university of groningen

umcg

University of Groningen

Move to Improve

Haverkamp, B.F.; Oosterlaan, J.; Hartman, Esther

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:
2021

Link to publication in University of Groningen/UMCG research database

Citation for published version (APA):
Haverkamp, B. F., Oosterlaan, J., & Hartman, E. (2021). *Move to Improve: Effecten van een beweeginterventie op cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid van jongeren*. https://www.nro.nl/sites/nro/files/media-files/eindrapport_move_to_improve.pdf

Copyright
Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment.

Take-down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): http://www.rug.nl/research/portal. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Download date: 05-10-2026

Move to Improve
Effecten van een beweeginterventie op cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid van jongeren

December 2021

B.F. Haverkamp, J. Oosterlaan & E. Hartman

Dit onderzoek is (mede) tot stand gekomen met subsidie van het Nationaal Regieorgaan Onderwijsonderzoek (projectnummer 405-16-411) en de Nederlandse Hersenstichting

in samenwerking met

rijksuniversiteit groningen | umcg | VU UNIVERSITY AMSTERDAM

projectgroep

B.F. Haverkamp, MSc	Centrum voor Bewegingswetenschappen, UMCG/RUG en Klinische Neuropsychologie, VU Amsterdam
prof. dr. J. Oosterlaan	Klinische Neuropsychologie, VU Amsterdam
dr. E. Hartman (projectleider)	Centrum voor Bewegingswetenschappen, UMCG/RUG

Voorwoord

In 2015 zette het NRO (Nationaal Regieorgaan Onderwijsonderzoek) in samenwerking met het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap onderzoek uit naar de vraag 'Is er een causale relatie tussen bewegen op school en cognitieve onderwijsprestaties?'. De Hersenstichting deelde de interesse van het NRO en het ministerie en sloot zich meteen aan. Gezamenlijk hebben ze de opdracht tot het huidige onderzoek in het voortgezet onderwijs (VO) gegeven. Er kwamen steeds meer resultaten beschikbaar uit wetenschappelijk onderzoek, maar de vraag resteerde hoe het precies zat bij jongeren in het VO. *Fit en Vaardig op School*, een grote interventiestudie naar effecten van bewegend leren tijdens de taal- en rekenles, zorgde bijvoorbeeld voor positieve effecten op spelling en rekenen. Slim door Gym, een grote interventiestudie naar het effect van twee verschillende beweeginterventies in het bewegingsonderwijs van kinderen op de basisschool. Slim door Gym liet geen effecten zien op cognitieve functies, schoolprestaties, fitheid, motorische vaardigheden en hersenfuncties. Wel kwam naar voren dat de interventies in een aantal gevallen beter werken bij specifieke subgroepen - kinderen die laag of juist hoog scoren voor de start van de interventie. Daarnaast is er enig bewijs voor een dosis-effect relatie, waarbij de effecten van de beweeginterventie positief samenhangen met de intensiteit van de beweeginterventie (aantal minuten matig tot intensieve activiteit) en participatie in de beweeginterventie (aantal gevolgde lessen). In hoeverre zou een interventie tijdens het bewegingsonderwijs op het VO– de lichamelijke opvoeding – tot positieve resultaten kunnen leiden?

Voor u ligt het rapport van een literatuuronderzoek en een experimenteel onderzoek naar het effect van een beweeginterventie bij jongeren in het VO. In het bijzonder was het doel om onderzoek te doen naar het effect op cognitieve functies, schoolprestaties, mentale gezondheid, fitheid en schoolverzuim. Het literatuuronderzoek bestaat uit een uitgebreide meta-analyse. Het experiment is uitgevoerd in 24 klassen van zeven VO scholen bij jongeren in de tweede klas van het VMBO, de HAVO en het VWO tijdens de lichamelijke opvoeding. Voor dit onderzoek is een beweeginterventie ontwikkeld en getest, namelijk een intensieve en cognitief uitdagende beweeginterventie. De studie – genaamd Move to improve - is uitgevoerd door een projectgroep afkomstig van respectievelijk het Centrum voor Bewegingswetenschappen (Universitair Medisch Centrum Groningen), en de afdeling Klinische Neuropsychologie (Vrije Universiteit Amsterdam).

Tijdens het experiment brak de Coronapandemie uit en deze heeft invloed gehad op het onderzoek naar de effecten van de beweeginterventie. De beweeginterventie, die 14 weken duurde, is op alle scholen volledig uitgevoerd, maar tijdens de nametingen gingen de scholen dicht vanwege de lockdown die toen landelijk werd ingesteld. Dit betekent dat er uitkomstmaten ontbreken (schoolverzuim en op- en afstromen naar hogere of lagere schoolniveau's), dat data van uitkomstmaten onvolledig zijn omdat ze bij sommige klassen wel zijn verzameld, maar bij andere klassen niet (fitheid, cognitieve functies en schoolprestaties) of dat data op een andere manier zijn verzameld (mentale gezondheid). Bij mentale gezondheid is voor de beweeginterventie data verzameld door papieren vragenlijsten op school af te nemen, maar na de interventie is dit gedaan met behulp van een online vragenlijst. Onvolledige data heeft tot gevolg gehad dat de power van de studie om effecten te kunnen vinden drastisch is afgenomen. Wel zijn deze data geanalyseerd, omdat sterke effecten met een lagere power in principe nog steeds gevonden kunnen worden. De aangepaste methode van dataverzameling bij mentale gezondheid kan de resultaten hebben

vertekend, maar hierbij konden we de mogelijke vertekening in kaart brengen, bijvoorbeeld door de kenmerken van de respondenten op de online vragenlijst te vergelijken met de kenmerken van alle deelnemers. Kortom, in het rapport zijn de effecten op de uitkomstmaten, behalve die op schoolverzuim en het op- en afstromen, alsnog beschreven, met als kanttekening dat de power van de studie lager was dan aanvankelijk de bedoeling was.

Daarnaast zijn extra analyses gedaan op de data van de voormeting (dat is de data die voorafgaand aan de beweeginterventie is verzameld). De voormeting betreft namelijk een zeer rijke dataset omdat veel verschillende data bij de deelnemers is verzameld. Hierdoor was het mogelijk om een nieuwe onderzoeksvraag te beantwoorden, namelijk "Wat is de relatie tussen aspecten van fitheid (zoals uithoudingsvermogen) en cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid?". Alhoewel gevonden relaties niet causaal van aard zijn, geven ze wel belangrijke inzichten in de samenhang tussen aspecten van 'lichaam en geest' bij jongeren op het VO.

Leeswijzer

In het eerste hoofdstuk bespreken we het belang van fysieke activiteit voor de gezondheid en de cognitieve ontwikkeling van jongeren. De veronderstelde verbanden tussen fysieke activiteit, hersenfuncties, cognitieve functies, schoolprestaties, mentale gezondheid, schoolverzuim en op- en afstromen naar hogere of lagere schoolniveau's worden gepresenteerd in Figuur 1. Deze figuur heeft als leidraad gefungeerd in de uitvoering van het onderzoek.

In het tweede hoofdstuk staan de resultaten van een literatuurstudie (een meta-analyse) centraal. De studie geeft een overzicht van korte- en langetermijneffecten van beweeginterventies bij jongeren op cognitieve functies (waaronder aandacht en executieve functies, zoals het werkgeheugen) en schoolprestaties.

Het volgende hoofdstuk gaat over de methode van het eigen experimentele onderzoek. Daarin gaan we achtereenvolgens in op de doelgroep, de onderzoeksopzet, de beweeginterventies, de interventie- en controlegroep en de gehanteerde statistische methoden.

In het vierde hoofdstuk staan de resultaten van het experimentele onderzoek centraal. We beschrijven eerst de relaties tussen aspecten van fysieke fitheid en cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid op basis van de voormeting. Daarna volgt een beschrijving van effecten van de beweeginterventie op cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid.

Het vijfde hoofdstuk bevat een samenvatting, de conclusies van het onderzoek en aanbevelingen voor beleid, praktijk en toekomstig onderzoek.

Ten slotte willen we de scholen die aan het experimentele onderzoek van Move to Improve hebben meegewerkt hartelijk danken. Zonder de actieve betrokkenheid en de flexibiliteit van de schooldirecties, de (gym)leraren, de ouders van de leerlingen en uiteraard de leerlingen zelf was dit project niet van de grond gekomen. Ook gaat onze dank uit naar de interventieleerkrachten, studenten en onderzoeksmedewerkers die hebben meegewerkt aan het onderzoek.

Inhoudsopgave

Voorwoord 4
Inhoudsopgave 6
Hoofdstuk 1. Inleiding 7
Hoofdstuk 2. Effecten van fysieke activiteit op cognitieve functies en schoolprestaties: een meta-analyse 10
2.1 Methode 10
2.2 Resultaten 13
Hoofdstuk 3. Methode van het experiment Move to Improve 17
3.1 Deelnemers en gouden standaard als onderzoeksopzet 17
3.2 De beweeginterventie 19
3.3 Implementatiematen 20
3.4 Uitkomstmaten 21
3.5 Statistische methode 26
Hoofdstuk 4. Resultaten van het experiment Move to Improve 28
4.1 Relaties tussen de fysieke fitheid, cognitieve functies en de schoolprestaties. 28
4.2 Relaties tussen de fysieke fitheid en mentale gezondheid. 30
4.3 Implementatiematen 34
4.4 Effecten op de cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid 35
4.5 Conclusies 45
Hoofdstuk 5. Samenvatting, conclusies en aanbevelingen 47
5.1 Samenvatting literatuuronderzoek 47
5.2 Samenvatting relaties en effecten van het experiment 49
5.3 Aanbevelingen 51
Literatuurlijst 53
Bijlage 1. Zoektermen meta-analyse 56
Bijlage 2. Overzicht kenmerken van de geselecteerde studies 57
Bijlage 3. Forest Plot 67
Bijlage 4, Uitkomsten factoranalyse cognitieve maten 69

Hoofdstuk 1. Inleiding

Steeds meer mensen in de moderne samenleving hebben een inactieve levensstijl en dit is een bedreiging voor de publieke gezondheid (Levine, 2010). Weinig fysieke activiteit of sedentair gedrag heeft niet alleen negatieve consequenties voor de fysieke gezondheid, zoals een verhoogd risico op cardiovasculaire ziektes (Li & Siegrist, 2012), maar heeft ook consequenties voor verminderd cognitief functioneren en mentale gezondheidsklachten (Voss e.a., 2013; Knapen e.a., 2015).

De adolescentie, een cruciale ontwikkelingsfase

De adolescentie is een cruciale fase voor de ontwikkeling van cognitieve functies en mentale gezondheid (Casey e.a., 2000; Paus e.a., 2008), welke belangrijke voorspellers zijn voor schoolprestaties (Eisenberg e.a., 2009; Latzman e.a., 2010). Dit onderstreept het belang van interventieprogramma's die de fysieke activiteit van jongeren stimuleren om de ontwikkeling tijdens de adolescentie te optimaliseren en daarmee negatieve gevolgen van een sedentaire levensstijl voorkomen of reduceren.

De transitie van de kindertijd naar de adolescentie wordt gekenmerkt door een drastische afname van fysieke activiteit en een toename van sedentair gedrag (Kimm e.a., 2000; Hardy e.a., 2007). Hierdoor hebben jongeren een verhoogd risico op het ontwikkelen van fysieke gezondheidsproblemen (zoals cardiovasculaire problemen; Janssen & LeBlanc, 2010), cognitieve functies (Voss e.a., 2013) en mentale gezondheidsproblemen (zoals angstproblemen of impulsiviteit; Viner & Booy, 2005). De ontwikkeling van de hersenen wordt tijdens de adolescentie gekenmerkt door veranderingen in de hersenconnectiviteit (verbindingen tussen hersenen) en pieken in de groei van het volume van de hersenen. De frontaalkwab van de hersenen ontwikkelt zich relatief laat: het laat een ontwikkeling zien die doorloopt tot in de jong volwassenheid (Lenroot, 2006). Deze frontaalkwab is belangrijk voor de regulatie van executieve functies. Het executief functioneren is een verzamelterm voor cognitieve functies die actief denkprocessen reguleren en gedrag aansturen, zoals werkgeheugen en inhibitie (onderdrukken van een reactie) (Diamond, 2013). Met betrekking tot de mentale gezondheid is bekend dat de meeste problemen tot uiting komen tijdens de kindertijd of adolescentie, waar bij individuen waarbij de problemen zijn ontstaan tijdens de adolescentie de ernstigste problemen hebben tijdens de volwassenheid (Paus e.a., 2008). Daarbij komt dat mentale gezondheidsproblemen vaak samengaan met problemen met schoolvaardigheden en schoolverzuim (DeSocio & Hootman, 2004).

Beweeginterventies hebben de potentie om cognitieve functies en de mentale gezondheid van jongeren te stimuleren (Verburgh e.a., 2014; Spruit e.a., 2016). Alhoewel er indicaties zijn dat fysieke activiteit een positief effect kan hebben op schoolvaardigheden van basisschoolkinderen (Mullender-Wijnsma e.a., 2015), is het onduidelijk wat het effect ervan is bij jongeren. De cruciale ontwikkelingsperiode waarin jongeren zich bevinden in combinatie met hun sedentaire levensstijl onderstreept het belang van op maat gemaakte preventieve programma's – zoals beweeginterventies- om jongeren tijdens hun ontwikkeling te stimuleren.

Verschillende verklaringen

In de literatuur zijn verschillende verklaringen voor het effect van fysieke activiteit op executieve functies te vinden. Een fysiologische verklaring veronderstelt functionele en structurele veranderingen in de hersenen als gevolg van fysieke activiteit (Sibley & Etnier, 2003). Fysieke activiteit zorgt direct voor een verbeterde doorbloeding van de hersenen en een verhoogde concentratie van groeihormonen en neurotransmitters (Cotman & Berchtold, 2002; Winter e.a., 2007). Deze functionele en structurele veranderingen worden ondersteund door *Magnetic Resonance Imaging*-studies (MRI-studies). Een studie laat bijvoorbeeld zien dat de hersengebieden die belangrijk zijn voor leren, zoals de hippocampus, sterk gerelateerd is aan aerobe fitheid (Chaddock-Heyman e.a., 2016). Dit betekent dat kinderen met een hogere aerobe fitheid, een beter ontwikkelde hippocampus hebben. Door deze aanpassingen in de hersenen kunnen de cognitieve functies in de klas verbeteren en daarmee ook de schoolprestaties.

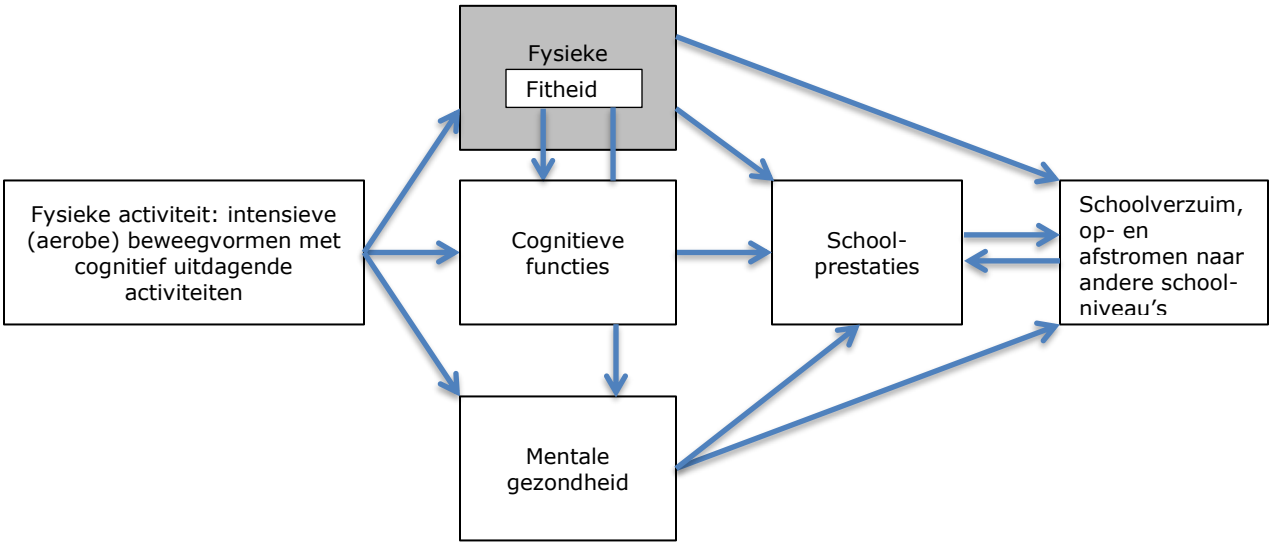
Naast een fysiologische verklaring zijn er leertheorieën die stellen dat cognitief uitdagende fysieke activiteit niet alleen de aerobe fitheid verbetert, maar ook de executieve functies (Best, 2010; Pesce e.a., 2013; Schmidt e.a., 2015a). Het aanleren van bijvoorbeeld nieuwe complexe motorische vaardigheden (zoals tennis of basketbal) is een cognitief uitdagende taak en zou een manier kunnen zijn om cognitieve functies - en dan met name de executieve functies - te verbeteren. Deze verklaring wordt ondersteund doordat dezelfde hersengebieden (het cerebellum en de dorso-laterale prefrontale cortex) actief zijn tijdens een motorische en cognitieve taak (Diamond, 2000).

Fysieke activiteit, cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid

De huidige studie onderzoekt de effecten van een beweeginterventie op cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid bij jongeren (zie Figuur 1). Zoals in het voorwoord al aangegeven was het vanwege de Coronapandemie niet mogelijk om de indirecte effecten op schoolverzuim en het overstappen naar een ander schooltype (opstromen naar een hoger schoolniveau of afstromen naar een lager schoolniveau, kortweg ook wel op- en afstromen genoemd) te onderzoeken. Uit een meta-analyse bij kinderen tot en met 12 jaar is gebleken dat zowel matig tot intensieve (aerobe) als cognitief uitdagende beweeginterventies kunnen leiden tot verbetering van cognitieve functies (met name executieve functies) en schoolprestaties (De Greeff e.a., 2018). In overeenstemming met de literatuur wordt verondersteld dat cognitieve functies een mediërende rol vervullen in de relatie tussen fysieke activiteit en schoolprestaties (zie Figuur 1). Uit een meta-analyse bij jongeren is gebleken dat fysieke activiteit een positief effect heeft op mentale gezondheid (Spruit e.a., 2016). Kleine tot middelgrote effecten werden gevonden voor internaliserende problemen (zoals angstgevoelens en depressieve klachten). Fysieke activiteit kan dus mentale gezondheidsproblemen verminderen, waardoor mogelijk ontwikkeling van ernstiger mentale gezondheidsproblemen voorkomen kan worden (Goodwin, 2003). Mentale gezondheidsproblemen bij jongeren komen vaak samen voor, of gaan vooraf aan problemen met schoolvaardigheden (DeSocio & Hootman, 2004) en ze spelen een belangrijke rol bij schoolverzuim (Kearney, 2008). Daarom kunnen beweeginterventies die de mentale gezondheid verbeteren indirecte effecten hebben op schoolprestaties en schoolverzuim. Samenvattend wordt verondersteld dat een beweeginterventie cognitieve functies en mentale gezondheid kan stimuleren, met positieve effecten op schoolprestaties als gevolg, wat uiteindelijk resulteert in minder schoolverzuim en minder afstroming naar lagere schoolniveau’s.

Het eerste deel van het onderzoek Move to Improve bestaat uit een uitgebreid literatuuronderzoek naar de causale effecten van een beweeginterventie op cognitieve functies en schoolprestaties bij jongeren in het VO. Het tweede deel van Move to Improve betreft een door de onderzoeksgroep opgezet en uitgevoerd experiment. Het gaat om een grootschalig experiment dat is uitgevoerd in 24 klassen van zeven VO scholen bij jongeren in de tweede klas van het VMBO, de HAVO en het VWO tijdens de lichamelijke opvoeding. Het experiment is dusdanig ontworpen dat causale effecten onderzocht kunnen worden. Het doel van het experiment is om effecten van fysieke activiteit op cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid te onderzoeken. In het experiment wordt een specifieke beweeginterventie in de lessen lichamelijke opvoeding geïmplementeerd: een aerobe en tevens cognitieve uitdagende beweeginterventie. In deze beweeginterventie ligt het accent op matig tot intensieve (aerobe) bewegingsvormen en tevens op cognitieve uitdaging tijdens het bewegen. Hierdoor worden jongeren naast fysiek ook cognitief uitgedaagd tijdens de lessen. Zoals in het voorwoord al aangekondigd, is daarnaast met data van de voormeting onderzocht in hoeverre er een relatie bestaat tussen fitheid en cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid. Fitheid is het vermogen om fysieke activiteit uit te kunnen voeren. Om (meer) te bewegen is fit zijn of fitter worden dus erg belangrijk. Daarnaast is fitheid een belangrijke gezondheidsindicator. Bij kinderen zijn reeds relaties aangetoond tussen fitheid en cognitieve functies (zie bijvoorbeeld Van der Niet e.a., 2016; De Bruijn e.a., 2018; Meijer e.a., 2020), maar het is onbekend of dit ook het geval is bij jongeren.

