzelfde opvolging van getallen als het lokale telefoongebied de Digit span resultaten beïnvloeden. Ondanks genoemde beperkingen geeft de studie, mede door de ruime hoeveelheid proefpersonen en de onderzoeksopzet met een controlegroep een redelijk inzicht in het effect van kortdurende, matig intensieve lichaamsbeweging op executieve prestaties tijdens de schooldag bij MBO studenten.

### **Aanbevelingen**

Uit deze studie blijkt dat 10 minuten stevig wandelen niet voldoende is om meetbare effecten te genereren op de executieve prestaties van MBO studenten en dus niet op hun leerresultaat. Uit de literatuur blijkt dat fysieke oefening van 10 minuten meetbaar effect heeft, als de hartslag maar daadwerkelijk verhoogd is. Dat betekent dat er onderzoek moet worden gedaan waarbij de inspanning van de proefpersonen objectief gemeten wordt, bijvoorbeeld met een HR-meter. Daarbij kunnen er interventiegroepen samengesteld worden die resp. 10 minuten en langer lopen, waarbij van te voren vanuit de literatuur moet worden vastgesteld welk percentage van de HRmax moet worden bereikt. Voorafgaand aan het experiment moet de basisconditie van de studenten worden gemeten. Deze kan meegenomen worden als covariaat bij een vergelijking tussen de verschillende interventiegroepen. Ook is het wenselijk dat gegarandeerd wordt dat de looproutes inclusief de hoeveelheid te nemen trappen per interventieconditie gelijk zijn. Daarvoor is het noodzakelijk dat het hele experiment op dezelfde school plaatsvindt en dat bij voorkeur het start- en eindpunt van de looproutes hetzelfde leslokaal is.

Hoewel er bewijs gevonden is dat suggereert dat er relaties zijn tussen fysieke activiteit, fitheid, cognitie en academische prestaties, concluderen Donnelly et al. (2016) in hun verslag van een overzichtsstudie, dat de beschikbare literatuur over dit onderwerp veel methodologische tekortkomingen en inconsistenties bevat. Volgens hen is verdere studie nodig waarbij gebruik wordt gemaakt van geavanceerde technologie (bv. fMRI en EEG) om de anatomische en biologische modellen vast te stellen voor de geobserveerde effecten op cognitie en academische prestaties. Ook Smith et al. (2010) adviseren aanvullend onderzoek met grote groepen proefpersonen, meerdere nametingen, bruikbare controlegroepen en een uitgebreide meting van mogelijke moderatoren van cognitieve verandering. Verder zijn er gerandomiseerde gecontroleerde experimenten nodig om vast te stellen of een toegenomen fysieke activiteit een oorzakelijke rol speelt in de verbetering van

academische prestaties. Met name bij experimenten met minderjarigen moet daarbij erop gelet worden dat deze niet onnodig belast worden.

Omdat uit de literatuur blijkt dat het moment van de dag van invloed is op de executieve prestaties, zouden alle experimenten moeten plaatsvinden op hetzelfde moment van de dag, waarbij wordt gewaarborgd dat de deelnemers hetzelfde gegeten en gedronken hebben. Altenburg, Chinapaw en Singh (2016) losten dit probleem op door ouders te instrueren de proefpersonen geen activiteiten te laten ondernemen (actief transport), leerlingen vroeg op school te laten komen en gestandaardiseerde ontbijten te geven. Als dat niet mogelijk is, kan het effect van fysieke oefening op executieve prestaties worden onderzocht waarbij het moment van de dag als covariaat wordt meegenomen in een ANCOVA, waarbij van te voren met het programma G\*power moet worden vastgesteld hoeveel proefpersonen daarvoor nodig zijn.