Het literatuuronderzoek, onderzoek naar relaties en het experiment tezamen geven inzicht in de effecten van fysieke activiteit op cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid. Het experiment op de scholen laat daarnaast zien in hoeverre een dergelijke interventie geschikt is voor implementatie in lessen lichamelijke opvoeding. De resultaten monden uit in aanbevelingen voor onderzoek, beleid en praktijk.



Figuur 1. *Schematisch overzicht van de veronderstelde verbanden tussen fysieke activiteit en cognitieve functies, schoolprestaties, mentale gezondheid, schoolverzuim en op- en afstromen naar andere schoolniveau's). De figuur is ontwikkeld op basis van de literatuur. De fysieke gezondheid (weergegeven in het grijze blok) blijft buiten beschouwing in het huidige onderzoek, maar fitheid als indicator voor fysieke gezondheid wordt wel meegenomen.*

Hoofdstuk 2. Effecten van fysieke activiteit op cognitieve functies en schoolprestaties: een meta-analyse

Op basis van het uitvoeren van een literatuurstudie is een overzicht samengesteld van effecten van fysieke activiteit door jongeren en jong volwassenen op cognitieve functies en schoolprestaties. Er is gekeken naar effecten van beweeginterventies na eenmalige fysieke activiteit en langdurige fysieke activiteit over een periode van dagen tot maanden. De resultaten van deze literatuurstudie geven in de eerste plaats inzicht over wat bekend is over de relaties tussen bewegen en cognitieve functies. Daarnaast geven de resultaten samen met het zelf opgezette en uitgevoerde experiment inzicht in causaliteit van effecten bij jongeren in het VO.

2.1 Methode

Om het effect van fysieke activiteit op cognitieve functies en schoolprestaties te onderzoeken is een meta-analyse uitgevoerd. Meta-analyses zijn onderzoeken waarin een kwantitatieve samenvatting van eerder uitgevoerde studies wordt gegeven en waarin resultaten geaggregeerd worden. Het is een krachtige methode omdat de resultaten kunnen worden gegeneraliseerd naar een grotere doelgroep en gemengde effecten van voorgaand onderzoek kunnen worden geanalyseerd. Het gebruik van meer data in de statistische toetsing zorgt voor een grotere nauwkeurigheid van effectschattingen dan in de afzonderlijke studies. Hiermee is het mogelijk om een betrouwbare uitspraak te doen over de effectiviteit van eerdere beweeginterventies. De effectiviteit wordt uitgedrukt in een effectgrootte (effect size; ES) en de waarde is te interpreteren volgens onderstaande richtlijnen (Cohen, 1988; Coe, 2002, zie Tabel 1). Een positief effect betekent dat de fysieke activiteit effectief is in het verbeteren van cognitie, terwijl een negatief effect betekent dat de fysieke activiteit minder effectief is ten opzichte van de controlesituatie. Een meta-analyse maakt het mogelijk om deze effecten samen te voegen en een uitspraak te doen over de totale effectiviteit van de studies.

Tabel 1. *Voorgestelde interpretatie effectgrootte.*

waarde effectgrootte	Interpretatie
< 0.2	verwaarloosbaar effect.
0.2 – 0.5	klein, maar relevant effect: 10-24% van de individuen in de interventiegroep is beter af dan individuen in de controlegroep.
0.5 – 0.8	middelgroot effect: 25-37% van de individuen in de interventiegroep is beter af dan individuen in de controlegroep.

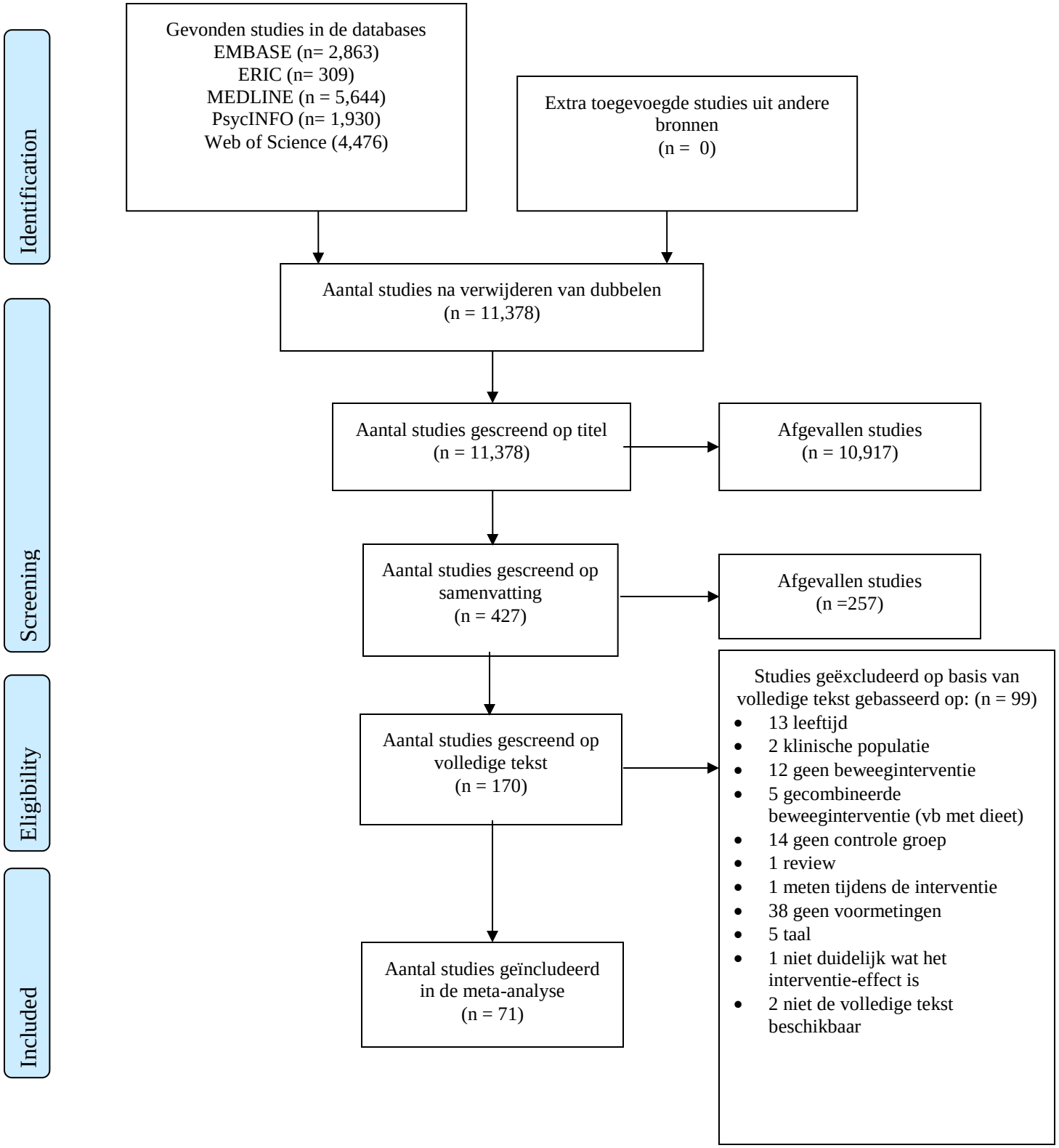
> 0.8	groot effect: meer dan 38% van de individuen in de interventiegroep is beter af dan individuen in de controlegroep.

Om zoveel mogelijk studies te includeren zijn verschillende elektronische databases geraadpleegd: Embase, *MEDLINE*, *Web of Science*, *PsycINFO* en *ERIC* (zie Bijlage 1 voor de zoektermen). Alleen studies naar *causale effecten* zijn geselecteerd. Daarom zijn alleen studies meegenomen waarin jongeren (random) zijn ingedeeld in de experimentele groep of controlegroep, of er werd gecontroleerd voor verschillen op de voormeting. Daarnaast zijn de volgende criteria gehanteerd:

- de studie is gepubliceerd voor april 2020 in een wetenschappelijk tijdschrift dat werkt met peer-review;
- de studie onderzocht de effecten van fysieke activiteit op aandacht, informatieverwerkingssnelheid, executieve functies, en/of schoolprestaties waarbij uitkomstmaten van ten minste interval- of rationiveau werden gehanteerd;
- de studie was gericht op jongeren en jong volwassenen (12-30 jaar).

Studies die zich richten op een speciale doelgroep (bijvoorbeeld jongeren of jong volwassenen met cognitieve of mentale problemen), die geen geschikte controlegroep hadden of waarbij het effect van fysieke activiteit niet kon worden onderscheiden van een ander effect (bijvoorbeeld beweeginterventie in combinatie met een voedingsinterventie) werden niet geselecteerd.

Twee onderzoekers hebben mogelijk geschikte studies geselecteerd na het lezen van de titel, de samenvatting en de volledige tekst van het artikel. Verschillen over de geschiktheid van een artikel werden opgelost door discussie, tot consensus werd bereikt. Na het verwijderen van dubbele studies in de databases, leverde de zoekstrategie 10.084 studies op (zie Figuur 2). Uiteindelijk bleven er, op basis van bovenstaande criteria, 60 studies over voor gebruik in de meta-analyse.



Figuur 2. *Diagram van de geselecteerde studies (volgens het zogenaamde PRISMA-protocol).*

De geselecteerde studies zijn onderverdeeld in studies die de effecten van *acute fysieke activiteit* en studies die de effecten van *langdurige fysieke activiteit* op cognitie onderzochten. Bij acute fysieke activiteit gaat het om effecten van eenmalige fysieke activiteit, bijvoorbeeld in een sessie van 20 minuten. Bij langdurige fysieke activiteit gaat het om herhaalde sessies van fysieke activiteit gedurende een periode van dagen tot maanden. De effecten zijn onderzocht voor vier domeinen: *aandacht, informatieverwerkingssnelheid, executieve functies* en *schoolprestaties.* Vervolgens zijn de effecten per domein onderverdeeld in subdomeinen. Er zijn drie subdomeinen van executieve functies onderzocht: *werkgeheugen, inhibitie en cognitieve flexibiliteit;* en drie subdomeinen van schoolprestaties: *rekenvaardigheid, taalvaardigheid en gemiddeld schoolcijfer*. Voor elk subdomein zijn de effecten van acute en langdurige fysieke activiteit berekend.

2.2 Resultaten

Effecten van acute fysieke activiteit

Er zijn 44 studies geselecteerd die de effecten van eenmalige fysieke activiteit hebben onderzocht. Een overzicht van de studies is te vinden in Bijlage 2. De duur van de beweeginterventies varieerde van 5 minuten tot 60 minuten. Drie-en-veertig van deze studies onderzochten effecten op cognitieve functies en slechts één studie onderzocht effecten op schoolprestaties. Bij de meeste interventies (38 groepen) moesten de jongeren of jong volwassenen een aerobe activiteit uitvoeren als interventie. Voorbeelden van een aerobe interventie zijn hardlopen of een loopband, fietsen op een hometrainer of een high intensity interval training. Soms werd er een andere interventie aangeboden zoals een krachttraining (4 groepen) of een coördinatie training (1 groep). Daarnaast moest de controle groep in de meeste gevallen stil zitten (34 groepen), in de andere gevallen konden ze een lichte activiteit doen (3 groepen).

Samengenomen laten de 44 studies een klein, maar relevant positief effect zien op cognitieve functies (ES = 0.31; $p < 0.001$). Dit betekent dat eenmalige fysieke activiteit over het algemeen effectief is voor het verbeteren van de cognitieve functies van jongeren en jong volwassenen en dat gemiddeld 10-37% van de individuen in de interventiegroep het beter doet dan de controlegroep (Coe, 2002; zie Tabel 1). Hier moet echter wel rekening worden gehouden met een hoge heterogeniteit. De resultaten van de verschillende onderzoeken liepen sterk uiteen, zodat dit positieve effect niet geldt voor alle uitkomstmaten. Voor aandacht is een klein, maar relevant positief effect gevonden (ES = 0.34; $p = 0.001$), voor informatieverwerkingssnelheid werden geen significante effecten gevonden en voor executieve functies is een klein, maar relevant positief effect gevonden (ES = 0.39; $p = 0.017$). Binnen de executieve functies laat het subdomein inhibitie (25 studies) een klein positief, maar relevant effect zien (ES = 0.32; $p < 0.001$). Voor werkgeheugen (10 studies) en cognitieve flexibiliteit (13 studies) werden geen significante effecten gevonden. De resultaten per studie zijn weergegeven in Bijlage 3.

Concluderend kan gesteld worden dat eenmalige fysieke activiteit een positief effect heeft op cognitieve functies, waarbij gemiddeld 10-15% van de jongeren in de interventiegroep het beter doet dan de controlegroep (Coe, 2002).

Rol duur en intensiteit van de acute fysieke activiteit en rol van leeftijd en geslacht

Het aantal minuten dat fysieke activiteit werd aangeboden bleek invloed te hebben op het effect bij executieve functies en aandacht. Een langere duur van de fysieke activiteit leverde kleinere effecten op bij aandacht en cognitieve flexibiliteit. De duur van de fysieke activiteit had geen invloed bij werkgeheugen en inhibitie. Leeftijd, geslacht en de intensiteit van de fysieke activiteit was bij geen van de cognitieve functies van invloed op de effectgroottes.

Effecten van langdurige fysieke activiteit
In 27 studies stonden de effecten van langdurige fysieke activiteit op cognitieve functies of schoolprestaties centraal. Een overzicht van de studies is te vinden in Bijlage 2. De duur van de interventies varieert van 4 tot 40 weken en de frequentie varieert van 2 keer per week 35 minuten tot dagelijks 60 minuten. De meeste studies hadden een aerobe interventie (20 groepen) net als bij de acute interventies. Daarnaast werden er yoga interventies (5 groepen), cognitief uitdagende interventies (4 groepen) en een kracht interventie (1 groep) gegeven. Bij 23 studies werden de cognitieve functies gemeten en bij 9 de schoolvaardigheden.

Samengenomen laten de studies een klein positief, maar relevant effect zien van langdurige fysieke activiteit op cognitieve functies of schoolprestaties (ES = 0.36; $p < 0.001$). Dit betekent dat langdurige fysieke activiteit over het algemeen effectief is voor het verbeteren van de cognitieve functies of schoolprestaties van jongeren en jong volwassenen. En dat gemiddeld 10-24% van de individuen in de interventiegroep het beter doet dan de controlegroep (Coe, 2002). Hier moet rekening worden gehouden met een middelgrote heterogeniteit; de resultaten van de verschillende onderzoeken liepen uiteen. De resultaten per studie zijn weergegeven in Bijlage 3.

Voor aandacht (ES = 0.50; $p< 0.001$; 10 studies), snelheid van informatieverwerking (ES = 0.30; $p<0.001$; 2 studies), en executieve functies (ES=0.35; $p<0.001$; 13 studies) geldt dat er een klein positief, maar relevant effect was gevonden van langdurige fysieke activiteit. De effecten van executieve functies verschilden echter wel per subdomein. Voor werkgeheugen (ES = 0.59; $p < 0.001$; 8 studies) werd een middelgroot positief effect gevonden en voor cognitieve flexibiliteit (0.19; $p = 0.008$; 7 studies) was het effect klein, maar significant. Voor inhibitie (8 studies) daarentegen werd geen significant effect gevonden.

Negen studies hebben de effecten van langdurige fysieke activiteit op schoolprestaties onderzocht. Deze studies laten een klein positief, maar relevant effect zien (ES = 0.34; $p < 0.001$). De subdomeinen van schoolprestaties laten een klein, positief effect zien op taal (ES=0.31; $p=0.001$; 5 studies), maar geen significant effect op rekenen of het gemiddelde schoolcijfer.

Rol duur en intensiteit van de langdurige fysieke activiteit en rol van leeftijd en geslacht
Alleen bij aandacht, werkgeheugen en rekenvaardigheden kon gekeken worden naar de rol van duur en intensiteit en die van leeftijd en geslacht. De duur van de interventie in weken, de duur per sessie, de frequentie in aantal dagen per week en leeftijd bleek niet van invloed op de grootte van de effecten van werkgeheugen. Geslacht was wel van invloed: in studies met een kleiner percentage jongens, was het effect op werkgeheugen kleiner.

Conclusies van de meta-analyse: effecten op aandacht, informatieverwerkingssnelheid, executieve functies, en schoolprestaties

Uit de resultaten van de meta-analyse blijkt dat zowel acute als langdurige fysieke activiteit effectief is voor het verbeteren van de cognitieve functies van jongeren en jong volwassenen (zie Tabel 2). Het gaat hier om een verzameling van aandacht, informatieverwerkingssnelheid, executieve functies en schoolprestaties.

Er werd een klein positief, maar relevant effect gevonden van acute fysieke activiteit op aandacht (ES = 0.34; p = 0.001), snelheid van informatieverwerking (ES = 0.39; p = 0.017) en executieve functies (ES = 0.29; p < 0.001). Er is slechts één studie gevonden die keek naar de effecten op schoolprestaties en daarom kon hier geen ES voor worden berekend. Acute fysieke activiteit is een effectieve strategie voor het verbeteren van de aandacht, informatieverwerkingssnelheid en executieve functies. Meer onderzoeken zijn nodig om iets te zeggen over de effectiviteit van acute interventies op de schoolprestaties.

Langdurige fysieke activiteit heeft een klein, maar relevant positief effect op aandacht (ES = 0.49; p<0.001), snelheid van informatieverwerking (ES = 0.30; p <0.001), executieve functies (ES=0.35; p < 0.001) en schoolprestaties (ES=0.3; p < 0.001). Beweeginterventies met langdurige fysieke activiteit zijn daarom een effectieve strategie voor het verbeteren van cognitieve functies en schoolprestaties. Concluderend zijn er sterke aanwijzingen dat fysieke activiteit effect heeft op cognitieve functies en schoolprestaties bij jongeren en jong volwassenen. De duur van de interventie (acute versus langdurige fysieke activiteit) en de specifieke (sub)domeinen zijn cruciale factoren die bepalend zijn voor de daadwerkelijke effectiviteit van een interventie.

Tabel 2. *Samenvatting van de effecten van acute en langdurige fysieke activiteit op executieve functies, aandacht en schoolprestaties.*

Domein	**effect-grootte**	**interpretatie effect**
acute fysieke activiteit	0.31	klein, maar relevant effect
aandacht	0.34	klein, maar relevant effect
snelheid van informatieverwerking	0.39	klein, maar relevant effect
executieve functies	0.29	klein, maar relevant effect
inhibitie	0.32	klein, maar relevant effect
werkgeheugen	0.14	niet significant
cognitieve flexibiliteit	0.37	niet significant
schoolprestaties	-	-
langdurige fysieke activiteit	0.36	klein, maar relevant effect

aandacht	0.50	klein, maar relevant effect
snelheid van informatieverwerking	0.30	klein, maar relevant effect
executieve functies	0.35	klein, maar relevant effect
inhibitie	0.15	niet significant
werkgeheugen	0.59	middelgroot effect
cognitieve flexibiliteit	0.19	klein, maar relevant effect
schoolprestaties	0.34	klein, maar relevant effect
rekenen	0.31	niet significant
taal	0.31	klein, maar relevant effect
gemiddeld schoolcijfer	0.20	niet significant

Om de relatie tussen fysieke activiteit, cognitie en schoolprestaties te kunnen vaststellen is vervolgonderzoek noodzakelijk waarin zowel cognitieve functies als schoolprestaties in een langdurige RCT bestudeerd worden. In Move to Improve is een dergelijke studie uitgevoerd, waarbij tevens effecten op mentale gezondheid, schoolverzuim en op- afstromen naar andere schoolniveaus zijn onderzocht. In het volgende hoofdstuk wordt van dit experiment de methode beschreven.

Hoofdstuk 3. Methode van het experiment Move to Improve

Dit hoofdstuk gaat over het door de onderzoeksgroep opgezette en uitgevoerde experiment, als onderdeel van Move to Improve. Het experiment bestaat uit een beweeginterventie, in deze beweeginterventie worden intensieve aerobe oefeningen gecombineerd met cognitief uitdagende oefeningen. Er wordt ingegaan op de interventie- en controlegroep, de verantwoording van het aantal deelnemende klassen, de inhoud van de interventie, de meetinstrumenten en op de gehanteerde statistische methoden. Eerst volgt een beschrijving van de doelgroep en de onderzoeksopzet.

3.1 Deelnemers en gouden standaard als onderzoeksopzet

Het experiment Move to Improve is op 7 scholen uitgevoerd. In totaal deden 432 leerlingen tussen 12 en 15 jaar uit de tweede klas van het VO mee aan het experiment. Voor alle deelnemende leerlingen was schriftelijke toestemming verkregen van één of beide ouders en van henzelf. Per school is er met behulp van loting een interventiegroep en een controlegroep aangewezen. Loting is een belangrijke voorwaarde voor het kunnen vaststellen van causale effecten. Het gebruik van een controle groep en de loting zorgen ervoor dat de gouden standaard van interventie-onderzoek wordt toegepast. In Figuur 3 is de onderzoeksopzet weergegeven. Jongeren in de interventiegroep kregen – na loting - een speciaal ontwikkelde beweeginterventie aangeboden gedurende 14 weken, twee keer per week. De controlegroep volgde twee keer per week het reguliere beweegonderwijs. Voor de start en na afloop van de interventie hebben alle leerlingen aan een voor- en nameting meegedaan, waarin fitheid, executieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid zijn getest. Door scores op de voor- en nameting te vergelijken tussen de experimentele en controlegroep, konden effecten worden vastgesteld. Bovendien zijn tijdens de voormeting gegevens verzameld over persoonskenmerken, zoals leeftijd, geslacht, fysieke en hormonale rijping en de body-mass index (BMI). In Tabel 3 zijn de belangrijkste kenmerken van de jongeren weergegeven. De kenmerken geven een beeld van de deelnemers en er kan voor eventuele verschillen tussen groepen gecontroleerd worden in de analyses. Jongeren zonder score op de voor- of nameting (bijvoorbeeld door ziekte) zijn niet meegenomen in de analyse.