Veel elementen van fysieke activiteit moeten nog worden onderzocht op hun effect op executieve prestaties, zoals soort, hoeveelheid, frequentie en tijdsspanne tussen de fysieke activiteit en de cognitieve tests. Verder moet onderzocht worden wat de ideale verhouding van pauzes ten opzichte van actieve lessen is in relatie met toegenomen cognitie en executieve prestaties. Algemeen wordt erkend dat fysieke oefeningen bijdragen aan de gezondheid en de fysieke ontwikkeling van kinderen en jongeren. Deze bieden tevens een gelegenheid voor het fundamenteel verbeteren van de motorische vaardigheden (Donnelly et al., 2016). Winter et al. (2007) stellen voor te onderzoeken of oefeningen met een korte hoge impact en langdurige lage impact vergelijkbare effecten hebben en door dezelfde mechanismen worden bepaald. Ook Barenberg et al. (2011) vinden dat de fysiologische processen die betrokken zijn bij de positieve effecten van fysieke activiteiten nog uitgebreid en gedetailleerd onderzocht moeten worden. Interessant is het ook om te onderzoeken hoe het komt dat er bij relatief fitte personen een grotere progressie in prestaties te meten is bij cognitieve testen na fysieke activiteiten dan bij niet fitte personen.

Dit onderzoek maakt deel uit van een groter project PHIT2LEARN dat als doelstelling heeft om het effect van lichamelijke activiteit en zitgedrag te onderzoeken op de leeruitkomsten bij studenten in het MBO. Dit project heeft naast wetenschappelijke input een praktisch doel: het geven van een op maat gemaakt advies voor studenten en hun docenten in het MBO waarbij rekening gehouden wordt met de interesses en mogelijkheden van MBO studenten en hun curriculum (Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek, 2016).

In deze samenleving is het opleidingsniveau een belangrijke bepaler voor veel aspecten van het leven. Een voltooide MBO opleiding wordt als minimale voorwaarde gezien voor een startkwalificatie. Zonder deze kwalificatie is er grote kans om aan de onderkant van de samenleving terecht te komen, met een grote kans op langdurige werkloosheid, een slechte gezondheid en een

ongunstige woonsituatie (Tolsma & Wolbers, 2010). In dit licht bezien is elke bruikbare en realistische interventie die bevorderlijk is voor het leren van deze groep van groot maatschappelijk belang.

## Referenties

- Audiffren, M., Tomporowski, P. D., & Zagrodnik, J. (2009). Acute aerobic exercise and information processing: Modulation of executive control in a random number generation task. *Acta Psychologica, 132*, 85-95. doi:10.1016/j.actpsy.2009.06.008
- Alptekin, C., & Erçetin, G. (2009). Assessing the relationship of working memory to L2 reading: Does the nature of comprehension process and reading span task make a difference? *System 37*(4), 627-639. doi: 10.1016/j.system.2009.09.007
- Altenburg, T. M., Chinapaw, M. J. M., & Singh, A. S. (2016). Effects of one versus two bouts of moderate intensity physical activity on selective attention during a school morning in Dutch primary schoolchildren: A randomized controlled trial. *Journal of Science and Medicine in Sport, 19*, 820-824. doi: 10.1016/j.jsams.2015.12.003
- Bates, M. E., & Lemay, E. P. (2004). The D2 Test of Attention: Construct validity and extensions in scoring techniques. *Journal of the International Neuropsychological Society, 10*(3), 392-400. doi: 10.1017/S135561770410307X
- Barenberg, J., Berse, T., & Dutke, S. (2011). Executive functions in learning processes: Do they benefit from physical activity? *Educational Research Review, 6*, 208-222. doi:10.1016/j.edurev.2011.04.002
- Benton, D., (2008). The influence of children's diet on their cognition and behavior. *European Journal of Nutrition, 47*(3) 25-37. doi: 10.1007/s00394-008-3003-x
- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences, 21*(4). 327-336. doi:10.1016/j.lindif.2011.01.007
- Caspersen, C. J., Powell, K. F., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health related research. *Public Health Reports, 100*(2) 126-131. Geen doi.
- Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., & Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. *Brain Research, 1453*, 87-101. doi: 10.1016/j.brainres.2012.02.068
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analyses for the behavioral sciences*. Verkregen van <http://www.utstat.toronto.edu/~brunner/oldclass/378f16/readings/CohenPower.pdf>