Verantwoording van het aantal klassen

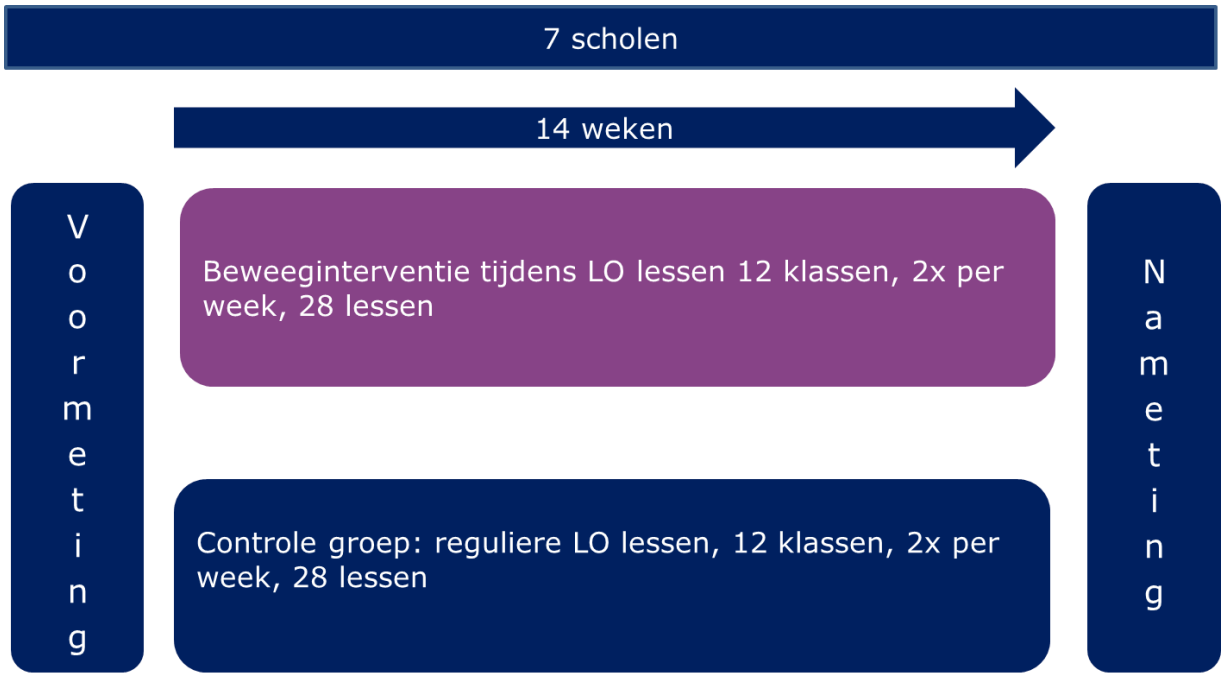
Voorafgaand aan het experiment is het benodigd aantal klassen bepaald aan de hand van een zogeheten poweranalyse (Spybrook & Raudenbush, 2008). Voor het uitvoeren van de poweranalyse is het noodzakelijk om eerst een schatting te maken van het te verwachten effect van een interventie. Op basis van internationale literatuur is een verwachte effectgrootte van 0.35 aangehouden (De Greeff e.a., 2016, resulterend in een effectgrootte van 0.41 voor executieve functies; Ardoy e.a., 2014, resulterend in een effectgrootte van 0.35 voor rekenen). Uit de poweranalyse bleek dat het experiment in minimaal 22 klassen uitgevoerd moest worden. Er zijn uiteindelijk 24 klassen van 7 VO scholen geworven in het noorden van het land, omdat ook rekening gehouden is met mogelijke uitval van twee klassen. Alhoewel het onderzoek alleen is uitgevoerd in het noorden van het land, is de deelname van verschillende onderwijsniveau’s nagenoeg gelijk verdeeld over de klassen (6 VMBO klassen, 10 HAVO klassen en 8

VWO klassen). Bij de loting zijn klassen van verschillende onderwijsniveau's gelijk verdeeld over de interventiegroep en de controlegroep.

Tabel 3. *Kenmerken van de deelnemers.*

	Controlegroep	**Beweeginterventie**
	n = 196	n = 236
leeftijd, gemiddeld in jaren (SD)	13,5 (0.48)	13,4 (0,38)
geslacht, n jongens (%)	88 (44,9)	115 (48,7)
BMI, gemiddeld in kg/m^2 (SD)	18,9 (2,9)	19,2 (3,48)
Hormonale rijping [a]	1,3 (0,59)	1,2 (0,64)
Fysieke rijping [b]	0,6 (1,21)	0,39 (1,15)
Schoolniveau		
VWO [c], n (%)	63 (32,1)	71 (30,1)
HAVO [d], n (%)	86 (43,9)	117 (49,6)
VMBO [e], n (%)	47 (24,0)	48 (20,3)

Noot. [a] gemeten aan de hand van de Tanner schaal (Williams &Dunlop, 1999). De Tanner schaal is gebaseerd op de primaire en secundaire geslachtskenmerken van de jongeren. Een hogere schaal betekent een verdere rijping. [b] Gemeten aan de hand van de piek van de groeispurt. Deze piek is berekend aan de hand van de formule van Mirwald et al. (2002). Hogere scores betekenen een verdere rijping. [c] Voorbereidend Wetenschappelijk Onderwijs; [d] Hoger Algemeen Voortgezet Onderwijs; [e] Voorbereidend Middelbaar Beroepsonderwijs



Figuur 3. *Schematische weergave van de onderzoeksopzet.*

3.2 De beweeginterventie

De meta-analyse (zie hoofdstuk 2) en een eerder uitgevoerde meta-analyse bij een jongere doelgroep (kinderen van 6 tot 12 jaar) (De Greeff e.a., 2018) laten zien dat beweeginterventies met langdurige fysieke activiteit in combinatie met cognitieve uitdaging een effectieve strategie kunnen zijn voor het verbeteren van de executieve functies en schoolprestaties. Deze literatuur laat ook zien dat een duur van 14 weken in principe voldoende is om effecten teweeg te brengen. In de beweeginterventie van Move to Improve is aerobe (intensieve) fysieke activiteit gecombineerd met cognitief uitdagende fysieke activiteit. De meta-analyse bij kinderen laat namelijk een klein, maar relevant positief effect zien voor aerobe interventies en een middelgroot effect voor cognitief uitdagende interventies (De Greeff e.a., 2018). De lessenreeksen van de interventie is tot in detail uitgewerkt in een handleiding voor leerkrachten (Janssen e.a., 2019). De handleidingen bevatten 28 lessen (14 weken, twee lessen per week). Elke les is ontworpen voor circa 35 minuten. Ze zijn ontwikkeld door bewegingswetenschappers met een diploma van de lerarenopleiding (Academie Lichamelijke Opvoeding) in samenwerking met onderzoekers.

Inhoud van de beweeginterventie

De beweeginterventie bestaat uit intensieve lessen met het accent op matig tot intensieve bewegingsvormen en uit cognitief uitdagende bewegingsvormen. Voorbeelden van intensieve bewegingsvormen zijn een estafette en een circuittraining waarin de jongeren in korte tijd veel verschillende oefeningen achter elkaar uitvoeren, zoals hardlopen, squat-jumps en springbewegingen. Dit zijn activiteiten waarbij de hartslag, ademhaling en energieverbruik flink omhoog gaan. De jongeren bewegen veel en ze staan weinig stil. Bij cognitief uitdagende bewegingsvormen ligt het accent op een hoge cognitieve uitdaging, zoals strategisch spel, anticiperen op gedrag van teamgenoten of tegenstanders

en complexe of veranderende spelregels. De cognitief uitdagende bewegingsvormen nemen gedurende de beweeginterventie toe in moeilijkheidsgraad, waardoor de jongeren blijvend cognitief uitgedaagd worden. Een voorbeeld van een cognitief uitdagende lesactiviteit is een balspel waarbij de regels steeds veranderen en moeilijker worden. Alle lessen bestaan uit een warming-up (± 5 minuten) met activiteiten op een matige intensiteit, een kern (± 25 minuten) met de intensieve of de cognitief uitdagende bewegingsvormen en een cooling-down (± 5 minuten) met activiteiten op een lage intensiteit.

3.3 Implementatiematen

Om te onderzoeken of de beweeginterventies goed geïmplementeerd zijn op de scholen, is bijgehouden hoeveel lessen lichamelijke opvoeding er per school zijn gegeven en hoeveel lessen elke deelnemer heeft gevolgd. Daarnaast is tijdens twee van de lessen (van zowel de interventiegroep als de controlegroep) in de 14-weekse periode de intensiteit gemeten, zowel fysiek als cognitief, als de intrinsieke motivatie.

De intensiteit is op meerdere manieren gemeten. Allereerst is dit gedaan met een accelerometer, een klein apparaatje dat met een band op de heup wordt gedragen en dat bewegingen en versnellingen registreert. Het gemiddeld aantal minuten matig tot intensieve activiteit tijdens de twee lessen gemeten met een accelerometer is gebruikt als eerste maat voor de intensiteit. Deze intensiteit is vervolgens vermenigvuldigd met het aantal daadwerkelijk gevolgde lessen tijdens de interventie, wat resulteerde in de ‘dosis externe fysieke belasting’. Daarnaast droegen de jongeren tijdens de les een hartslagmeter. De meter zit vast aan een band die om de borst wordt gedragen en staat met bluetooth in verband met de software op een laptop. Op die manier kan de hartslag rechtstreeks gemonitord worden. Het aantal minuten matig tot intensieve activiteit tijdens de twee lessen gemeten met de hartslagmeter is als tweede maat voor de intensiteit gebruikt. Ook deze intensiteit is vervolgens vermenigvuldigd met het daadwerkelijk aantal gevolgde lessen tijdens de interventie, wat resulteerde in de ‘dosis interne fysieke belasting’. De dosis fysieke interne belasting geeft aan hoe het lichaam reageert op de dosis fysieke externe belasting. Tot slot is de intensiteit van de lessen ook gemonitord doordat de jongeren aan het eind van de twee lessen de gemodificeerde RPE (Ratings of Perceived Exertion) schaal hebben ingevuld waarmee de ervaren belasting is gemeten. Ze hebben twee varianten van de schaal ingevuld, namelijk één voor de ervaren fysieke belasting en één voor de ervaren cognitieve belasting. Deze scores zijn vermenigvuldigd met het aantal daadwerkelijk gevolgde lessen, wat resulteerde in de ‘dosis ervaren fysieke belasting’ en de ‘dosis cognitieve uitdaging’ Tot slot vulden de jongeren meteen na de twee lessen een motivatievragenlijst in. Al deze gegevens tezamen het aantal gevolgde lessen, intensiteit en ervaren fysieke en cognitieve belasting en motivatie, geven een inzicht in de implementatie van de lessen.

De intrinsieke motivatie is gemeten aan de hand van een vragenlijst. Hierbij moesten de leerlingen direct na afloop van de gymles aangeven wat ze van de les vonden. De vragenlijst is gebaseerd op de Intrinsic Motivation Inventory (McAuley et al., 1987) en geeft een algemene maat voor de intrinsieke motivatie van de jongeren. Hierbij geven de jongeren aan hoe erg ze het eens zijn met een bepaalde stelling, in totaal kunnen er maximaal 70 punten gescoord worden en minimaal 14. Een hogere score geeft een hogere mate van intrinsieke waarde weer.

3.4 Uitkomstmaten

Fysieke fitheid, BMI

Fysieke fitheid
Fysieke fitheid verwijst naar cardiorespiratoire fitheid (aerobe fitheid), kracht, snelheid en wendbaarheid en lichaamssamenstelling. Tijdens twee lessen lichamelijke opvoeding zijn al deze onderdelen van de fysieke fitheid gemeten.

Aerobe fitheid
Aerobe fitheid, ook wel conditie of uithoudingsvermogen genoemd, is gemeten met de *Shuttle Run Test*. Tijdens de *Shuttle Run Test* moeten jongeren zo vaak mogelijk heen-en-weer rennen tussen twee lijnen die 20 meter uit elkaar liggen. Een piepje geeft aan op welke snelheid de jongeren aan de overkant moeten zijn. De snelheid begint op 8 km/uur en wordt elke minuut opgevoerd met 0.5 km/uur. Op het moment dat de snelheid wordt opgevoerd, wordt er een nieuwe (halve) trap bereikt. De test stopt wanneer een deelnemer twee keer achterelkaar de overkant niet meer haalt of wanneer hij of zij zelf aangeeft niet meer te kunnen. Aerobe fitheid is weergegeven met het totale aantal behaalde trappen tijdens de *Shuttle Run Test*.

Kracht
Kracht is gemeten met een vertesprong (kracht in het onderlichaam) en sit-ups (kracht in de romp). Bij het verspringen stonden de jongeren achter een lijn met beide voeten naast elkaar. Ze spongen zonder aanloop, zo ver mogelijk. Hierbij was het van belang dat ze niet vielen, verder stapten of op één been neerkwamen bij het landen. De jongeren kregen twee kansen en de poging met de grootste afgelegde afstand werd genoteerd als score. De andere krachtoefening werd gemeten door het aantal sit-ups per 30 seconden te meten. De jongeren lagen op de grond met de armen gekruist voor de borst en de benen opgetrokken zodat de knieën een hoek van 90 graden hadden. Eén sit-up werd geteld als de deelnemer rechtop kwam en met de ellebogen de knieën kon aantikken en vervolgens weer met de schouderbladen de grond aanraakte. Het totaal aantal sit-ups (naar boven en terug naar beneden) binnen 30 seconden werd geteld.

Snelheid en wendbaarheid
De snelheid en wendbaarheid werd op twee manieren gemeten, namelijk door de 10 keer 5 meter sprint en het sneltikken. Bij de 10 keer 5 meter sprint werd de wendbaarheid en de snelheid van het onderlichaam gemeten. Hierbij moesten de jongeren zo snel mogelijk heen en weer rennen tussen twee lijnen die 5 meter uit elkaar lagen. De tijd die ze nodig hadden om dit tien keer te doen werd genoteerd. Iedere deelnemer kreeg twee kansen, de beste poging telde als eindscore. Het sneltikken meet de snelheid en wendbaarheid van het bovenlichaam (de armen). Hierbij moesten de jongeren met de handen cirkels aantikken waarvan het midden 80 centimeter uit elkaar lag (elke cirkel had een diameter van 20 centimeter). In totaal tikten ze beide cirkels 25 keer aan, dus in totaal 50 keer heen en weer. De beste tijd van twee pogingen werd genoteerd.

Body-mass index

Body-mass index (BMI) is een index die die verhouding tussen lengte en gewicht weergeeft en is een maat voor de lichaamssamenstelling. Deze maat wordt vaak gebruikt als indicator voor overgewicht, obesitas of ondergewicht. De BMI is berekend aan de hand van lengte en gewicht met de formule: BMI = gewicht (kg) gedeeld door de lengte $(m)^2$.

Cognitieve functies

Alle cognitieve taken werden individueel onder schooltijd afgenomen. Het gaat om aandacht (alertheid, ruimtelijke aandacht) en executieve functies (verbaal werkgeheugen, visuospatiële werkgeheugen, interferentiecontrole). Een overzicht van alle cognitieve taken en de uitkomstmaten is te vinden in Tabel 4.

Tabel 4. *Cognitieve taken en uitkomstmaten zoals gebruikt in het onderzoek*

Construct	Taak	Totstandkoming score
Executieve functies		
Verbaal werkgeheugen		
Kortetermijngeheugen	cijferreeksen	aantal correcte antwoorden x lengte cijferreeks, tijdens nazeggen van reeksen in de volgorde van aanbieding
centraal executief werkgeheugen	cijferreeksen	aantal correcte antwoorden x lengte cijferreeks, tijdens nazeggen van reeksen in de omgekeerde volgorde van aanbieding
Visuospatiële werkgeheugen		
kortetermijngeheugen	visuospatial working memory test	aantal correcte antwoorden x lengte patroon, tijdens reproduceren van patronen in de volgorde van aanbieding
centraal executief werkgeheugen	visuospatial working memory test	aantal correcte antwoorden x lengte patroon, tijdens reproduceren van patronen in omgekeerde volgorde van aanbieding
Interferentiecontrole		
Snelheid	Flanker taak	verschil in gemiddelde reactietijd voor responsen met en zonder interfererende informatie
kwaliteit	Flanker taak	verschil van het percentage correcte responsen met en zonder interfererende informatie
Informatieverwerking		
Snelheid	Flanker taak	gemiddelde reactietijd voor neutrale doelwitten
variabiliteit	Flanker taak	standaarddeviatie van de gemiddelde reactietijd voor neutrale doelwitten
Aandacht		
alertheid	Flanker taak	verschil in gemiddelde reactietijd en nauwkeurigheid voor responsen met en zonder waarschuwing
ruimtelijke aandacht	Flanker taak	verschil in gemiddelde reactietijd en nauwkeurigheid voor responsen met en zonder ruimtelijke aanwijzing

Verbaal werkgeheugen

Het verbaal werkgeheugen werd gemeten door middel van de *Cijferreeksen*-test. Jongeren kregen een reeks getallen auditief aangeboden die ze in dezelfde volgorde en omgekeerde volgorde moesten nazeggen. De moeilijkheidsgraad liep op door verlenging van de cijferreeks. Het vermogen om verbale informatie kortdurend vast te houden in het geheugen wordt aangeduid met het verbale kortetermijngeheugen. Dit werd gemeten met de reeksen die jongeren in dezelfde volgorde moesten nazeggen door het product te bepalen van het aantal correcte antwoorden en de behaalde moeilijkheidsgraad (lengte van de cijferreeks). Een hoger getal duidt een betere prestatie aan. Het vermogen om verbale informatie in het kortetermijngeheugen te bewerken wordt aangeduid met het centraal executief verbaal werkgeheugen. Dit werd gemeten met de reeksen die jongeren in omgekeerde volgorde moesten nazeggen door het product te bepalen van het aantal correcte antwoorden en de behaalde moeilijkheidsgraad (lengte van de cijferreeks). Wederom duidt een hoger getal een betere prestatie aan.

Visuospatiële werkgeheugen

Het visuospatiële werkgeheugen werd gemeten door middel van de digitale *Visuospatial Working Memory Task (*VSWM). In een raster van 4 bij 4 verschenen één voor één gele cirkels, die vervolgens in dezelfde volgorde en omgekeerd in de juiste volgorde op de juiste locatie moesten worden aangeklikt. De moeilijkheidsgraad liep op door verlengen van de reeks patronen. Het vermogen om visuele informatie kortdurend vast te houden in het geheugen wordt aangeduid met visuospatiële kortetermijngeheugen. Dit werd gemeten door het product van het aantal correcte antwoorden en de moeilijkheidsgraad (lengte patroon) in de volgorde van aanbieding, waarbij een hoger getal een betere prestatie aanduidt. Het vermogen om visuele informatie in het kortetermijngeheugen te bewerken wordt aangeduid met het centraal executief visuospatiële werkgeheugen. Dit werd gemeten door het product van het aantal correcte antwoorden en de moeilijkheidsgraad (lengte patroon), waarbij een hoger getal een betere prestatie aanduidt.

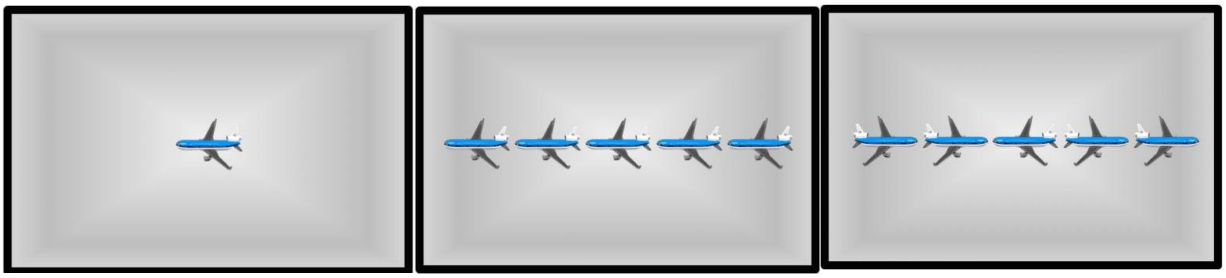
Interferentiecontrole

Het vermogen om irrelevante informatie te onderdrukken wordt aangeduid door de mate van interferentiecontrole. Dit werd gemeten door de *Attention Network Test* (zie bij informatieverwerking voor een beschrijving van de taak). De scores geven het verschil in gemiddelde reactiesnelheid weer voor incongruente doelwitten (met irrelevante informatie) en congruente doelwitten (zonder irrelevante informatie; zie Figuur 4) en geven de tijd die het kost om irrelevante informatie te onderdrukken weer, waarbij een hoger getal een minder goede prestatie betekent. De nauwkeurigheid van het vermogen om irrelevante informatie te onderdrukken wordt aangeduid met de kwaliteit van interferentiecontrole. Dit werd gemeten door het verschil van het percentage correcte responsen met en zonder interfererende informatie, waarbij een hoger getal een mindere goede prestatie betekent.