- Coles, K., & Tomporowski, P. D. (2008). Effects of acute exercise on executive processing, short-term and long-term memory. *Journal of Sports Sciences*, 26(3), 333-344. doi: 10.1080/02640410701591417
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750
- Donnelly, J. E., Greene, J. L., Gibson, C. A., Smith, B. K., Washburn, R. A., Sullivan, D K., . . . Jacobson, D. J., (2009). Physical activity across the curriculum (PAAC): a randomized controlled trial to promote physical activity and diminish overweight and obesity in elementary school children. *Preventive Medicine*, 49(4), 336-341. doi: 10.1016/j.ypmed.2009.07.022
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., . . . Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(6), 1197-1222. doi:10.1249/MSS.0000000000000901
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A-G., & Buchner, A., 2007. G\*Power3: A flexible statistical power analyses program for the social, behavioural, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175-191. doi:10.3758/BF03193146
- Fedewa, A. L., & Ahn, S. (2011). The effects of physical activity and physical fitness on children's achievement and cognitive outcomes: A meta-analyses. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82, 521-535. doi: 10.1080/02701367.2011.10599785
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. London, England: Sage.
- Forn, C., Ripollés, P., Cruz-Gómez, A. J., Belenguier, A., González-Torre, J. A., & Ávila, C. (2013). Task-load manipulation in the Symbol Digit Modalities Test: An alternative measure of information processing speed. *Brain and Cognition*, 82, 152-160. doi: 10.1016/j.bandc.2013.04.003
- Gathercole, 2001. *Short-term and Working Memory*. Sussex: Psychology Press. Verkregen van [https://books.google.nl/books?id=9uiE4DerLMAC&printsec=frontcover&dq=gathercole+short+term+and+working+memory&hl=nl&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=gathercole%20short%20term%20and%20working%20memory&f=false](https://books.google.nl/books?id=9uiE4DerLMAC&printsec=frontcover&dq=gathercole+short+term+and+working+memory&hl=nl&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=gathercole%20short%20term%20and%20working%20memory&f=false)
- Gijselaers, H. J. M., Meijs, C., Neroni, J., Kirschner, P. A., & de Groot, R. H. M. (2017). Updating and not shifting predicts learning performance in young and middle-aged adults. *Mind, Brain, & Education*, 1-11. doi: 10.1111/mbe.12147
- Haskell, W. L., Lee, I-M., Pate, R. R., Powell, K. E., & Blair, S. N. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1423-34. doi: 0.1161/CIRCULATION.107.185649

- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E., & Kramer, A. F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, *159*(3), 1044-1054. doi:10.1016/j.neuroscience.2009.01.057
- Hills, A. P., Mokhtar, N., & Byrne, N. M. (2014). *Assessment of physical activity and energy expenditure: an overview of objective measures*. *Frontiers in nutrition*, *1*, 5-21. doi: 10.3389/fnut.2014.00005
- Hötting, K., Schickert, N., Kaiser, J., Röder, B., & Schmidt-Kassow, M. (2016). The effects of acute physical exercise on memory, peripheral BDNF, and cortisol in young adults. *Neural Plasticity*, *1-12*. doi: 10.1155/2016/6860573
- Howie, E. K., & Pate, R. R. (2012). Physical activity and academic achievement in children: a historical perspective. *Journal of Sport and Health Science*, *1*(3), 160-169. doi: 10.1016/j.jshs.2012.09.003
- Janssen, J. (2016). *D2-R Aandachts- en concentratietest*. HTS Report. Verkregen van [http://www.hogrefe.nl/fileadmin/user\\_upload/Documenten/PDF/HTS/Voorbeeldrapporten/Voorbeeldrapport\\_D2-R.pdf](http://www.hogrefe.nl/fileadmin/user_upload/Documenten/PDF/HTS/Voorbeeldrapporten/Voorbeeldrapport_D2-R.pdf)
- Janssen, M., Chinapaw, M. J. M., Rauh, S. P., Toussaint, H. M., van Mechelen, W., & Verhagen, E. A. L. M. (2014). A short physical activity break from cognitive tasks increases selective attention in primary school children aged 10-11. *Mental Health and Physical Activity*, *7*(3), 129-134. doi:10.1016/j.mhpa.2014.07.001
- Kantomaa, M., Stamatakis, E., Kankaanpää, A., Kajantie, E., Taanila, A., & Tammelin, T. (2016). Associations of physical activity and sedentary behavior with adolescent academic achievement. *Journal of Research on Adolescence*, *26*(3), 432-442. doi: [10.1111/jora.12203](https://doi.org/10.1111/jora.12203)
- Keeley, T. J. H., & Fox, K. R. (2009). The impact of physical activity on academic achievement and cognitive performance in children. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, *2*(2), 198-214. doi: 10.1080/17509840903233822
- Kemtes, K. A., & Allen, D. N. (2008). Presentation modality influences WAIS Digit Span performance in younger and older adults. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *30*(6), 661-665. doi: 10.1080/13803390701641414
- Kibbe, D. L., Hackett, J., Hurley, M., McFarland, A., Schubert, K. G., Schulz, A., & Harris, S. (2011). Ten Years of TAKE 10!: Integrating physical activity with academic concepts in elementary school classrooms. *Preventive Medicine*, *52*, S43-S50. doi: 10.1016/j.ypmed.2011.01.025
- Lambourne, K., & Tomporowski, P., (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain Research*, *1341*, 12–24. doi: 10.1016/j.brainres.2010.03.091

- Latzman, R. D., Elkovitch, N., Young, J., & Clark, L. A. (2010). The contribution of executive functioning to academic achievement among male adolescents. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *32*(5), 455-462. doi: 10.1080/13803390903164363
- Lee, K., & Bull, R. (2016). Developmental changes in working memory, updating, and math achievement. *Journal of Educational Psychology*, *108*(6), 869-882. doi: 10.1037/edu0000090
- Marquez, C. M. S., Vanaudenaerde, B., Troosters, B., & Wenderoth, N. (2015). High-intensity interval training evokes larger serum BDNF levels compared with intense continuous exercise. *The American Physiological Society*, *119* (12), 1363-73. doi:10.1152/jappphysiol.00126.2015
- McDonnell, M. N., Buckley, J. D., Opie, G. M., Ridding, M. C., & Semmler, J. G. (2013). A single bout of aerobic exercise promotes motor cortical neuroplasticity. *Journal of Applied Physiology*, *114*(9), 1174-1182. doi:10.1152/jappphysiol.01378.2012
- Misuraca, R., Miceli, S., & Teuscher, U. (2017). Three effective ways to nurture our brain. *European Psychologist*, *22*(2), 101-120. doi: 10.1027/1016-9040/a000284
- Miyake, A. & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: four general conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, *21*(1), 8–14. doi: 10.1177/0963721411429458
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of EFs and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49–100. doi: 10.1006/cogp.1999.0734
- Nederlandse Organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk Onderzoek. (2011). *De leefstijl van MBO studenten in Nederland 2009/2010*. TNO-rapport | TNO/LS 2011.014. Verkregen van [https://www.gezondeschool.nl/sites/default/files/o11360\\_2011.014-ROC-leefstijl-def.pdf](https://www.gezondeschool.nl/sites/default/files/o11360_2011.014-ROC-leefstijl-def.pdf)
- Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek. (2016). *PHIT2LEARN- PHysical activity InTerventions to enhance LEARNing in vocational education and training*. Verkregen van <http://www.nwo.nl/onderzoek-en-resultaten/onderzoeksprojecten/i/72/27472.html>
- Nocentini, U., Giordano, A., Di Vincenzo, S., Panella, M., & Pasqualetti, P. (2006). The Symbol Digit Modalities Test - Oral version: Italian normative data. *Functional Neurology*, *21*(2), 93–96.
- Passolunghi, M. C., & Pazzaglia, F. (2004). Individual differences in memory updating in relation to arithmetic problem solving. *Learning and Individual Differences*, *14*(4), 219–230. doi:10.1016/j.lindif.2004.03.001
- Passolunghi, M. C., & Pazzaglia, F. (2005). A comparison of updating processes in children good or poor in arithmetic word problem-solving. *Learning and Individual Differences*, *15*(4), 257-269. doi:10.1016/j.lindif.2005.03.001

- Pontifex, M. B., Gwizdala, K., Parks, A. C., Pfeiffer, K. A., & Fenn, K. M. (2016). The association between physical activity during the day and long-term memory stability. *Scientific Reports*, *12*(6). doi:10.1038/srep38148
- Pontifex, M. B., Hillman, C. H., Fernhall, B., Thompson, K. M., & Valentini, T. A. (2009). The effect of acute aerobic and resistance exercise on working memory. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(4). doi: 10.1249/MSS.0b013e3181907d69
- Richardson, J. T. E., 2007. Measures of short-term memory: a historical review. *Cortex*, *43*(5), 635-650. doi: 10.1016/S0010-9452(08)70493-3
- Rooks, C. R., Thom, N. J., McCully, K. K., & Dishman, R. K. (2010). Effects of incremental exercise on cerebral oxygenation measured by near-infrared spectroscopy: A systematic review. *Progress in Neurobiology*, *92*(2). 134-150. doi: 10.1016/j.pneurobio.2010.06.002
- Şahana, A., Ermana, A., & Meneka, S. (2014). The effect of physical fatigue on short-term memory. *Social and Behavioral Sciences*, *174*, 2425-2429. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.01.912
- Salas, C. R., Minakata, K., & Kelemen, W. (2011). Walking before study enhances free recall but not judgement-of-learning magnitude. *Journal of Cognitive Psychology*, *23*(4), 507-513. doi: 10.1080/20445911.2011.532207
- Saliasi, E., van den Berg, V., Jolles, J., de Groot, R. H. M., Chinapaw, M. J. M., & Singh, A. S. (in press). Acute effects of shorter and longer exercise times on cognitive performance in adolescents.
- Samuels, W. E., Tournaki, N., Blackman, S., & Zilinski, C. (2016). Executive functioning predicts academic achievement in middle school: A four-year longitudinal study. *The Journal of Educational Research*, *109*(5), 478-490. doi: 10.1080/00220671.2014.979913
- Sheridan, L. K., Fitzgerald, H. E., Adams, K. H., Nigg, J. T., Martel, M. M., Puttler, L I., ... Zucker, R. A. (2006). Normative symbol digit modalities test performance in a community-based sample. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *21*, 23-28. doi: 10.1016/j.acn.2005.07.003
- Sibley B. A., & Beilock, S. L. (2007). Exercise and working memory: an individual differences investigation. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, *29*, 783-791. Geen doi.
- Sibley, B. A., & Etnier, J. L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: a meta-analyses. *Pediatrics Exercise Science*, *15*, 243-256. Geen doi.
- Smith, P. J., Blumenthal, J. A., Hoffman, B. M., Cooper, H., Strauman, T. A., Welsh-Bohmer, K., . . . Sherwood, A. (2010). Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials. *Psychosomatic Medicine*, *72*(3), 239-252. doi: 10.1097/PSY.0b013e3181d14633.
- Smith, M., Tallis, J., Miller, A., Clarke, N. D., Guimarães-Ferreira, L., & Duncan, M. J. (2016). The effect of exercise intensity on cognitive performance during short duration treadmill running. *Journal of Human Kinetics*, *51*, 27-35. doi: 10.1515/hukin-2015-0167