Informatieverwerking

Om de snelheid en variabiliteit van informatieverwerking te meten werd een aangepaste versie van de *Flanker taak* gebruikt. Dit is een digitale taak waar de jongeren steeds een doelwit te zien kregen. Het doelwit was een vliegtuig dat naar links of rechts wees, eventueel geflankeerd door een aantal andere vliegtuigen. Deze flankerende symbolen konden congruent zijn (vliegtuigen die dezelfde kant op wijzen als het middelste vliegtuig) of incongruent zijn (vliegtuigen die de andere kant op wijzen ten opzichte van

het middelste vliegtuig, en dus interfererende informatie presenteren; zie Figuur 4). De jongeren moesten de richting van het middelste vliegtuig aangeven door zo snel mogelijk op de bijbehorende knop te drukken. De doelwitten konden plotseling verschijnen zonder waarschuwing (geen cue), of werden voorafgegaan door een waarschuwing (centrale cue) of een waarschuwing inclusief ruimtelijke aanwijzing voor de locatie van het doelwit (ruimtelijke cue). De gemiddelde reactietijd voor neutrale doelwitten en de standaarddeviatie daarvan duiden respectievelijk de snelheid en variabiliteit van informatieverwerking aan, waarbij een lagere score een betere prestatie aanduidt.



Figuur 4. *Neutrale, congruente en incongruente doelwitten uit de Flanker Taak.*

Aandachtsprocessen

Alertheid en ruimtelijke aandacht werden eveneens door middel van de aangepaste versie van de *Flanker taak* gemeten. Het vermogen om een alerte staat te bereiken wordt aangeduid door de mate van alertheid en werd gemeten door het verschil in gemiddelde reactietijd voor responsen met en zonder waarschuwing voor het verschijnen van het doelwit. Het vermogen om aandacht te richten op een plek in de ruimte wordt aangeduid met ruimtelijke aandacht en werd gemeten door het verschil in gemiddelde reactietijd voor responsen met en zonder ruimtelijke aanwijzing voor het verschijnen van het doelwit. Een hoger getal duidt op een betere prestatie.

Schoolprestaties

De schoolprestaties zijn gemeten voor de domeinen rekenen en taalverzorging. Voor beide domeinen zijn delen van bestaande toetsen uit het Cito-leerlingvolgsysteem (LVS-toetsen) gebruikt om de schoolprestaties te meten. Dit zijn andere versies dan de reguliere toetsen die op sommige scholen in het VO worden afgenomen. De toets voor de rekenvaardigheden bestond uit twee verschillende onderdelen. Zo was er een taak voor het hoofdrekenen en een taak voor wiskundig inzicht. De toets voor de taalverzorging toetste de grammaticale kennis en de spelling van werkwoorden en zelfstandig naamwoorden van de jongeren. De toetsen waren gestandaardiseerd per schoolniveau, dus de inhoud van de toets verschilde voor het VMBO, de HAVO en het VWO.

Rekenvaardigheid

De toets ‘Rekenen-Wiskunde’ had betrekking op verschillende aspecten zoals inzicht in getallen, maatinzicht, ruimtelijk inzicht en het uitvoeren van operaties met getallen. De toets bestond uit twee delen. Het eerste deel bestond uit hoofdrekenen, waarbij de volgende onderdelen zijn gemeten: getallen,

verhoudingen, verbanden en meten en meetkunde. Het tweede deel bestond uit wiskundig inzicht. Wiskunde wordt deels beschouwd als een uitbreiding, deels als een abstrahering van het domein rekenen. Bij dit deel van de toets zijn de volgende onderdelen gemeten: algebra, meetkunde, formules en grafieken, statistiek en kansrekening. Beide onderdelen bestonden uit 20 vragen. Het aantal goede antwoorden werd bij elkaar opgeteld en daarna omgezet naar een vaardigheidsscore. De vaardigheidsscore is naast het aantal goede antwoorden ook bepaald door het schoolniveau. De vaardigheidsscore kon vervolgens worden omgezet in een percentielscore, zodat verschillende niveaus met elkaar vergeleken konden worden.

Taalverzorging
Het begrip taalverzorging bestond uit drie aspecten: spelling, interpunctie en grammatica. Taalverzorging bestond in totaal uit 60 vragen, waarbij er een verdeling was over vragen die gingen over de grammatica, de interpunctie, de spelling van werkwoorden en de spelling van zelfstandig naamwoorden. Bij taalverzorging is op dezelfde manier als bij rekenvaardigheid gebruik gemaakt van een omzetting van het aantal goede antwoorden naar een vaardigheidsscore en een percentielscore.

In de analyses zijn eerst de effecten van de interventies op de gemiddelde score voor de twee domeinen rekenen en taalverzorging samen bekeken. Vervolgens zijn de uitkomsten op schoolprestaties uitgesplitst naar de afzonderlijke domeinen.

Mentale gezondheid

De mentale gezondheid was onderverdeeld in internaliserende problemen en externaliserende problemen. De internaliserende problemen verwijzen naar de mogelijke problemen met emoties en gevoelens. De externaliserende problemen verwijzen naar de mogelijke problemen in het gedrag. Naast deze twee domeinen wordt in onderzoek het zelfbeeld vaak ook meegenomen bij het vaststellen van de mentale gezondheid. De mentale gezondheid is bij jongeren gemeten met behulp van een viertal gestandaardiseerde vragenlijsten: één voor symptomen van angst en één voor symptomen van depressie (tezamen internaliserende problemen), één voor aandachtsgedrag (externaliserende problemen) en één voor het zelfbeeld.

Internaliserende problemen
De vragenlijsten voor internaliserende problemen zijn niet gebruikt om jongeren te screenen op problematiek, maar om eventuele verschillen voor en na de interventie te kunnen detecteren. Voor symptomen van depressie is de Nederlandse versie van de Child Depression Inventory afgenomen. Deze vragenlijst bestaat uit 27 3-keuze vragen, waarbij de antwoorden 0, 1 of 2 punten waard zijn. Hoe hoger de score hoe meer depressiesymptomen de deelnemer heeft. Om de angstsymptomen in kaart te brengen is de Nederlandse versie van de State Trait Anxiety Inventory afgenomen. Dit is een vragenlijst die uit twee delen bestaat. In het eerste gedeelte wordt gevraagd hoe de deelnemer zich in het algemeen voelt en in het tweede gedeelte hoe de deelnemer zich op dit moment voelt, ook wel situatie-specifieke angst genoemd. Beide delen bestaan uit 20 3-keuzevragen. Wederom is elke vraag 0, 1 of 2 punten waard en hoe meer punten hoe meer angstsymptomen de deelnemer heeft.

Externaliserende problemen
De externaliserende problemen zijn gebaseerd een vragenlijst die symptomen van ADHD meet. Deze symptomen zijn gerelateerd aan het gedrag dat jongeren vertonen in een situatie waarbij aandacht of concentratie is vereist. De Nederlandse versie van de Strengths and Weaknesses of ADHD symptoms and Normal behavior is gebruikt. Deze vragenlijst bestond uit 18 vragen die de jongeren moesten beantwoorden. Bij iedere vraag moesten zij hun eigen gedrag vergelijken met het gedrag van hun leeftijdsgenoten. Ze konden daarbij een score tussen de 1 en 7 geven, waarbij 1 stond voor ver beneden gemiddeld en 7 voor ver boven gemiddeld. Hoe lager de score, hoe meer symptomen de jongeren lieten zien.

Zelfbeeld
Het zelfbeeld werd gemeten door de Competentiebelevingsschaal voor Adolescenten af te nemen. Deze vragenlijst bestond uit steeds twee stellingen waarbij de deelnemer moest kiezen tot welke stelling hij of zij zich het meest voelde aangesproken. Bijvoorbeeld: Sommige jongeren vinden dat zij minstens zo slim zijn als hun leeftijdsgenoten; Andere jongeren twijfelen er aan of zij even slim zijn als hun leeftijdsgenoten. Vervolgens moesten ze aangeven of ze zich een beetje of heel erg aangesproken voelden. Er waren 35 stellingen die onderverdeeld waren in 7 verschillende subcategorieën. De categorieën waren: schoolcompetentie, sportieve competentie, hechte vriendschappen, gevoel van eigenwaarde, fysieke verschijning, gedragshouding en sociale acceptatie.

3.5 Statistische methode

Relaties tussen fysieke fitheid en cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid

In Figuur 1 (Hoofdstuk 1) wordt een relatie verondersteld tussen fysieke fitheid, cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid. Om deze relaties te onderzoeken zijn scores op verschillende aspecten van fysieke fitheid (aerobe fitheid, spierkracht en snelheid en wendbaarheid) gerelateerd aan de verschillende uitkomstmaten. Hierbij is de data van de voormeting gebruikt. Voor de analyses is gebruik gemaakt van multiple regressie en multilevel analyse met behulp van het programma MLwiN 3.03. Het voordeel van deze methode is dat er gecontroleerd kan worden voor eventuele verschillen tussen leerlingen doordat ze in verschillende klassen zitten.

In de analyses zijn niet bij alle uitkomstmaten alle variabelen apart meegenomen. Bij cognitieve functies is eerst gekeken of de variabelen vanwege onderlinge samenhang geclusterd kunnen worden met een factoranalyse. Dit leverde de volgende 6 factoren op: het verbale werkgeheugen (cijferreeks vooruit en achteruit samengenomen), het visuospatiële werkgeheugen (Klingberg voor-en achteruit), aandacht snelheid, aandacht nauwkeurigheid, informatieverwerking en controle en interferentiecontrole, zie bijlage 4 voor de uitkomsten van de analyse. Voor het zelfbeeld is op basis van de theorie besloten om de verschillende variabelen binnen het zelfbeeld eerst geclusterd te analyseren en vervolgens naar de afzonderlijke variabelen te kijken.

Voor cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid zijn vervolgens afzonderlijke multilevel modellen gemaakt, met in elk model aerobe fitheid, kracht en snelheid en wendbaarheid als voorspellers.. Eerst is er gekeken welke achtergrond variabelen van invloed zouden kunnen zijn op de relaties (geslacht, fysieke en hormonale rijping, BMI, schoolniveau). Alleen variabelen die inderdaad invloed hadden op zowel de uitkomstmaten (cognitieve functies, schoolprestaties of mentale gezondheid) als de voorspellers (aerobe fitheid, kracht of snelheid en wendbaarheid) zijn meegenomen in de eerste stap van de multilevel

analyse (aangeduid met model 1, het basismodel). Door model 1 uit te breiden met de fitheidsmaten zijn er definitieve modellen ontstaan waarbij gecontroleerd is voor de achtergrondvariabelen (aangeduid met ‘model 2’, het definitieve model).

Effectiviteit van de interventies

Om te bepalen of de beweeginterventie effectief is, hebben we gekeken naar het verschil tussen de controle en interventiegroep op de scores van de nameting, waarbij gecontroleerd is voor verschillen tijdens de voormeting. Dit betekent dat als bijvoorbeeld de jongeren significant hoger scoren (beter) dan de controlegroep op de nameting, we kunnen concluderen dat de beweeginterventie effectief is gebleken. Voor de statistische analyse is wederom gebruik gemaakt van multilevel analyse (MLwiN, versie 3).

Om de effecten te bepalen werd het model per uitkomstmaat opgebouwd. Met dit statische model proberen we zo goed mogelijk de scores op de nameting te voorspellen. Dit betekent dus dat het model voor de effecten op bijvoorbeeld het zelfbeeld anders is dan de effecten op de taalvaardigheden. Daarnaast werd het model stap-voor-stap opgebouwd. Door stap-voor-stap variabelen toe te voegen aan dit model, controleren we bijvoorbeeld voor achtergrondvariabelen die het verschil tussen de interventie- en controlegroep mogelijk verklaren (meisjes hebben bijvoorbeeld een hogere score op de taalvaardigheden dan jongens). Hierdoor is de kans zo klein mogelijk dat significante verschillen tussen de interventiegroep en de controlegroep verklaard kunnen worden door andere factoren dan de beweeginterventie. Hierbij houden we ook rekening met de scores op de voormeting door deze score toe te voegen aan het statische model. Ook bij de analyses van de effectiviteit van de interventie zijn de resultaten weergegeven in ‘model 1’ (tussenmodel) en ‘model 2’ (het model met de definitieve resultaten).

Vervolgens is er onderzocht of er relaties zijn tussen de implementatiematen en de score op de nameting. Als implementatiematen zijn de dosis externe fysieke belasting, de dosis interne fysieke belasting en de dosis cognitieve uitdaging gebruikt. Door de implementatiematen per jongere mee te nemen in de modellen kan onderzocht worden of een eventueel effect afhangt van de dosis die de jongeren daadwerkelijk hebben gekregen. Deze analyses resulteren respectievelijk in ‘model 3’, ‘model 4’ en ‘model 5’.

Hoofdstuk 4. Resultaten van het experiment Move to Improve

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van het experiment dat is uitgevoerd als onderdeel van Move to Improve. Als eerst zullen de relaties tussen de fysieke fitheid en de cognitieve functies en de schoolprestaties beschreven worden, gevolgd door de relaties tussen fysieke fitheid en de mentale gezondheid. Bij onderzoek naar de relaties zijn uitsluitend data van de voormeting gebruikt. Vervolgens wordt er ingegaan op de effecten van de beweeginterventie op de cognitieve functies en de schoolprestaties en vervolgens op de mentale gezondheid. Hierbij zullen ook de implementatiematen van de interventie meegenomen worden. Bij het effectenonderzoek zijn data van zowel de voormeting als de nameting gebruikt.

4.1 Relaties tussen de fysieke fitheid, cognitieve functies en de schoolprestaties.

Om de relaties tussen de fysieke fitheid en cognitieve functies en schoolprestaties te bepalen is er een multiple regressie en multilevel analyse uitgevoerd. De variabelen geslacht en leeftijd zijn meegenomen in de analyses, omdat deze van invloed zijn op de scores van de fysieke fitheid, de cognitieve functies of de schoolprestaties. Er zijn twee verschillende modellen gemaakt, een voor de relatie tussen fysieke fitheid en de cognitieve functies en een voor de relaties tussen fysieke fitheid en de schoolprestaties.

In Tabel 5 zijn de resultaten van de eerste analyse te zien. Hieruit blijkt dat het toevoegen van de fysieke fitheid aan het basismodel (model 1) van de cognitieve functies voor een verbetering zorgt in de voorspellende waarde van het model (zie deviantie van de modellen, $\Delta\chi^2$ (3) = 36,03, p < 0,001). Dit betekent dat fysieke fitheid significant gerelateerd is aan de cognitieve functies. Als we meer in detail kijken naar de afzonderlijke modellen (model 2 per uitkomstmaat) dan zien we dat het domein snelheid en wendbaarheid van de fysieke fitheid significant gerelateerd is aan het visuospatiële werkgeheugen, de informatieverwerking en controle en de interferentiecontrole. Dus hoe sneller en wendbaarder de jongeren zijn, hoe beter hun prestatie op het visuospatiële werkgeheugen, de informatieverwerking en controle en de interferentiecontrole. De andere domeinen van de fysieke fitheid (aerobe fitheid en kracht) zijn niet gerelateerd aan een of meer cognitieve functies.

Tabel 5. Resultaten voor de relaties tussen fysieke fitheid en cognitieve functies (n=346)

	Model 1			Model 2		
	B	SE	p	B	SE	p
Visuospatiële werkgeheugen						
Willekeurig snijpunt	-0.085	0.088	0.333	0.003	0.102	0.979
Geslacht[a]	0.100	0.089	0.261	-0.043	0.138	0.754
Leeftijd	0.058	0.045	0.196	0.042	0.045	0.356
Aerobe fitheid				-0.114	0.077	0.139
Kracht				-0.015	0.067	0.820
Snelheid en wendbaarheid				**0.159**	**0.065**	**0.014**
Variantie in klassen[b]	0.069	0.034	0.042	0.061	0.032	0.057
Variantie in adolescenten[b]	0.640	0.051	<0.001	0.628	0.050	<0.001

Verbaal werkgeheugen						
Willekeurig snijpunt	-0.030	0.097	0.758	-0.032	0.108	0.766
Geslacht[a]	0.009	0.084	0.916	0.028	0.131	0.828
Leeftijd	-0.029	0.042	0.490	-0.040	0.043	0.350
Aerobe fitheid				0.024	0.073	0.743
Kracht				-0.064	0.063	0.313
Snelheid en wendbaarheid				0.077	0.062	0.216
Variantie in klassen[b]	0.115	0.048	0.017	0.101	0.043	0.019
Variantie in adolescenten[b]	0.558	0.045	<0.001	0.557	0.044	<0.001
Informatieverwerking en controle						
Willekeurig snijpunt	0.152	0.083	0.068	0.217	0.090	0.015
Geslacht[a]	-0.352	0.079	0.000	-0.448	0.119	0.000
Leeftijd	0.130	0.039	0.001	0.110	0.039	0.004
Aerobe fitheid				-0.098	0.068	0.149
Kracht				-0.008	0.058	0.893
Snelheid en wendbaarheid				**0.238**	**0.056**	**<0.001**
Variantie in klassen[b]	0.073	0.033	0.027	0.054	0.026	0.038
Variantie in adolescenten[b]	0.531	0.042	<0.001	0.503	0.040	<0.001
Aandacht snelheid						
Willekeurig snijpunt	-0.022	0.064	0.734	0.026	0.083	0.754
Geslacht[a]	0.046	0.088	0.599	-0.040	0.135	0.766
Leeftijd	0.000	0.043	0.995	-0.007	0.043	0.879
Aerobe fitheid				-0.093	0.077	0.228
Kracht				0.068	0.067	0.310
Snelheid en wendbaarheid				0.070	0.062	0.257
Variantie in klassen[b]	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	1.000
Variantie in adolescenten[b]	0.654	0.050	<0.001	0.647	0.050	<0.001
Aandacht nauwkeurigheid						
Willekeurig snijpunt	0.078	0.076	0.306	0.124	0.092	0.180
Geslacht[a]	-0.176	0.094	0.062	-0.252	0.143	0.079
Leeftijd	0.025	0.044	0.574	0.003	0.046	0.948
Aerobe fitheid				-0.073	0.082	0.370
Kracht				0.046	0.071	0.517
Snelheid en wendbaarheid				0.061	0.065	0.355
Variantie in klassen[b]	0.021	0.020	0.294	0.015	0.018	0.405
Variantie in adolescenten[b]	0.803	0.063	<0.001	0.803	0.063	<0.001
Interferentiecontrole						
Willekeurig snijpunt	-0.080	0.080	0.320	-0.024	0.101	0.811
Geslacht[a]	0.143	0.108	0.186	0.070	0.165	0.671
Leeftijd	-0.030	0.052	0.572	-0.057	0.053	0.284
Aerobe fitheid				-0.097	0.094	0.303
Kracht				0.059	0.081	0.467
Snelheid en wendbaarheid				**0.156**	**0.075**	**0.039**
Variantie in klassen[b]	0.005	0.019	0.792	0.000	0.000	1.000
Variantie in adolescenten[b]	0.985	0.078	<0.001	0.971	0.074	<0.001
Deviantie		4939.31			4903.28	

Noot. [a]De jongens zijn gebruikt als referentie waarde; [b]de waardes representeren de variantie tussen en binnen de groepen. Model 1 is het model met alleen de covariaten (het basismodel). Model 2 is het definitieve model na toevoeging van de fitheidsmaten. De vetgedrukte getallen laten de variabelen zien die significant gerelateerd zijn met de desbetreffende uitkomstmaat.

In Tabel 6 zijn de resultaten van de tweede analyse te zien. Hieruit blijkt dat het toevoegen van de fysieke fitheid aan het basismodel van de schoolprestaties niet voor een verbetering zorgt in de voorspellende waarde van het model. Dit betekent dat fysieke fitheid niet significant gerelateerd is aan de schoolprestaties.

Tabel 6. Resultaten voor de relaties tussen fysieke fitheid en schoolprestaties (n=353)

	Model 1			Model 2		
	B	SE	p	B	SE	p
Rekenvaardigheden						
Willekeurig snijpunt	0.049	0.083	0.550	0.089	0.104	0.390
Geslacht[a]	-0.121	0.107	0.258	-0.191	0.162	0.240
Leeftijd	-0.083	0.056	0.141	-0.076	0.057	0.183
Aerobe fitheid				-0.045	0.091	0.625
Kracht				-0.005	0.081	0.953
Snelheid en wendbaarheid				-0.017	0.077	0.825
Variantie in klassen[b]	0.018	0.024	0.453	0.016	0.023	0.487
Variantie in adolescenten[b]	0.975	0.076	<0.001	0.975	0.076	<0.001
Taalvaardigheden						
Willekeurig snijpunt	-0.336	0.094	0.000	-0.256	0.109	0.019
Geslacht[a]	0.576	0.098	0.000	0.428	0.150	0.004
Leeftijd	-0.111	0.053	0.036	-0.095	0.054	0.079
Aerobe fitheid				-0.066	0.085	0.435
Kracht				-0.134	0.075	0.072
Snelheid en wendbaarheid				0.069	0.072	0.337
Variantie in klassen[b]	0.078	0.040	0.051	0.070	0.037	0.059
Variantie in adolescenten[b]	0.814	0.063	<0.001	0.804	0.062	<0.001
Deviantie	1901.31			1895.60		

Noot. [a]De jongens zijn gebruikt als referentie waarde; [b] de waardes representeren de variantie tussen en binnen de groepen. Model 1 is het model met alleen de covariaten (het basismodel). Model 2 is het definitieve model na toevoeging van de fitheidsmaten. De vetgedrukte getallen laten de variabelen zien die significant gerelateerd zijn met de desbetreffende uitkomstmaat.