- Sprenger, A. M., Atkins, S. M., Bolger, D. J., Harbison, J. I., Novick, J. M., Chrabaszcz, J. S., . . . Dougherty, M. R. (2013). Training working memory: Limits of transfer. *Intelligence*, *41*, 638-663. doi: 10.1016/j.intell.2013.07.013
- St Clair-Thompson, H. L., (2010). Backwards digit recall: A measure of short-term memory or working memory? *European Journal of cognitive Psychology*, *22*(2), 286-296. doi: 10.1080/09541440902771299
- St Clair-Thompson, H. L., & Allen, R. J. (2013). Are forward and backward recall the same? A dual-task study of digit recall. *Memory & Cognition*, *41*(4), 519-532. doi: 10.3758/s13421-012-0277-2
- St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal Of Experimental Psychology*, *59*(4), 745-759. doi:10.1080/17470210500162854
- Swaab, D. (2010). *Wij zijn ons brein*. Amsterdam: Contact.
- Tolsma, J. & Wolbers, M. H. J. (2010). *Naar een open samenleving? Recente ontwikkelingen in sociale stijging en daling in Nederland in opdracht van de Raad voor Maatschappelijke Ontwikkeling (RMO)*. Verkregen van <http://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/90014/90014.pdf?sequence=1>
- Tomporowski, P. D., (2003). Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychologica* *112*(3), 297-324. doi: 10.1016/S0001-6918(02)00134-8
- Tomporowski, P. D., Cureton, K., Armstrong, L. E., Kane, G. M., Sparling, P. B., & Millard-Stafford, M. (2005). Short-term effects of aerobic exercise on executive processes emotional reactivity. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, *3*(2). doi: 10.1080/1612197X.2005.9671763
- Unsworth, N., & Engle, R. W. (2007). The nature of individual differences in working memory capacity: active maintenance in primary memory and controlled search from secondary memory. *Psychological Review*, *114*(1), 104-132. doi: 10.1037/0033-295X.114.1.104
- U. S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. (1996). *Physical activity and health: a report of the Surgeon General*. Verkregen van <https://www.cdc.gov/nccdphp/sgr/pdf/sgrfull.pdf>
- van de Berg, V., Saliassi, E., de Groot, R. H. M., Jolles, J., Chinapaw, M. J. M., & Singh, A. (2016). Physical activity in the school setting: cognitive performance is not affected by three different types of acute exercise. *Frontiers in Psychology*, *7*, 723. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00723
- van Orman, D. S. J. (2016). Pilot Study: Exercise before learning improves phonological and phrasal memory of a foreign language. Niet in tijdschrift verschenen. doi:10.13140/RG.2.1.4489.1920



- Wassenberg, R., Hendriksen, J. G. M., Hurks, P. P. M., Feron, F. J. M., Keulers, E. H. H., Vles, J. S. H., & Jolles, J. (2008). Development of inattention, impulsivity, and processing speed as measured by the d2 test: results of a large cross-sectional study in children aged 7-13. *Child Neuropsychology*, *14*(3), 195-210. doi: 10.1080/09297040601187940
- Wechsler, D. (2008). *Wechsler Adult Intelligent Scale– Fourth Edition*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Weng, T. B., Pierce, G. L., Darling, W. G., & Voss, M. W. (2016). Differential effects of acute exercise on distinct aspects of executive function. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. *47*(7), 1460-9. doi: 10.1249/MSS.0000000000000542
- Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F. C., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., . . . Knecht, S. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, *87*, 597-609. doi:10.1016/j.nlm.2006.11.003
- Woods, D. L., Kishiyama, M. M., Yund, E. W., Herron, T. J., Edwards, B., Poliva, O., Hink, R. F., & Reed, B. (2011). Improving digit span assessment of short-term verbal memory. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *33*(1), 101-111. doi:10.1080/13803395.2010.493149
- Yeniad, N., Malda, M., Mesman, J., van IJzendoorn, M. H., & Pieper, S. (2013). Shifting ability predicts mat hand reading performance in children: A meta-analytical study. *Learning and Individual Differences*, *23*, 1-9. doi: 10.1016/j.lindif.2012.10.004