4.2 Relaties tussen de fysieke fitheid en mentale gezondheid.

Om de relaties tussen de fysieke fitheid en mentale gezondheid te bepalen is er een multiple regressie en multilevel analyse uitgevoerd. De variabele geslacht is meegenomen in de analyses, omdat deze van invloed is op de scores van de fysieke fitheid en de mentale gezondheid. Er is een model gemaakt waarbij gekeken wordt naar de relatie tussen fysieke fitheid en de mentale gezondheid. Daarna is nog een tweede model gemaakt waarbij het zelfbeeld is gesplitst in verschillende subcategorieën van het zelfbeeld.

In tabel 7 zijn de resultaten van de analyse te zien. Hieruit blijkt dat het toevoegen van de fysieke fitheid aan het basismodel (model 1) van de mentale gezondheid voor een verbetering zorgt in de voorspellende waarde van het model (zie deviantie van de modellen, $\Delta\chi^2$ (4) = 72,38, p < 0,001). Dit betekent dat fysieke fitheid significant gerelateerd is aan de mentale gezondheid. Als we meer in detail kijken naar het model dan zien we dat een betere aerobe fitheid significant gerelateerd is aan een beter zelfbeeld en aan minder depressie- en angstsymptomen (zowel angst in het algemeen als situatie-specifieke angst). Daarnaast zien

we ook dat een hogere BMI gerelateerd is aan een slechter zelfbeeld. De andere onderzochte relaties zijn niet significant.

Tabel 7. Resultaten voor de relaties tussen fysieke fitheid en mentale gezondheid (n=361)

	Model 1			Model 2		
	B	SE	p	B	SE	p
Zelfbeeld						
Willekeurig snijpunt	0.054	0.051	0.289	-0.152	0.063	0.016
Geslacht[a]	-0.107	0.064	0.094	0.270	0.093	0.004
Aerobe fitheid				**0.225**	**0.053**	**0.000**
Kracht				0.038	0.045	0.399
Snelheid en wendbaarheid				0.032	0.044	0.461
BMI				**-0.075**	**0.032**	**0.019**
Variantie in de klassen[b]	0.008	0.007	0.253	0.012	0.008	0.133
Variantie in de adolescenten[b]	0.369	0.028	<0.001	0.319	0.024	<0.001
Depressie symptomen						
Willekeurig snijpunt	-0.036	0.085	0.669	0.194	0.104	0.062
Geslacht[a]	0.083	0.104	0.423	-0.343	0.156	0.027
Aerobe fitheid				**-0.263**	**0.088**	**0.003**
Kracht				0.020	0.075	0.794
Snelheid en wendbaarheid				-0.078	0.073	0.286
BMI				0.104	0.054	0.052
Variantie in de klassen[b]	0.030	0.018	0.096	0.028	0.017	0.100
Variantie in de adolescenten[b]	0.963	0.073	<0.001	0.908	0.068	<0.001
Situatie-specifieke angstsymptomen (State Anxiety)						
Willekeurig snijpunt	-0.098	0.077	0.203	0.083	0.100	0.407
Geslacht[a]	0.182	0.105	0.083	-0.153	0.159	0.336
Aerobe fitheid				**-0.239**	**0.090**	**0.008**
Kracht				0.067	0.076	0.380
Snelheid en wendbaarheid				0.022	0.074	0.771
BMI				0.076	0.055	0.165
Variantie in de klassen[b]	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	1.000
Variantie in de adolescenten[b]	0.988	0.074	<0.001	0.958	0.072	<0.001
Angstsymptomen in het algemeen (Trait Anxiety)						
Willekeurig snijpunt	-0.257	0.075	0.001	-0.056	0.097	0.563
Geslacht[a]	0.479	0.102	0.000	0.104	0.154	0.499
Aerobe fitheid				**-0.232**	**0.087**	**0.008**
Kracht				-0.052	0.074	0.479
Snelheid en wendbaarheid				0.053	0.072	0.464
BMI				0.073	0.053	0.172
Variantie in de klassen[b]	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	1.000
Variantie in de adolescenten[b]	0.938	0.070	<0.001	0.899	0.067	<0.001
Onoplettend gedrag						
Willekeurig snijpunt	-0.042	0.084	0.612	-0.091	0.105	0.389
Geslacht[a]	0.075	0.104	0.474	0.163	0.159	0.306
Aerobe fitheid				0.073	0.090	0.415
Kracht				-0.024	0.077	0.751

Snelheid en wendbaarheid				-0.035	0.075	0.637
BMI				-0.021	0.055	0.704
Variantie in de klassen[b]	0.026	0.024	0.279	0.025	0.024	0.298
Variantie in de adolescenten[b]	0.976	0.074	<0.001	0.972	0.074	<0.001
Hyperactief en impulsief gedrag						
Willekeurig snijpunt	-0.069	0.093	0.458	-0.042	0.112	0.707
Geslacht[a]	0.147	0.104	0.156	0.093	0.159	0.558
Aerobe fitheid				0.025	0.090	0.782
Kracht				-0.131	0.076	0.086
Snelheid en wendbaarheid				-0.089	0.075	0.236
BMI				0.031	0.054	0.570
Variantie in de klassen[b]	0.065	0.037	0.079	0.058	0.034	0.088
Variantie in de adolescenten[b]	0.939	0.072	<0.001	0.922	0.071	<0.001
Deviantie		4793.79			4721.41	

Noot. [a]De jongens zijn gebruikt als referentie waarde; de waardes representeren de variantie tussen en binnen de groepen. Model 1 is het model met alleen de covariaten (het basismodel). Model 2 is het definitieve model na toevoeging van de fitheidsmaten. De vetgedrukte getallen laten de variabelen zien die significant gerelateerd zijn met de desbetreffende uitkomstmaat.

In Tabel 8 zijn vervolgens de aparte aspecten van het zelfbeeld bekeken in relatie tot de fysieke fitheid. Hieruit blijkt dat een betere aerobe fitheid significant gerelateerd is aan een betere ervaren sociale acceptatie, ervaren sportieve vaardigheden, hechte vriendschappen en gevoel van eigenwaarde. Daarnaast zijn een hogere uitkomsten op kracht en snelheid en wendbaarheid significant gerelateerd aan betere ervaren sportieve vaardigheden. Tot slot is een hogere BMI significant gerelateerd aan een slechtere ervaren fysieke verschijning.

Tabel 8. Resultaten voor de relaties tussen fysieke fitheid en subcategorieën van het zelfbeeld (n=361)

	Model 2		
	B	SE	p
Ervaren schoolvaardigheden			
Willekeurig snijpunt	-0.024	0.101	0.809
Geslacht[a]	0.046	0.161	0.778
Aerobe fitheid	0.067	0.091	0.461
Kracht	-0.065	0.077	0.400
Snelheid en wendbaarheid	0.135	0.075	0.072
BMI	0.012	0.056	0.834
Variantie in de klassen[b]	0.000	0.000	1.000
Variantie in de adolescenten[b]	0.984	0.073	0.000
Ervaren sociale acceptatie			
Willekeurig snijpunt	-0.137	0.095	0.150
Geslacht[a]	0.255	0.152	0.093
Aerobe fitheid	**0.355**	**0.086**	**0.000**
Kracht	0.115	0.073	0.114
Snelheid en wendbaarheid	0.062	0.071	0.383
BMI	0.030	0.052	0.565
Variantie in de klassen[b]	0.000	0.000	1.000
Variantie in de adolescenten[b]	0.875	0.065	0.000

Ervaren sportieve vaardigheden			
Willekeurig snijpunt	-0.240	0.085	0.004
Geslacht[a]	0.447	0.135	0.001
Aerobe fitheid	**0.457**	**0.076**	**0.000**
Kracht	**0.267**	**0.064**	**0.000**
Snelheid en wendbaarheid	**0.153**	**0.063**	**0.015**
BMI	-0.015	0.047	0.753
Variantie in de klassen[b]	0.000	0.000	1.000
Variantie in de adolescenten[b]	0.688	0.051	0.000
Ervaren fysieke verschijning			
Willekeurig snijpunt	0.063	0.095	0.505
Geslacht[a]	-0.118	0.152	0.437
Aerobe fitheid	0.156	0.086	0.070
Kracht	0.006	0.073	0.936
Snelheid en wendbaarheid	-0.017	0.071	0.807
BMI	**-0.244**	**0.052**	**0.000**
Variantie in de klassen[b]	0.000	0.000	1.000
Variantie in de adolescenten[b]	0.873	0.065	0.000
Ervaren gedragshouding			
Willekeurig snijpunt	-0.261	0.097	0.007
Geslacht[a]	0.486	0.154	0.002
Aerobe fitheid	-0.029	0.087	0.735
Kracht	-0.069	0.074	0.352
Snelheid en wendbaarheid	-0.094	0.072	0.192
BMI	-0.065	0.053	0.221
Variantie in de klassen[b]	0.000	0.000	1.000
Variantie in de adolescenten[b]	0.901	0.067	0.000
Ervaren hechte vriendschappen			
Willekeurig snijpunt	-0.294	0.099	0.003
Geslacht[a]	0.548	0.158	0.001
Aerobe fitheid	**0.265**	**0.089**	**0.003**
Kracht	-0.028	0.075	0.713
Snelheid en wendbaarheid	0.034	0.073	0.642
BMI	-0.096	0.054	0.076
Variantie in de klassen[b]	0.000	0.000	1.000
Variantie in de adolescenten[b]	0.942	0.070	0.000
Ervaren gevoel van eigenwaarde			
Willekeurig snijpunt	-0.022	0.097	0.820
Geslacht[a]	0.041	0.154	0.790
Aerobe fitheid	**0.234**	**0.087**	**0.007**
Kracht	-0.007	0.074	0.923
Snelheid en wendbaarheid	-0.007	0.072	0.920
BMI	**-0.176**	**0.053**	**0.001**
Variantie in de klassen[b]	0.000	0.000	1.000
Variantie in de adolescenten[b]	0.899	0.067	0.000
Deviantie			

Noot. [a] De jongens zijn gebruikt als referentie waarde; [b] de waardes representeren de variantie tussen en binnen de groepen. Model 2 is het definitieve model na toevoeging van de fitheidsmaten. De vetgedrukte getallen laten de variabelen zien die significant gerelateerd zijn met de desbetreffende uitkomstmaat.

4.3 Implementatiematen

In Tabel 9 zijn de implementatiematen voor de interventie en controlegroep weergegeven. De implementatiematen werden tijdens twee gymlessen gemeten in beide groepen. Jongeren in de interventiegroep hebben significant meer tijd doorgebracht in matig tot intensieve activiteiten. Dit blijkt uit zowel de externe als interne fysieke belasting en de ervaren fysieke belasting. Zo hebben de leerlingen in de interventiegroep gemiddeld 18,2 minuten matig tot intensieve externe fysieke belasting en 17,0 minuten matig tot intensieve interne fysieke belasting per gymles gehad. De leerlingen in de controle groep hadden een lagere belasting, namelijk 15,3 minuten matig tot intensieve externe fysieke belasting en 13,3 minuten matig tot intensieve interne fysieke belasting. Verder is te zien dat de controlegroep meer cognitief werd uitgedaagd dan de interventiegroep. Het verschil tussen de groepen op basis van de matig tot intensieve activiteiten was naar verwachting, omdat de interventie is ontworpen om het aantal minuten matig tot intensieve activiteit te verhogen. De cognitieve uitdaging is echter niet zoals verwacht, omdat de interventie ook was ontworpen om cognitief uitdagend te zijn.

Tabel 9. Implementatiematen van de gymlessen

	Interventiegroep	**Controlegroep**	**p-waarde [d]**
Aantal gevolgde lessen	23,84 ± 2,56	25,42 ± 2,02	**< 0,001**
Duur van een les (min)	33,91 ± 5,38	35,73 ± 6,39	**0,001**
Totale dosis van de externe belasting (uren)[a]	7,32 ± 2,94	6,53 ± 2,49	**0,005**
Totale dosis van de interne belasting (uren)[b]	6,78 ± 2,89	5,60 ± 3,84	**0,001**
Totale dosis ervaren belasting [c]	100,19 ± 39,51	76,42 ± 36,68	**<0,001**
Totale dosis van de cognitieve uitdaging [d]	87,02 ± 19,32	124,10 ± 26,97	**<0,001**
Intrinsieke motivatie			

Noot. De waarden zijn uitgedrukt in gemiddelde ± standaard deviatie; [a] Uitgerekend door de gemiddelde tijd in matig tot intensieve activiteit, gemeten met de accelerometer, te vermenigvuldigen met het aantal gevolgde lessen; [b] Uitgerekend door de gemiddelde tijd in matig tot intensieve activiteit, gemeten met de hartslagmeter, te vermenigvuldigen met het aantal gevolgde lessen; [c] Uitgerekend door de gemiddelde score voor de cognitieve uitdaging te vermenigvuldigen met het aantal gevolgde lessen; [d] Uitgerekend door de gemiddelde score voor de cognitieve uitdaging te vermenigvuldigen met het aantal gevolgde lessen; [d] Onafhankelijke t-test

4.4 Effecten op de cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid

Cognitieve functies

Er is voor de cognitieve functies geen verschil gevonden tussen de interventie- en de controlegroep op de nameting (Tabel 10). De interventie heeft er dus niet voor gezorgd dat de adolescenten beter presteren op de cognitieve functies vergeleken met de controle groep.

Om te achterhalen of er een relatie is tussen de implementatie maten en de scores op de nameting is er nog een extra analyse gedaan. Hierbij is gekeken of de intensiteit waarop de leerlingen bewegen tijdens de gymles gerelateerd is aan de cognitieve functies op de nameting. Ditzelfde is ook gedaan voor de mate van cognitieve uitdaging. Uit deze analyses blijkt dat deze relaties niet significant zijn. Dit impliceert dat het voor de scores op cognitieve functies na afloop van de interventie niet uitmaakt hoeveel fysieke belasting de leerlingen hebben gehad of ervaren, of hoe zeer ze cognitief zijn uitgedaagd tijdens de lessenreeks.

Tabel 10. Resultaten van de beweeginterventie op de cognitieve functies

	Model 1. Covariaten			Model 2. Interventie			Model 3. Dosis externe fysieke belasting			Model 4. Dosis interne fysieke belasting			Model 5. Dosis cognitieve uitdaging		
	B	SE	P	B	SE	p	B	SE	p	B	SE	p	B	SE	p
Visuospatiële werkgeheugen															
Vaste effecten															
Willekeurig snijpunt	-0.014	0.041	0.732	0.009	0.060	0.879	-0.043	0.045	0.336	-0.049	0.043	0.255	0.003	0.042	0.952
Score op de voormeting	0.666	0.046	0.000	0.667	0.046	0.000	0.661	0.046	0.000	0.652	0.047	0.000	0.662	0.046	0.000
Leeftijd	-0.116	0.040	0.004	-0.120	0.041	0.003	-0.108	0.040	0.007	-0.150	0.043	0.000	-0.104	0.040	0.010
Interventie[a]				-0.044	0.082	0.593									
Dosis externe fysieke belasting							-0.133	0.069	0.054						
Dosis interne fysieke belasting										-0.080	0.049	0.101			
Dosis cognitieve uitdaging													0.036	0.041	0.381
Deviantie		473.931			473.646			440.939			409.691			440.209	
Verbaal werkgeheugen															
Vaste effecten															
Willekeurig snijpunt	-0.021	0.046	0.656	0.025	0.068	0.711	-0.051	0.050	0.308	-0.056	0.047	0.234	-0.025	0.046	0.590
Score op de voormeting	0.522	0.052	0.000	0.528	0.053	0.000	0.522	0.051	0.000	0.517	0.052	0.000	0.515	0.052	0.000
Fysieke rijping op de voormeting	0.074	0.046	0.109	0.068	0.047	0.143	0.055	0.050	0.267	0.038	0.049	0.437	0.075	0.046	0.106
Interventie[a]				-0.087	0.094	0.356									
Dosis externe fysieke belasting							-0.095	0.082	0.243						
Dosis interne fysieke belasting										-0.039	0.054	0.468			
Dosis cognitieve uitdaging													0.016	0.045	0.719
Deviantie		475.140			474.290			438.593			403.718			432.153	
Informatieverwerking en controle															
Vaste effecten															
Willekeurig snijpunt	-0.015	0.037	0.677	-0.004	0.053	0.940	-0.018	0.041	0.669	-0.009	0.040	0.830	-0.020	0.038	0.592
Score op de voormeting	0.586	0.049	0.000	0.585	0.049	0.000	0.562	0.049	0.000	0.558	0.052	0.000	0.579	0.049	0.000

Leeftijd	-0.058	0.037	0.119	-0.060	0.038	0.113	-0.063	0.038	0.101	-0.065	0.041	0.117	-0.055	0.038	0.149
Fysieke rijping op de voormeting	0.051	0.038	0.183	0.050	0.038	0.193	0.041	0.043	0.337	0.044	0.042	0.299	0.055	0.040	0.166
Interventie[a]				-0.023	0.074	0.759									
Dosis externe fysieke belasting							0.001	0.068	0.985						
Dosis interne fysieke belasting										-0.025	0.044	0.564			
Dosis cognitieve uitdaging													-0.016	0.036	0.654
Deviantie		433.111			433.017			406.799			388.338			404.529	
Aandacht snelheid															
Vaste effecten															
Willekeurig snijpunt	0.019	0.050	0.698	0.048	0.071	0.494	-0.013	0.057	0.825	0.025	0.055	0.652	0.018	0.051	0.725
Score op de voormeting	-0.131	0.062	0.036	-0.130	0.062	0.037	-0.125	0.065	0.056	-0.120	0.068	0.078	-0.129	0.064	0.044
Interventie[a]				-0.058	0.100	0.563									
Dosis externe fysieke belasting							-0.098	0.087	0.264						
Dosis interne fysieke belasting										-0.032	0.060	0.594			
Dosis cognitieve uitdaging													-0.031	0.050	0.530
Deviantie		638.440			638.149			608.698			580.250			592.071	
Aandacht nauwkeurigheid															
Vaste effecten															
Willekeurig snijpunt	0.036	0.076	0.635	0.026	0.093	0.778	0.045	0.079	0.572	0.044	0.082	0.588	0.021	0.080	0.791
Score op de voormeting	-0.273	0.057	0.000	-0.274	0.057	0.000	-0.265	0.060	0.000	-0.282	0.064	0.000	-0.250	0.060	0.000
Geslacht[b]	-0.006	0.104	0.954	-0.005	0.104	0.958	0.043	0.118	0.713	-0.007	0.114	0.954	0.018	0.109	0.868
Interventie[a]				0.019	0.103	0.850									
Dosis externe fysieke belasting							0.103	0.098	0.296						
Dosis interne fysieke belasting										-0.029	0.062	0.643			
Dosis cognitieve uitdaging													0.013	0.053	0.803
Deviantie		654.296			654.260			625.885			592.182			621.408	
Interferentiecontrole															

Vaste effecten															
Willekeurig snijpunt	-0.010	0.054	0.850	-0.017	0.078	0.828	0.012	0.061	0.839	0.003	0.059	0.966	0.002	0.055	0.978
Score op de voormeting	0.341	0.054	0.000	0.341	0.055	0.000	0.343	0.056	0.000	0.330	0.058	0.000	0.342	0.056	0.000
Leeftijd	0.135	0.053	0.012	0.136	0.054	0.012	0.119	0.056	0.033	0.139	0.060	0.021	0.124	0.055	0.023
Fysieke rijping op de voormeting	-0.141	0.055	0.010	-0.140	0.055	0.010	-0.118	0.062	0.058	-0.149	0.062	0.016	-0.132	0.057	0.020
Interventie[a]				0.013	0.108	0.904									
Dosis externe fysieke belasting							0.078	0.101	0.443						
Dosis interne fysieke belasting										0.069	0.067	0.302			
Dosis cognitieve uitdaging													-0.064	0.052	0.220
Deviantie		591.136			591.128			573.083			541.384			558.988	

Noot. [a] De jongens zijn de referentie groep; [b] De controle groep was de referentie groep; [c] de waardes representeren de variantie tussen en binnen de groepen. Model 1 is het model met alleen de covariaten (het basismodel); Model 2 is het model met de covariaten en de interventie; Model 3 is het model met de externe fysieke belasting; Model 4 is het model met de interne fysieke belasting; Model 5 is het model met de cognitieve uitdaging. De vetgedrukte getallen laten de variabelen zien die significant gerelateerd zijn met de desbetreffende uitkomstmaat.

Schoolprestaties

Bij de schoolprestaties is er een verschil gevonden tussen de interventie en de controle groep op de nameting (Tabel 11). De controle groep heeft het beter gedaan dan de interventiegroep bij de rekenvaardigheden. Voor de taalvaardigheden is geen verschil gevonden tussen de interventie en controle groep.

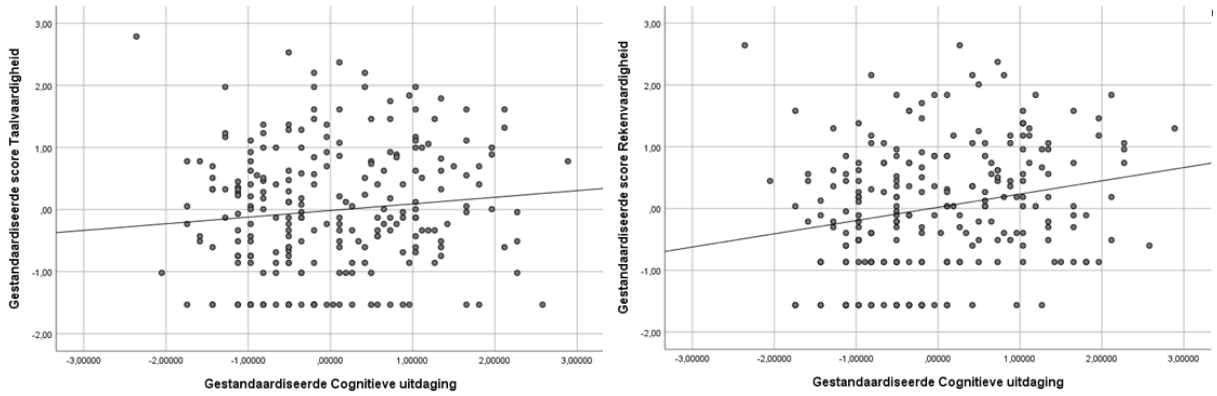
Om te achterhalen of er een relatie is tussen de implementatie maten en de scores op de nameting is er nog een extra analyse gedaan. Bij deze analyse bleek dat de leerlingen die een hogere dosis van cognitieve uitdaging hadden beter scoorden op de nameting van de reken- en taalvaardigheden (zie Figuur 5). Deze bevinding impliceert dat jongeren die meer cognitief worden uitgedaagd tijdens de gymles hoger scoren op reken- en taalvaardigheden na afloop van de interventieperiode.

Tabel 11. Resultaten van de beweeginterventie op de schoolprestaties.

	Model 1. Covariaten			Model 2. Interventie			Model 3. Dosis externe fysieke belasting			Model 4. Dosis interne fysieke belasting			Model 5. Dosis cognitieve uitdaging		
	B	SE	p	B	SE	p	B	SE	p	B	SE	p	B	SE	p
Taalvaardigheden															
Vaste effecten															
Willekeurig snijpunt	-0.198	0.091	0.029	-0.144	0.117	0.221	-0.195	0.092	0.035	-0.220	0.094	0.019	-0.196	0.091	0.031
Score op de voormeting	0.493	0.059	0.000	0.497	0.059	0.000	0.497	0.062	0.000	0.471	0.063	0.000	0.486	0.060	0.000

Geslacht[a]	0.299	0.122	0.014	0.292	0.122	0.017	0.348	0.135	0.010	0.292	0.129	0.024	0.281	0.124	0.024
Interventie[b]				-0.091	0.124	0.463									
Dosis externe fysieke belasting							0.114	0.117	0.329						
Dosis interne fysieke belasting										-0.041	0.074	0.585			
Dosis cognitieve uitdaging													**0.114**	**0.057**	**0.044**
Willekeurige effecten															
Variantie klassen	0.238	0.123		0.241	0.122		0.208	0.130		0.212	0.141		0.208	0.126	
Variantie adolescenten	0.536	0.119		0.532	0.119		0.573	0.129		0.581	0.141		0.564	0.125	
Deviantie		577.169			576.633			554.446			526.550			556.758	
Rekenvaardigheden															
Vaste effecten															
Willekeurig snijpunt	0.336	0.124	0.007	0.472	0.136	0.001	0.354	0.124	0.004	0.328	0.126	0.010	0.325	0.124	0.009
Score op de voormeting	0.556	0.056	0.000	0.556	0.056	0.000	0.550	0.057	0.000	0.537	0.057	0.000	0.531	0.057	0.000
Geslacht[a]	-0.534	0.200	0.007	-0.510	0.198	0.010	-0.502	0.204	0.014	-0.562	0.203	0.006	-0.523	0.201	0.009
Fysieke rijping op de nameting	0.249	0.099	0.012	0.226	0.098	0.021	0.217	0.100	0.030	0.211	0.105	0.044	0.221	0.100	0.027
Interventie[b]				**-0.263**	**0.115**	**0.022**									
Dosis externe fysieke belasting							0.069	0.109	0.526						
Dosis interne fysieke belasting										-0.054	0.069	0.431			
Dosis cognitieve uitdaging													**0.132**	**0.053**	**0.013**
Random effects															
Variantie klassen [c]	0.169	0.111		0.169	0.108		0.121	0.109		0.184	0.118		0.145	0.112	
Variantie adolescenten [c]	0.506	0.112		0.491	0.109		0.516	0.113		0.472	0.117		0.518	0.114	
Deviantie		533.003			527.851			499.718			475.973			512.586	

Noot. [a] De jongens zijn de referentie groep; [b] De controle groep was de referentie groep; [c] de waardes representeren de variantie tussen en binnen de groepen. Model 1 is het model met alleen de covariaten (het basismodel); Model 2 is het model met de covariaten en de interventie; Model 3 is het model met de externe fysieke belasting; Model 4 is het model met de interne fysieke belasting; Model 5 is het model met de cognitieve uitdaging. De vetgedrukte getallen laten de variabelen zien die significant gerelateerd zijn met de desbetreffende uitkomstmaat.



Figuur 5. De relatie tussen de cognitieve uitdaging per gymles en de score op taal- (links) en rekenvaardigheid (rechts) op de nameting, gemeten in de interventie- en controlegroep.

Mentale gezondheid

De effecten op de mentale gezondheid zijn onderzocht voor de domeinen zelfbeeld, depressiesymptomen, angstsymptomen (situatie-specifieke angst en angst in het algemeen) en ADHD-symptomen (onoplettend gedrag en hyperactief en impulsief gedrag). Uit de analyses bleek dat de interventiegroep minder depressiesymptomen had dan de controlegroep na de interventie periode (Tabel 12). Op de andere domeinen van de mentale gezondheid bleken de interventie- en controlegroep niet van elkaar te verschillen na de interventie.

Om te achterhalen of er een relatie is tussen de implementatiematen en de scores op de nameting zijn er nog een aantal extra analyses gedaan. Bij deze analyses bleek dat jongeren die een hogere dosis externe fysieke belasting hebben gehad tijdens de interventie een beter zelfbeeld hadden en minder depressiesymptomen en minder situatie-specifieke angstsymptomen (Tabel 12). Daarnaast bleek ook dat hoe hoger de dosis cognitieve uitdaging, hoe minder goed het zelfbeeld van de jongeren was (Tabel 12). De andere implementatiematen hingen niet samen met de domeinen van de mentale gezondheid. In Figuur 6 wordt de relatie tussen de gestandaardiseerde dosis externe fysieke belasting weergegeven en de gestandaardiseerde score op het zelfbeeld, de depressiesymptomen en de situatie-specifieke angstsymptomen. Daarnaast is ook de relatie tussen de gestandaardiseerde dosis cognitieve belasting en de gestandaardiseerde score op het zelfbeeld weergegeven.

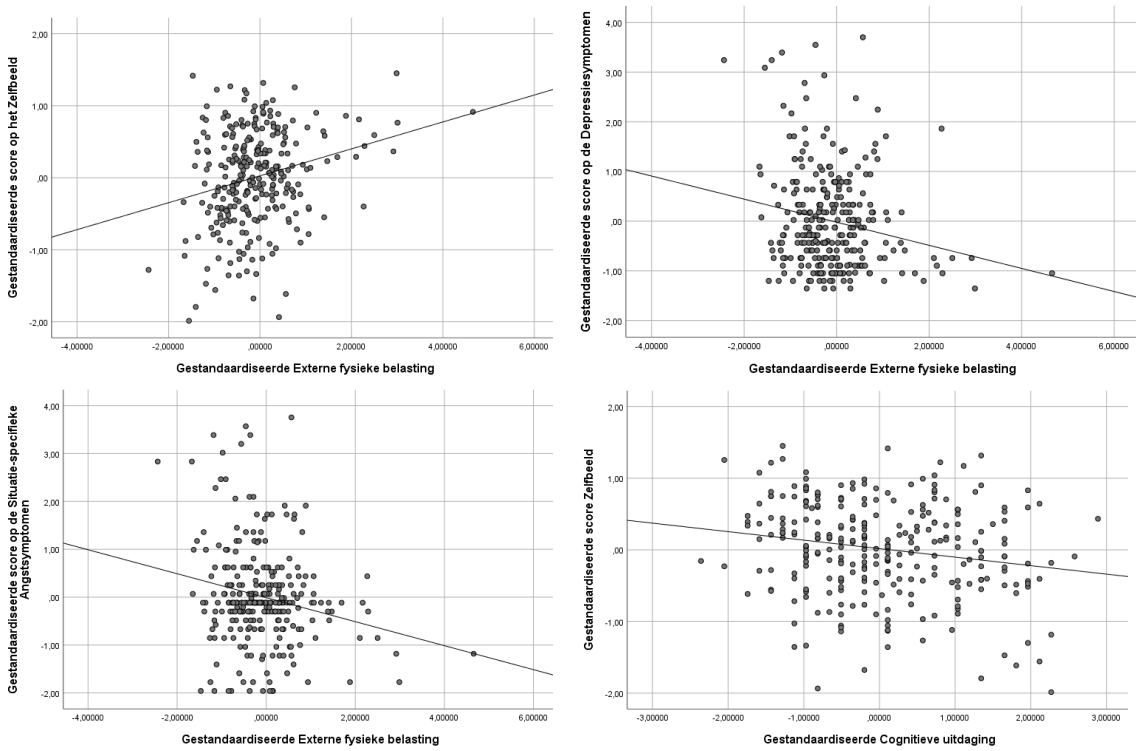
Tabel 12. Resultaten van de beweeginterventie op de mentale gezondheid

	Model 1 Covariaten			Model 2 interventie effect			Model 3 dosis externe fysieke belasting			Model 4 dosis interne fysieke belasting			Model 5 dosis cognitie	
	B	SE	p	B	SE	p	B	SE	p	B	SE	p	B	SE
Zelfbeeld														
Vaste effecten														
Willekeurig snijpunt	-0.113	0.037	0.002	-0.168	0.047	0.000	-0.091	0.036	0.011	-0.108	0.035	0.002	-0.124	0.032
Score op de voormeting	0.729	0.047	0.000	0.726	0.046	0.000	0.736	0.047	0.000	0.743	0.048	0.000	0.740	0.047
Online vs. Klassikaal[a]	0.328	0.074	0.000	0.332	0.069	0.000	0.265	0.077	0.001	0.312	0.073	0.000	0.379	0.072
Interventie[b]				0.102	0.059	0.083								
Dosis externe fysieke bealsting							**0.079**	**0.037**	**0.032**					
Dosis interne fysieke belasting										0.022	0.031	0.477		
Dosis cognitieve uitdaging													**-0.060**	**0.030**
Willekeurige effecten														
Variantie klassen[c]	0.005	0.006		0.002	0.005		0.003	0.006		0.001	0.005		0.000	0.005
Variantie adolescenten[c]	0.221	0.019		0.221	0.019		0.212	0.019		0.222	0.020		0.214	0.019
Deviantie		399.567		396.893			362.587			353.379			362.626	
Depressiesymptomen														
Vaste effecten														
Willekeurig snijpunt	0.121	0.046	0.008	0.227	0.064	0.000	0.088	0.048	0.068	0.126	0.049	0.010	0.126	0.047
Score op de voormeting	0.712	0.041	0.000	0.707	0.040	0.000	0.731	0.041	0.000	0.728	0.043	0.000	0.727	0.043
Online vs. Klassikaal[a]	-0.413	0.097	0.000	-0.427	0.096	0.000	-0.340	0.107	0.001	-0.455	0.105	0.000	-0.472	0.105
Interventie[b]				**-0.189**	**0.081**	**0.019**								
Dosis externe fysieke bealsting							**-0.119**	**0.053**	**0.025**					
Dosis interne fysieke belasting										-0.006	0.046	0.900		
Dosis cognitieve uitdaging													0.046	0.044
Willekeurige effecten														
Variantie klassen[c]	0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000

Variantie adolescenten[c]	0.482	0.040		0.473	0.039		0.461	0.039		0.479	0.042		0.458	0.039
Deviantie	624.053			618.600			573.688			552.711			571.976	
Situatie-specifieke angstsymptomen (State Anxiety)														
Vaste effecten														
Willekeurig snijpunt	0.158	0.053	0.003	0.229	0.074	0.002	0.109	0.056	0.053	0.154	0.057	0.007	0.161	0.055
Score op de voormeting	0.591	0.046	0.000	0.589	0.046	0.000	0.588	0.046	0.000	0.597	0.051	0.000	0.598	0.050
Online vs. Klassikaal[a]	-0.606	0.111	0.000	-0.615	0.111	0.000	-0.476	0.124	0.000	-0.581	0.123	0.000	-0.606	0.123
Interventie[b]				-0.126	0.093	0.175								
Dosis externe fysieke bealsting							**-0.164**	**0.061**	**0.008**					
Dosis interne fysieke belasting										-0.074	0.054	0.173		
Dosis cognitieve uitdaging													-0.032	0.052
Willekeurige effecten														
Variantie klassen[c]	0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
Variantie adolescenten[c]	0.632	0.052		0.628	0.052		0.622	0.053		0.657	0.058		0.633	0.054
Deviantie	699.495			697.664			652.042			631.050			656.965	
Angstsymptomen in het algemeen (Trait Anxiety)														
Vaste effecten														
Willekeurig snijpunt	0.049	0.046	0.291	0.114	0.065	0.079	0.022	0.048	0.649	0.038	0.049	0.430	0.064	0.047
Score op de voormeting	0.742	0.042	0.000	0.738	0.042	0.000	0.754	0.042	0.000	0.759	0.044	0.000	0.743	0.043
Online vs. Klassikaal[a]	-0.378	0.098	0.000	-0.386	0.098	0.000	-0.320	0.107	0.003	-0.349	0.105	0.001	-0.439	0.106
Interventie[b]				-0.117	0.082	0.155								
Dosis externe fysieke bealsting							-0.097	0.053	0.069					
Dosis interne fysieke belasting										-0.087	0.046	0.056		
Dosis cognitieve uitdaging													0.041	0.044
Willekeurige effecten														
Variantie klassen[c]	0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
Variantie adolescenten[c]	0.493	0.041		0.490	0.040		0.465	0.040		0.475	0.042		0.471	0.040

Deviantie	628.647			626.628			574.127			548.739			577.322	
Onoplettend gedrag														
Vaste effecten														
Willekeurig snijpunt	-0.045	0.051	0.379	-0.101	0.073	0.163	-0.036	0.056	0.514	-0.023	0.057	0.691	-0.040	0.053
Score op de voormeting	0.632	0.047	0.000	0.634	0.047	0.000	0.639	0.048	0.000	0.639	0.050	0.000	0.647	0.048
Online vs. Klassikaal[a]	0.119	0.111	0.282	0.128	0.111	0.249	0.130	0.125	0.300	0.111	0.125	0.373	0.181	0.122
Interventie[b]				0.100	0.092	0.275								
Dosis externe fysieke bealsting							-0.014	0.062	0.822					
Dosis interne fysieke belasting										0.017	0.054	0.751		
Dosis cognitieve uitdaging													-0.091	0.050
Willekeurige effecten														
Variantie klassen[c]	0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000		0.002	0.015		0.000	0.000
Variantie adolescenten[c]	0.606	0.050		0.603	0.050		0.618	0.053		0.634	0.058		0.598	0.051
Deviantie	682.363			681.172			647.979			620.038			638.952	
Hyperactief en impulsief gedrag														
Vaste effecten														
Willekeurig snijpunt	-0.059	0.049	0.235	-0.037	0.070	0.593	-0.073	0.054	0.177	-0.066	0.054	0.216	-0.052	0.054
Score op de voormeting	0.676	0.045	0.000	0.676	0.045	0.000	0.680	0.046	0.000	0.675	0.048	0.000	0.681	0.046
Online vs. Klassikaal[a]	0.098	0.107	0.361	0.094	0.107	0.379	0.154	0.121	0.205	0.138	0.118	0.240	0.113	0.122
Interventie[b]				-0.039	0.088	0.662								
Dosis externe fysieke bealsting							-0.038	0.059	0.522					
Dosis interne fysieke belasting										0.028	0.051	0.585		
Dosis cognitieve uitdaging													-0.021	0.050
Willekeurige effecten														
Variantie klassen[c]	0.000	0.000		0.000	0.000		0.001	0.013		0.000	0.000		0.003	0.013
Variantie adolescenten[c]	0.559	0.046		0.558	0.046		0.574	0.051		0.579	0.051		0.569	0.050
Deviantie	656.338			656.147			628.038			595.810			626.482	

Noot. [a] *De jongeren die de vragenlijst online hebben ingevuld dienen als referentie groep;* [b] *De controlegroep was de referentie groep;* [c] *de waardes representeren de variantie tussen en binnen de groepen. Model 1 is het model met alleen de covariaten (het basismodel); Model 2 is het model met de covariaten en de interventie; Model 3 is het model met de interne fysieke belasting; Model 4 is het model met de cognitieve uitdaging. De vetgedrukte getallen laten de variabelen zien die significant gerelateerd zijn met de desbetreffende uitkomstmaat.*



Figuur 6. De relatie tussen de externe fysieke belasting en de score op het zelfbeeld (linksboven), de depressiesymptomen (rechtsboven) en de situatie-specifieke angstsymptomen (linksonder) en de relatie tussen de cognitieve uitdaging en het zelfbeeld (rechtsonder) op de nameting, gemeten in de interventie- en controlegroep.

4.5 Conclusies

Relaties fitheid en relevante uitkomstmaten

De studie laat significante relaties zien tussen snelheid en wendbaarheid en cognitieve functies (visuospatiële werkgeheugen, informatieverwerking en controle en interferentiecontrole).Verder wees het onderzoek uit dat er significante relaties zijn tussen aerobe fitheid en mentale gezondheid, waarbij een betere fitheid samenhing met een beter zelfbeeld en minder depressiesymptomen en angstsymptomen. Daarnaast is er ook een relatie tussen BMI en het zelfbeeld gevonden, waarbij een hogere BMI samenhing met een slechter zelfbeeld. Tot slot blijken de andere relaties tussen de domeinen van fitheid en cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid niet significant.

Effecten van de beweeginterventie op cognitieve uitkomstmaten, schoolprestaties en mentale gezondheid

Het experiment laat positieve significante effecten zien van de beweeginterventie op depressiesymptomen. Jongeren in de interventiegroep hebben na de interventie minder depressiesymptomen vergeleken met jongeren in de controlegroep. Daarnaast laten de extra analyses zien dat een hogere dosis externe fysieke belasting – doordat jongeren actiever meedoen tijdens de gymlessen - gerelateerd is aan een beter zelfbeeld, minder depressiesymptomen en minder situatie-specifieke angstsymptomen. Daarnaast is er een significant effect gevonden na de interventieperiode op de rekenvaardigheden in de controlegroep. De extra analyses die zijn uitgevoerd om te kijken of de implementatiematen gerelateerd zijn aan de

uitkomstmaten laten zien dat een hogere dosis cognitieve uitdaging tijdens de gymlessen samenhangt met betere reken- en taalvaardigheden, maar ook met een slechter zelfbeeld.

Hoofdstuk 5. Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

Steeds meer mensen in de moderne samenleving bewegen te weinig en dit is een grote bedreiging voor de publieke gezondheid. Ook jongeren bewegen te weinig. Te weinig beweging of te veel zitgedrag heeft niet alleen negatieve consequenties voor de fysieke gezondheid, zoals een verhoogd risico op hart- en vaataandoeningen of diabetes, maar het kan ook het cognitief functioneren en mentale gezondheid negatief beïnvloeden. Bovendien wordt de overgang van de kindertijd naar de adolescentie gekenmerkt door een enorme afname in het beweeggedrag. Daarnaast is de adolescentie een cruciale periode voor de ontwikkeling van het brein en daarmee cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid. Met betrekking tot de mentale gezondheid is bekend dat de meeste problemen tot uiting komen tijdens de kindertijd of adolescentie, waarbij individuen waarbij de problemen zijn ontstaan tijdens de adolescentie de ernstigste problemen hebben tijdens de volwassenheid. Daarbij komt dat mentale gezondheidsproblemen vaak samengaan met problemen met schoolvaardigheden en schoolverzuim.

Beweeginterventies hebben de potentie om cognitieve functies en de mentale gezondheid van jongeren te stimuleren. Alhoewel er indicaties zijn dat fysieke activiteit een positief effect kan hebben op schoolvaardigheden van basisschoolkinderen, is het onduidelijk wat het effect ervan is bij jongeren. De cruciale ontwikkelingsperiode waarin jongeren zich bevinden in combinatie met hun sedentaire levensstijl onderstreept het belang van op maat gemaakte preventieve programma's – zoals beweeginterventies- om jongeren tijdens hun ontwikkeling te stimuleren.

In dit rapport gaat het om de mogelijke samenhang tussen bewegingsonderwijs en het functioneren van jongeren op het VO. Preciezer geformuleerd: wat zijn de effecten van fysieke activiteit op cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid van jongeren in de tweede klas van het VO?

Het onderzoeksproject Move to Improve kent drie onderdelen: een uitgebreid literatuuronderzoek, onderzoek naar de samenhang tussen fitheid en cognitieve uitkomstmaten en een experimentele beweeginterventie. Tezamen geven de onderdelen inzicht in de relaties tussen fysieke fitheid en cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid en de effecten van een beweeginterventie op deze aspecten. Het uitgevoerde experiment op scholen laat daarnaast zien in hoeverre interventies geschikt zijn voor invoering in de lessen lichamelijke opvoeding. De resultaten monden uit in aanbevelingen voor beleid, praktijk en onderzoek.

5.1 Samenvatting literatuuronderzoek

Fysieke activiteit wordt al vaak geassocieerd met gezondheidsvoordelen en laat ook steeds meer positieve effecten zien op cognitieve functies en schoolprestaties. Deze positieve effecten zijn vooral gevonden bij jongere kinderen en ouderen en zowel na acute (eenmalige fysieke activiteit) als na langdurige (gedurende een periode van dagen tot maanden) fysieke activiteit. Echter is er nog maar relatief weinig bekend over de effecten van fysieke activiteit op cognitief functioneren en schoolprestaties in jongeren en jongvolwassenen. Er wordt beargumenteerd dat een beweeginterventie misschien wel juist heel voordelig is in deze periode van het leven. Deze periode (adolescentie en jong volwassenheid) wordt namelijk gekenmerkt door een snelle ontwikkeling van de executieve functies.

Het eerste deel van het onderzoek van Move to Improve bestond uit een uitgebreid literatuuronderzoek naar de causale effecten van fysieke activiteit op cognitieve functies (aandacht,

informatieverwerkingssnelheid en executieve functies) en schoolprestaties bij jongeren en jongvolwassenen.

Resultaten meta-analyse

Om zoveel mogelijk studies te achterhalen zijn verschillende elektronische databases geraadpleegd. Deze zoekstrategie leverde 11.378 studies op. Uiteindelijk bleven er op basis van een aantal criteria (zie paragraaf 2.1) 71 interventiestudies over voor de meta-analyse. De geselecteerde studies zijn onderverdeeld in de studies die de effecten van acute fysieke activiteit en de studies die de effecten van langdurige fysieke activiteit op cognitie en schoolprestaties onderzochten.

Uit de meta-analyse blijkt dat zowel acute als langdurige fysieke activiteit effectief is voor het verbeteren van cognitieve functies bij jongeren en jongvolwassenen. Het gaat hier om een verzameling van aandacht, informatieverwerkingssnelheid, executieve functies en schoolprestaties. De fysieke activiteiten verschillen in de effecten die ze op de cognitie hebben. Activiteiten van een matig tot intensieve intensiteit kwamen het meeste voor.

Na het samennemen van de studies is een klein positief, maar relevant effect gevonden van acute fysieke activiteit op aandacht en executieve functies. Er werd geen effect gevonden op de snelheid van de informatieverwerking. Daarom is de acute fysieke activiteit een effectieve strategie voor het verbeteren van de aandacht en de executieve functies, maar niet voor de informatieverwerkingssnelheid. Bij schoolprestaties is er slechts één studie gevonden. Bij de langdurige fysieke activiteit is een klein, maar relevant positief effect gevonden op aandacht, informatieverwerkingssnelheid, executieve functies en schoolprestaties. Beweeginterventies met langdurige fysieke activiteit zijn daarom een effectieve strategie voor het verbeteren van cognitieve functies en schoolprestaties.

Heterogeniteit
Een opvallende bevinding was dat de resultaten van de individuele studies sterk uiteenlopend waren. Deze heterogeniteit werd niet verklaard door de kwaliteit van de studies, maar wel door verschillen in type fysieke activiteit en de gebruikte uitkomstmaat. Bij de duur van de interventies bleek dat bij de acute studies een langere duur van de interventie kleinere effecten op te leveren op aandacht en cognitieve flexibiliteit. Daarentegen bleek bij de langdurige studies dat de duur van de interventie in weken, de duur per sessie en de frequentie in aantal dagen per week geen invloed te hebben op de grootte van de effecten. Dit betekent dat de meta-analyse geen precieze randvoorwaarden biedt voor het ontwerp van nieuwe langdurige interventies. Belangrijk is te constateren dat de heterogeniteit de zeggingskracht van de overall conclusies niet ondermijnt. Dat de studies in een aantal opzichten van elkaar verschillen en per cognitieve uitkomstmaat toch tot dezelfde resultaten en aanwijzingen leiden, valt binnen de bandbreedte van het onderzoek.

Conclusie
Over het geheel genomen, levert de meta-analyse overtuigend bewijs voor positieve effecten van fysieke activiteit op cognitieve functies en schoolprestaties bij jongeren en jongvolwassenen. Daarnaast geeft de meta-analyse enige aanknopingspunten voor het ontwerp van nieuwe, succesvolle beweeginterventies. Acute interventies zijn vooral geschikt voor het verbeteren van aandacht en executieve functies. Langdurige interventies zijn naast aandacht en executieve functies ook geschikt voor het verbeteren van informatieverwerkingssnelheid en schoolprestaties. Deze meta-analyse laat kleine positieve effecten zien, dit zijn relevante effecten. Dit wordt benadrukt doordat alle studies die meegenomen zijn in dit literatuuroverzicht van de hoogste evidentie zijn. Het zijn namelijk allemaal onderzoeken waarbij groepen met elkaar vergeleken worden, waarbij de deelnemers willekeurig in een groep zijn ingedeeld. De gevonden verschillen komen daardoor dus echt door de interventie en niet door andere parameters.

5.2 Samenvatting relaties en effecten van het experiment

Het volgende deel van het onderzoek Move to Improve bestond uit onderzoek naar de relaties tussen fitheid en cognitieve uitkomstmaten en naar effecten van een experimentele beweeginterventie die is uitgevoerd tijdens lessen lichamelijke opvoeding. Aan het onderzoek deden 432 jongeren van 24 klassen van het VMBO, de HAVO en het VWO mee van zeven VO scholen. Voor de relaties is data gebruikt die is verzameld voorafgaand aan de interventie (de voormeting), waardoor er uitspraken gedaan kunnen worden over relaties tussen fysieke fitheid en de uitkomstmaten cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid. Dit is van belang omdat fitheid het vermogen is om fysieke activiteit uit te kunnen voeren. Om (meer) te bewegen is fit zijn of fitter worden dus erg van belang. Daarnaast is fitheid een belangrijke gezondheidsindicator en is bij kinderen op de basisschool reeds gebleken dat het ook samenhangt met cognitie. In het onderzoek naar het effect van de beweeginterventie is gekeken naar effecten op cognitieve functies (aandacht, informatieverwerking en executieve functies), schoolprestaties (reken- en taalvaardigheid) en mentale gezondheid (zelfbeeld, depressie-, angst- en ADHD-symptomen). Hiervoor is een experimentele beweeginterventie in de vorm van een randomized controlled trial (RCT) uitgevoerd, de gouden standaard voor effectonderzoek. Data van zowel de voormeting als de nameting is gebruikt, waarbij de interventiegroep is vergeleken met de controlegroep. De jongeren in de interventiegroep kregen gedurende veertien weken, twee keer per week, aangepaste gymlessen. De insteek was dat de leerlingen oefeningen deden waarbij de nadruk lag op intensieve bewegingsvormen en op cognitief uitdagende bewegingsvormen. Hiervoor is gekozen omdat het literatuuronderzoek suggereert dat beide typen bewegingsvormen positieve effecten kunnen ressorteren.
Voorbeelden van intensieve bewegingsvormen zijn een estafette en een circuittraining waarin de jongeren in korte tijd veel verschillende oefeningen achter elkaar uitvoeren, zoals hardlopen, squat-jumps en springbewegingen. Dit zijn activiteiten waarbij de hartslag, ademhaling en energieverbruik flink omhoog gaan. Bij cognitief uitdagende bewegingsvormen ligt het accent op een hoge cognitieve uitdaging, zoals strategisch spel, anticiperen op gedrag van teamgenoten of tegenstanders en complexe of veranderende spelregels. De controlegroep volgde twee keer per week de reguliere gymlessen. Door de corona pandemie en het sluiten van de scholen als gevolg daarvan zijn niet alle leerlingen van de 24 klassen na de interventie gemeten. Dit betekent dat voor het effectonderzoek data van minder leerlingen dan vooraf gepland, zijn gebruikt om de effecten van de interventie in kaart te brengen.

Resultaten relaties tussen fitheid, cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid

De studie laat significante relaties zien tussen ‘snelheid en wendbaarheid’, een belangrijk aspect van fitheid, en cognitieve functies (visuospatiële werkgeheugen, informatieverwerking en controle en interferentiecontrole).Verder wees het onderzoek uit dat er significante relaties zijn tussen aerobe fitheid, ook wel conditie of uithoudingsvermogen genoemd, en mentale gezondheid. Een betere fitheid hing samen met een beter zelfbeeld, minder depressiesymptomen en minder angstsymptomen. Daarnaast is er ook een relatie tussen de Body Mass Index, een maat voor overgewicht, en het zelfbeeld gevonden. Een hogere Body Mass Index hing samen met een slechter zelfbeeld. De andere relaties tussen de domeinen van fitheid, cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid waren niet significant.

Betekenis relaties

Uit het onderzoek blijkt dat er relaties zijn gevonden tussen de snelheid en wendbaarheid van jongeren en een aantal cognitieve functies. Dit zou kunnen komen doordat de snelheid en wendbaarheid van de

jongeren vooral getraind wordt tijdens fysieke en sportactiviteiten in complexe situaties waarbij bijvoorbeeld een beroep wordt gedaan op een snel reactievermogen of waarbij veel snelle draai of wendbewegingen afgewisseld worden met sprints. Voorbeelden van deze complexe situaties zijn (strategische) teamgames die een belangrijk onderdeel vormen van de lessen lichamelijke opvoeding. Het is opvallend dat er geen relatie tussen aerobe fitheid en cognitieve functies is gevonden. Mogelijk doet snelheid en wendbaarheid een groter beroep op cognitieve functies dan de aerobe fitheid.

De relatie tussen de fitheid en mentale gezondheid laat andere resultaten zien. Hier is namelijk de aerobe fitheid, oftewel de conditie of het uithoudingsvermogen, gerelateerd aan de mentale gezondheid. Een verklaring is dat aerobe fitheid vooral wordt getraind in situaties waarin matig tot intensief wordt bewogen. Deze vorm van beweging kan onder andere leiden tot een hogere concentratie endorfines in het brein. Endorfines gaan pijnprikkels in het lichaam tegen en ze zorgen voor een plezierig gevoel. Hierdoor is het mogelijk dat aeroob fitte jongeren zich prettiger voelen en lekkerder in hun vel zitten waardoor ze minder symptomen van depressie en angst hebben. Daarnaast zouden aerobe fitte jongeren, door hun regelmatige deelname aan fysieke activiteit, meer sociale interacties en waardevolle relaties kunnen hebben, waardoor ze een positiever zelfbeeld van zichzelf hebben ontwikkeld.

Resultaten effectonderzoek op cognitieve functies, schoolprestaties en mentale gezondheid

Het experiment laat positieve effecten zien van de beweeginterventie op symptomen van depressie. Dit betekent dat jongeren in de interventiegroep na de interventie minder depressiesymptomen hebben vergeleken met jongeren in de controlegroep. Er is geen effect gevonden op cognitieve functies en taalvaardigheden. Wel is er een (onverwacht) significant effect gevonden na de interventieperiode op de rekenvaardigheden in de controlegroep. De extra analyses die zijn uitgevoerd in alle leerlingen van het onderzoek laten zien dat een hogere dosis externe fysieke belasting –actiever meedoen tijdens de interventie - gerelateerd is aan een beter zelfbeeld, minder depressiesymptomen en minder situatie-specifieke angstsymptomen na de interventieperiode. Daarnaast hangt een hogere dosis cognitieve uitdaging tijdens de gymlessen samen met betere reken- en taalvaardigheden, maar ook met een minder goed zelfbeeld.

Betekenis effecten

De positieve effecten op depressiesymptomen en de bevinding dat actievere deelname tijdens de gymlessen samenhangt met een betere mentale gezondheid zijn in overeenstemming met de eerder gevonden relaties tussen aerobe fitheid en mentale gezondheid. Het experiment voegt hieraan aan toe dat het effect van de beweeginterventie op symptomen van depressie causaal van aard is. Het is waarschijnlijk dat een combinatie van een hogere beweegintensiteit in de interventiegroep en de andere inhoud van de lessen positief heeft bijgedragen aan dit gevonden effect.
De bevinding dat een hogere dosis van cognitieve uitdaging samenhangt met een lager zelfbeeld wordt mogelijk veroorzaakt doordat sommige leerlingen cognitief gezien aan hun maximale capaciteit zitten van hun kunnen waardoor ze het gevoel hebben iets (bijna) niet te kunnen. Dit gevoel zou kunnen leiden tot een minder gevoel van competentie en dus een minder zelfbeeld.

Het experiment laat een dosis respons relatie zien tussen de cognitieve uitdaging tijdens de gymlessen en de schoolprestaties. Dit betekent dat hoe meer de jongeren cognitief werden uitgedaagd tijdens de gymlessen hoe beter zij presteerden op de schoolprestaties na 14 weken. Dit zou kunnen komen doordat er tijdens de cognitieve uitdaging in de lessen delen in het brein geactiveerd worden die ook geactiveerd worden tijdens de taken om schoolprestaties te meten. Het is opvallend dat er geen samenhang was met prestaties op cognitieve functies na de interventieperiode. Dit is wellicht te verklaren doordat er tijdens de nameting minder data beschikbaar was vanwege de lockdown op de scholen.

Kanttekening
Dit onderzoek heeft aangetoond dat intensieve en cognitief uitdagende gymlessen de mentale gezondheid van jongeren kunnen verbeteren. Hierbij is het belangrijk om op te merken dat de lessen lichamelijke opvoeding veel verschillende doelen hebben (zoals beschreven in curriculum.nu) en niet primair het doel om de mentale gezondheid te verbeteren. De lessen van de beweeginterventie zijn echter zo ontworpen dat ze passen binnen het curriculum van het VO, met alleen wat meer nadruk op intensiteit en cognitieve uitdaging. Daarom verwachten we dat met deze lessen nog steeds bijdragen aan de primaire doelen en dat dit hand in hand gaat met verbetering van de mentale gezondheid. De verbeterde mentale gezondheid kan er bovendien voor zorgen dat jongeren gemotiveerd raken om ook buiten school (meer) te gaan bewegen.

Conclusie
Het onderzoek Move to Improve laat zien dat specifieke aspecten van fitheid samenhangen met specifieke cognitieve functies van jongeren. Waar een betere ‘snelheid en wendbaarheid’ samenhangt met betere scores op een aantal cognitieve functies, hangt aerobe fitheid samen met mentale gezondheid. Daarnaast laat het effectonderzoek positieve effecten op de mentale gezondheid (minder symptomen van depressie) zien.

5.3 Aanbevelingen

Beleid en praktijk

Aanbevelingen voor het beleid en de praktijk, met tussen haakjes de bron waarop de aanbeveling is gebaseerd, zijn:

- Eenmalig korte fysieke activiteit (één beweegsessie) verbetert de aandacht en de executieve functies van jongeren (meta-analyse).
- Eén beweegsessie van een langere duur is minder effectief dan een kortere sessie (meta-analyse).
- Regelmatig fysieke activiteit (meerdere sessies per week, gedurende een aantal weken) verbetert de aandacht, snelheid van informatieverwerking, executieve functies en schoolprestaties (meta-analyse).
- Jongeren die snel en wendbaar zijn en dus ‘vaardig fit’, presteren beter op cognitieve functies. Daarom is bewustwording van het belang van vaardigheidsgerelateerde fitheid voor de cognitieve ontwikkeling essentieel (onderzoek samenhang)
- Jongeren die beschikken over voldoende aerobe fitheid hebben een beter zelfbeeld en ze hebben minder symptomen van angst en depressie. Bewustwording van het belang van gezondheidsgerelateerde fitheid voor de mentale gezondheid is daarom belangrijk. Een gezond lichaam hangt samen met een gezonde geest (onderzoek samenhang).
- Het is mogelijk om met een beweeginterventie tijdens de gymles symptomen van depressie onder jongeren te verminderen. Hoe meer matig tot intensief wordt bewogen tijdens deze lessen, hoe beter het lijkt te zijn voor de mentale gezondheid (effectonderzoek).
- Een hogere dosis cognitieve uitdaging tijdens gymlessen hangt samen met betere reken- en taalvaardigheden. Alhoewel het effectonderzoek geen effect op cognitieve functies gesorteerd heeft, is het aannemelijk dat optimalisering van cognitieve functies hierbij ook rol speelt (effectonderzoek).
- Het curriculum van de lichamelijke opvoeding in het voortgezet onderwijs kent velerlei doelen. Gymlessen kunnen als startpunt dienen voor het verbeteren van de fitheid en het stimuleren van

bewegen, wat jongeren kan motiveren om ook actief te zijn of te worden buiten de gymles. Dit is belangrijk voor een goede fysieke, cognitieve en mentale ontwikkeling (hele onderzoek).

Onderzoek

Aanbevelingen voor het opzetten of uitvoeren van toekomstig onderzoek, met tussen haakjes de bron waarop de aanbeveling is gebaseerd, luiden als volgt:

- Vervolgonderzoek naar effecten van kortdurende fysieke activiteit zou zich moeten richten op studies naar de optimale duur van deze sessies (meta-analyse).
- Met acute of juist langdurige beweeginterventies kunnen specifieke cognitieve functies en schoolprestaties worden verbeterd. Op grond van de huidige stand van wetenschap is het niet mogelijk aan te geven waaraan een beweeginterventie precies zou moeten voldoen om effect te sorteren op cognitieve functies en schoolprestaties. Het gaat hier om type, frequentie en duur van de interventie - in minuten bij acute en in aantal weken of maanden bij langdurige fysieke activiteit (meta-analyse).
- Er is bewijs voor een zogeheten dosis-respons relatie, waarbij de effecten van gymlessen positief samenhangen met de fysieke dosis en de cognitieve uitdaging. Dit laat zien dat implementatie-onderzoek belangrijk is in effectiviteitsstudies (onderzoek samenhang en effectonderzoek).
- Vervolgonderzoek zou zich moeten richten op het ontwerpen van een interventie waarbij de fysieke dosis en de cognitieve uitdaging verder geoptimaliseerd wordt (onderzoek samenhang en effectonderzoek).

Literatuurlijst

Ardoy, D. N., Fernández-Rodríguez5, F. N., Jiménez-Pavón, D., Castillo8, R., Ruiz, J.R., Ortega, F. B. (2014). A Physical Education trial improves adolescents' neurocognitive performance and academic achievement: the EDUFIT study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24, e52-e61.

Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review, 30(4),* 331-351.

Casey B.J., Giedd J.N., Thomas K.M. (2000). Structural and functional brain development and its relation to neurocognitive development. *Biol Psychol.,* 54(1–3):241–257.

Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Chappell, M. A., Johnson, C. L., Kienzler, C., Knecht, A., e.a. (2016). Aerobic fitness is associated with greater hippocampal cerebral blood flow in children. *Developmental Cognitive Neuroscience, 20*, 52-58.

Coe, R. (2002). *It's the effect size, stupid. What effect size is and why it is important*. Annual Conference of the British Educational Research Association, University of Exeter, England.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Cotman, C. W., & Berchtold, N. C. (2002). Exercise: A behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in Neurosciences, 25*(6), 295-301.

De Bruijn, A. G. M., Hartman, E., Kostons, D. D. N. M., Visscher, C., & Bosker, R. J. (2018). Exploring the relations among physical fitness, executive functioning, and low academic achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 167, 204-221.

de Greeff, J. W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C., & Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. Journal of Science and Medicine in Sport, 21(5), 501-507.

de Greeff, J.W., Hartman, E., Mullender-Wijnsma, M.J., Bosker, R.J., Doolaard, S. & Visscher, C. (2016). Long-term effects of physically active academic lessons on physical fitness and executive functions in primary school children. *Health Education Research*. Published online.

DeSocio, J., & Hootman, J. (2004). Children's mental health and school success. *The Journal of School Nursing, 20*(4), 189-196.

Diamond, A., (2000). Close Interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and the prefrontal cortex. *Child development*; *71*, 44-56. Children 4–12 Years Old. *Science*. 333(6045): 959–964.

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology, 64*, 135-168.

Eisenberg, D., Golberstein, E., & Hunt, J. B. (2009). Mental health and academic success in college. *The BE Journal of Economic Analysis & Policy*,*9*(1).

Goodwin, R. D. (2003). Association between physical activity and mental disorders among adults in the United States. *Preventive medicine, 36*(6), 698-703.

Hardy L.L., Bass S.L., and Booth M.L. (2007). Changes in sedentary behavior among adolescent girls: a 2.5-year prospective cohort study. *J Adolesc Health* 40: 158–165.

Janssen I, & LeBlanc A.G. (2010) Review systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *Int J Beh Nutr Phys Activ*, 7:40.

Janssen, L., e.a. (2019). Handleiding beweeginterventie Move to Improve. Groningen: Centrum voor Bewegingswetenschappen, Universitair Medisch Centrum Groningen.

Kearney, C. A. (2008). School absenteeism and school refusal behavior in youth: A contemporary review. *Clinical psychology review*, *28*(3), 451-471.

Kimm S.Y.S., Glynn N.W., Kriska A.M., et al. (2000). Longitudinal changes in physical activity in a biracial cohort during adolescence. *Med Sci Sports Exerc* 32: 1445–1454.

Knapen, J., Vancampfort, D., Moriën, Y., & Marchal, Y. (2015). Exercise therapy improves both mental and physical health in patients with major depression. *Disability and Rehabilitation*, *37*(16), 1490–5.

Latzman R.D., Elkovitch N., Young J, Clark, L.A. The contribution of executive functioning to academic achievement among male adolescents. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2010; 32:455–462.

Lenroot R.K. (2006). Brain development in children and adolescents: insights from anatomical magnetic resonance imaging. *Neurosci Biobehav Rev.* 30(6):718–729.

Levine J. A. (2010). Health-chair reform: your chair: comfortable but deadly. *Diabetes*, *59*(11), 2715–6.

Li, J., & Siegrist, J. (2012). Physical activity and risk of cardiovascular disease--a meta-analysis of prospective cohort studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *9*(2), 391–407.

Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & BEUNEN, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(4), 689-694.

Meijer, A., Königs, M., de Bruijn, A. G., Visscher, C., Bosker, R. J., Hartman, E., & Oosterlaan, J. (2021). Cardiovascular fitness and executive functioning in primary school-aged children. *Developmental Science*, 24(2), e13019.

Mullender-Wijnsma M.J, Hartman E, de Greeff JW, Bosker RJ, Doolaard S, Visscher C. (2015). Moderate-to-vigorous physically active academic lessons and academic engagement in children with and without a social disadvantage: a within subject experimental design. *BMC Public Health* 15(1): 1-9.

Paus, T., Keshavan, M., & Giedd, J. N. (2008). Why do many psychiatric disorders emerge during adolescence? *Nature Reviews Neuroscience*, *9*(12), 947-957.

Pesce C., Crova, C., Marchetti, R., Struzzolino, I., Masci, I., Vannozzi, G., & Forte, R., (2013). Searching for cognitively optimal challenge point in physical activity for children with typical and atypical motor development. Mental *Health and Physical Activity* 6, 172e-180.

Sibley, B. A., & Etnier, J. L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: A meta-analysis. *Pediatric Exercise Science, 15*(3), 243-256.

Schmidt, M., Jäger, K., Egger, F., Roebers, C. M., & Conzelmann, A. (2015). Cognitively engaging chronic physical activity, but not aerobic exercise, affects executive functions in primary school children: A group-randomized controlled trial. *Journal of Sport & Exercise Psychology, 37*(6), 575-591.

Spruit, A., Assink, M., van Vugt, E., van der Put, C., & Stams, G. J. (2016). The effects of physical activity interventions on psychosocial outcomes in adolescents: A meta-analytic review. *Clin Psychol Rev, 45*, 56-71.

Spybrook, J. & Raudenbush, S.W. (2008). *Optimal Design Software*. University of Michigan.

van der Niet, A. G., Hartman, E., Smith, J., & Visscher, C. (2014). Modeling relationships between physical fitness, executive functioning, and academic achievement in primary school children. Psychology of Sport and Exercise, 15(4), 319-325.

Verburgh, L., Königs, M., Scherder, E. J. A., & Oosterlaan, J. (2014). Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: A meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine, 0*, 1-8.

Viner, R., & Booy, R. (2005). Epidemiology of health and illness. *BMJ, 330*(7488), 411-414.

Voss, M. W., Vivar, C., Kramer, A. F., & van Praag, H. (2013). Bridging animal and human models of exercise-induced brain plasticity. *Trends in neurocognitive Sciences*, *17*(10), 525–44.

Williams, J. M., & Dunlop, L. C. (1999). Pubertal timing and self-reported delinquency among male adolescents. *Journal of Adolescence, 22*(1), 157-171

Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F. C., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., et al (2007). High impact running improves learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 87, 597–609.

Bijlage 1. Zoektermen meta-analyse

Zoekterminologie meta-analyse naar de effecten van beweeginterventies op cognitie en schoolvaardigheden in MEDLINE

Populatie:

1
("Young Adult"[Mesh] OR "Adolescent"[Mesh] OR young adult*[tiab] OR adolescen*[tiab] OR youth[tiab] OR teens[tiab] OR teenager*[tiab] OR girl*[tiab] OR boy*[tiab] OR pubert*[tiab] OR ((high[tiab] OR middle[tiab] OR secondary[tiab]) AND school*[tiab]) OR (young*[tiab] AND (people[tiab] OR person*[tiab])))

Interventie:

#2
("Physical Education and Training"[Mesh] OR "Motor Activity"[Mesh:NoExp] OR "Exercise"[Mesh] OR "Athletic Performance"[Mesh] OR "Exercise Therapy"[Mesh] OR "Exercise Movement Techniques" [Mesh] OR physical activ*[tiab] OR yoga [tiab] OR ((physical[tiab] OR aerobic[tiab] OR chronic[tiab] OR acute[tiab]) AND exercis*[tiab]) OR ((exercis*[tiab] OR fitness[tiab]) AND (training[tiab] OR intervention*[tiab] OR program*[tiab])) OR movement intervent*[tiab] OR movement program*[tiab] OR strength training[tiab] OR circuit training[tiab])

Uitkomstmaten:

#3
("Executive Function"[Mesh] OR "Attention"[Mesh] OR "Cognition"[Mesh:NoExp] OR "Problem Solving"[Mesh] OR "Inhibition (Psychology)"[Mesh] OR "Memory"[Mesh] OR "Academic Performance"[Mesh] OR executive function*[tiab] OR executive control*[tiab] OR attention[tiab] OR cognit*[tiab] OR inhibition[tiab] OR working memory[tiab] OR planning[tiab] OR set shift*[tiab] OR processing speed[tiab] OR processing time[tiab] OR ((academic[tiab] OR school[tiab]) AND (achiev*[tiab] OR perform*[tiab] OR skill*[tiab] OR competen*[tiab] OR behavio*[tiab] OR engagement[tiab])) OR academic outcome*[tiab] OR learning outcome*[tiab] OR language[tiab] OR spelling[tiab] OR reading comprehen*[tiab] OR math*[tiab] OR science[tiab] OR grade point*[tiab])

Controle groep:

#4
("Controlled Clinical Trial" [Publication Type] OR randomi*[tiab] OR randomly[tiab] OR control group*[tiab] OR groups[tiab] OR trial[ti] OR control condition*[tiab])

Totale strategie:
#1 AND #2 AND #3 AND #4

Bijlage 2. Overzicht kenmerken van de geselecteerde studies

Tabel met studies naar effecten van eenmalige fysieke activiteit

Auteur	Leeftijd, jaren (M±SD)	Studie design	In- en exclusie criteria	Groep (n)	Duur (min)	Intensiteit	Soort controle en interventie	Uitkomstmaten en meetinstrumenten (afhankelijk van de variabele)
Akatsuka et al. (2015)	19,8	cross over	Inclusie criteria: rechtshandig. Exclusie criteria: neurologische aandoening	CG (10) EG (10)	20 15	NR 50% zuurstof gebruik	Rust Aeroob	Inhibitie: Go-no go taak (reactie tijd en accuratesse)
Aquirre-Loaiza a et al. (2019)	20,7 ± 2,5	RCT	Exclusie criteria: score >30 op de Beck Depression Inventory, cardiovasculaire problemen	CG: 30 EG: 30	45 45	NR HRmean 137 bpm	Rust Aeroob	Inhibitie: Stroop (seconden); Cognitieve flexibiliteit: Trail making test (seconden)
Aquirre-Loaiza b et al. (2019)	21,6 ± 1,8	RCT	Exclusie criteria: score >30 op de Beck Depression Inventory, cardiovasculaire problemen	CG: 27 EG: 26	30 30	NR HRmean 143 bpm	Rust Aeroob	Inhibitie: Stroop (seconden); Cognitieve flexibiliteit: Trail making test (seconden)
Basso et al. (2015)	22.21±4.14	RCT	Exclusie criteria: grote operatie in de afgelopen 6 maanden; een geschiedenis met drugs of alcohol misbruik, een gediagnostiseerde psychische of neurologische aandoening, gebruik van medicatie waarvan bekend is dat het de cognitie aantast of geen mogelijkheid om veilig deel te nemen aan een aeroob beweegprogramma	CG (42) EG (43)	60 60	NR HRmean 161 bpm	Rust Aeroob	Inhibitie: Stroop taak (interferentie score); Werkgeheugen: Symbol Digit Modality test (aantal geode antwoorden), Cijferreeks (aantal goede antwoorden; totaal voor- en achteruit); Cognitieve flexibiliteit: Trial Making Test (seconden om trial B af te ronden)
Benzing et al. (2016)	14.51±1.08	RCT	Exclusie criteria: neurologische, of medische aandoeningen die de resultaten van de studie kunnen beïnvloeden	CG (21) EG1 (21) EG2 (23)	15 15 15	HRmean 82 bpm HRmean 141 bpm HRmean 152 bpm	Rust Cognitieve uitdaging Aeroob	Inhibitie: D-KEF (aantal gecreëerde objecten); Cognitieve flexibiliteit: D-KEF (aantal gecreëerde objecten)
Browne et al. (2016)	13 ± 1.8	Cross over	Inclusie criteria: beschikbaar zijn tijdens assessment, fysiek actief zijn buiten school, voldoen aan de PAR-Q criteria, geclassificeerd zijn als puber (Tanner schaal 2-4). Exclusie criteria: fysieke of intellectuele beperkingen,	CG (20) EG (20)	30 30	HRmean 81 bpm HRmean 165 bpm	Rust Aeroob	Inhibitie: Stroop taak (reactie tijd)

			klinische neuro motorische, psychologische of cognitieve aandoeningen					
Budde et al. (2008)	16,6±0,8	RCT	Exclusie criteria: dyslexie of een BMI >25	CG (52)	10	HRmean 122 bpm	Lichte activiteit	Aandacht: D2-test
				EG (47)	10	HRmean 122 bpm	Cognitieve uitdaging	
Budde et al. (2010)	14,4±0,5	RCT	Exclusie criteria: dyslexie, BMI >25, mentale of fysieke beperkingen	CG (21)	12	HRmean 86 bpm	Rust	Werkgeheugen: Letter Digit Span (aantal correcte antwoorden)
				EG1 (18)	12	HRmean 124 bpm	Aeroob	
				EG2 (20)	12	HRmean 160 bpm	Aeroob	
Chang et al. (2009)	26,0±3,2	RCT	Inclusie criteria: voldoen aan de PAR-Q criteria	CG (16)	30	HRmean 79 bpm	Rust	Inhibitie: Stroop (seconden); Attention: Paced Auditory serial addition task (aantal correcte antwoorden in trial 4)
				EG1 (16)	30	HRmean 95 bpm	Kracht	
				EG2 (16)	30	HRmean 116 bpm	Kracht	
				EG3 (17)	30	HRmean 136	Kracht	
Chang et al. (2011)	22,3±2,0	RCT	Inclusie criteria: voldoen aan de PAR-Q criteria	CG (22)	30	HRmean 75 bpm	Rust	Planning: Tower of London (uitvoerende tijd, seconden)
				EG (20)	30	HRmean 154 bpm	Aeroob	
Coles et al. (2008)	22,2±1,6	cross over	Exclusie criteria: contra indicatie voor maximale inspanning	CG (18)	40	NR	Rust	Cognitieve flexibiliteit: Visual shift task of Kramer (reactie tijd)
				EG (18)	40	HRmean 141 bpm	Aeroob	
Cooper et al. (2012)	13,3±0,3	cross over	Inclusie criteria: goede gezondheid volgens de vragenlijst gezondheidsscreening	CG (45)	10	NR	Rust	Werkgeheugen: Sternberg paradigm (reactie tijd); Inhibitie: Stroop (seconden)
				EG (45)	10	HRmean 172 bpm	Aeroob	
Cooper et al. (2016)	12,6±0,6	cross over	Inclusie criteria: goede gezondheid volgens de vragenlijst gezondheidsscreening	CG (44)	10	HRmean 90 bpm	Rust	Werkgeheugen: Corsi Block test (gemiddelde van de 3 langste correcte reeksen), Digit Symbol Substitution Test (aantal correcte antwoorden in 45s); Inhibitie: Stroop (seconden)
				EG (44)	10	HRmean 181 bpm	Aeroob	
Du Rietz et al. (2019)	21,5±2,52	cross over	Inclusie criteria: voldoen aan de PAR-Q criteria. Exclusie criteria: cardiovasculaire, long of metabolische aandoeningen, BMI>30, bot of gewricht problemen, epilepsie of astma	CG (26)	30	HR end session 75 bpm	Rust	Inhibitie: Go-no go task, Flanker task; Verwerkingssnelheid: snelheidstaak
				EG (26)	30	HR end session 180 bpm	Aeroob	
Griffin et al. (2011)	22,0±2,0	CT	Inclusie criteria: mee kunnen doen aan de gymlessen	CG (13)	30	NR	Rust	Inhibitie: Stroop
				EG (29)	NR	NR	Aeroob	
Guzman et al. (2017)	21,9±2,7	RCT	Exclusie criteria: contra indicatie voor matige aerobe inspanning. Inclusie criteria: fysiek actief zijn voor minimaal 4 uur per week	CG (30)	30	NR	Rust	Attention Vienna Test system
				EG (62)	30	60-70% Hrmax	Aeroob	

Hwang et al. (2016)	23,6±3,0	RCT	Exclusie criteria: psychische of neurologische aandoeningen, medicatie of gebruik van tabak	CG (29)	20	HRmean 64 bpm	Rust	Inhibitie: Stroop; Werkgeheugen: Trail Making test
				EG (29)	20	HRmean 158 bpm	Aeroob	
Hwang et al. (2018)	21,36±2, 11	RCT	Exclusie criteria: cardiovasculaire of neurologische aandoeningen, aandacht stoornissen, fysieke beperkingen, rokers, of nog nooit een videogame gespeeld	CG (25)	30	NR	Rust	Werkgeheugen: Delayed match memory task; Aandacht: psychomotor vigilence test
				EG (25)	30	HRmean 125 bpm	Aeroob	
Jaffery et al. (2018)	21,4±0,5	RCT	Exclusie criteria: roken, cafeïne gebruik of inspanning geleverd in de 6 uur voor de metingen	CG (22)	10	NR	Rust	Cognitieve flexibiliteit: Trail making test (score bij B-trial)
				EG (22)	5	HRmean 116 bpm	Aeroob	
Lambourne et al. (2009)	21,1±1,7	cross over	Inclusie criteria: fysieke activiteit voor minstens 3 keer per week, een ingevulde vragenlijst over de medische geschiedenis	CG (19)	40	HRmean 84 bpm	Rust	Attention: PASAT
				EG (19)	40	HRmean 143 bpm	Aeroob	
Lambourne et al. (2012)	21,1±0,9	cross over	Inclusie criteria: fysieke activiteit voor minstens 3 keer per week. Exclusie criteria: inname van cafeïne of medicatie op de dag van de metingen	CG (16)	25	NR	Rust	Werkgeheugen: Operation Span Task
				EG (16)	35	90% ventilatie threshold	Aeroob	
Ludgya et al. (2019)	14,0±0,7	RCT	Inclusie criteria: normaal of gecorrigeerd naar normaal zicht, mee kunnen doe naan de gymlessen. Exclusie criteria: medicatie voor mentale aandoeningen of blessures aan de hand/pols	CG (28)	20	HRmean 88 bpm	Rust	Inhibitie: Flanker taak
				EG1 (34)	20	HRmean 143 bpm	Aeroob	
				EG2 (32)	20	HRmean 154 bpm	Aeroob	
Mezcua-Hidalgo et al. (2019)	14,06±1, 29	RCT	Exclusie criteria: fysieke beperkingen of medische contra indicaties waardoor geen intensieve inspanning geleverd kan worden. Lid van een officiële sportclub of deelnemen aan een competitieve sport.	CG (81)	20	HRmean 91 bpm	Lichte activiteit	Geheugen: ad hoc test; Aandacht: D2-test
				EG (77)	20	HRmean 157 bpm	Aeroob	
Moore et al. (2012)	22	RCT	Exclusie criteria: neurologische of cardiovasculaire aandoeningen, medicatie dat invloed heeft op het zenuwstelsel or andere contra indicaties voor intensief bewegen. Inclusie criteria: normaal of gecorrigeerd naar normaal zicht.	CG (15)	60	NR	Rust	Verwerkingssnelheid: Visuele discriminatie taak
				EG (15)	60	90% ventilary threshold	Aeroob	
Murray et al. (2012)	20,86±2, 82	RCT	NR	CG (60)	30	NR	Rust	Werkgeheugen: Trail making test; Verwerkingssnelheid: reactietijd taak (seconden)
				EG (60)	30	75% HRmax	Aeroob	
Palmiere et al. (2018)	22±3	cross over	Exclusie criteria: aandoeningen aan het hart-	CG (35)	30	NR	Rust	Inhibitie: Flanker taak; Werkgeheugen: N-back test,

			vaatstelsel, nieren, longen, zenuwstelsel, metabole systeem. Rokers, degene met een hersenschudding in de geschiedenis, visuele beperkingen, of door inspanning veroorzaakt flauwvallen	EG (35)	30	NR	Kracht	Geheugen: Geheugen-herkenningstaak
Peruyero et al. (2017)	16,39±0,68	cross over	NR	CG (44)	20	NR	Rust	Inhibitie: Stroop
				EG1 (44)	30	light	Aeroob	
				EG2 (44)	30	moderate	Aeroob	
Pontifex et al. (2009)	20,2±0,3	cross over	Inclusie criteria: normaal of gecorrigeerd naar normaal zicht en geen neurologische aandoeningen	CG (21)	30	HRmean 68 bpm	Rust	Werkgeheugen: Sternberg taak
				EG1 (21)	30	HRmean 162 bpm	Aeroob	
				EG2 (21)	30	HRmean 123 bpm	Kracht	
Prashant et al. (2020)	20,69±1,234	RCT	Inclusie criteria: geen auditieve of visuele beperkingen. Alle deelnemers ondergingen een cognitieve test voor deelname.	CG: 50	10	NR	Rust	Processing speed: Reaction time (visual and auditory)
				EG: 50	5	NR	Aeroob	
Schwarck et al. (2019)	23,33 ± 3,23	RCT	Inclusie criteria: fysieke activiteit (<3 sessies per week), normaal BMI, rechtshandig, geen cardiovasculaire, neurologische of long-aandoeningen. Exclusie criteria: kleurenblingheid of niet gecorrigeerd zicht.	CG: 13	35	NR	Rust	Inhibitie: Stroop (seconden); Aandacht: D2-test; Cognitieve flexibiliteit: Trailmaking test
				EG1: 13	35	NR	Aeroob	
				EG2: 13	35	NR	Aeroob	
Sipaviciene et al. (2012)	19,5±1,5	RCT	NR	CG (30)	20 vs 90	NR	NR	Aandacht: Aandacht concentratie taak; verwerkingssnelheid: reactietijd test
				EG (60)	17	NR	Aeroob	
				EG (60)	85	NR	Aeroob	
Sperlich et al. (2018)	22±2	cross over	Exclusie criteria: ervaring met de routine van HIIT	CG (12)	6	HRmean 75 bpm	Rust	Inhibitie: Stroop
				EG (12)	6	HRmean 166 bpm	Aeroob	
Takahashi et al. (2019)	20,9 ± 0,89	Cross over	Inclusie criteria: geen cardiopulmonaire of metabolische aandoeningen. Geen visuele beperkingen. Geen alcohol gebruik of zware fysieke activiteit geleverd 24 uur voorafgaand aan het onderzoek. Niet roken, geen gebruik van cafeïne 2 uur voorafgaand aan het onderzoek	CG: 20	10	HR peak: 74 bpm	Rust	Inhibitie: Stroop
				EG1: 20	10	HR peak: 160 bpm	Aeroob	
				EG2: 20	10	HR peak: 159 bpm	Cognitief uitdagen	
Tine et al. (2014)	17-21	RCT	Exclusie criteria: leerproblemen	CG (39)	12	NR	Rust	Taal: begrijpend lezen
				EG (46)	12	70-80% Hrmax	Aeroob	

Tine et al. (2012)	12,3	RCT	Exclusie criteria: lunch voor een gereduceerde prijs	CG (78)	12	NR	Rust	Attention: D2-test
				EG (78)	12	70-80% Hrmax	Aeroob	
Tsai et al. (2016)	22,56±1, 81	CT	Inclusie criteria: rechtshandig, normaal of gecorrigeerd naar normaal zicht. Exclusie criteria: rokers, neurologische of cognitieve aandoeningen, depressie of medicatie die het zenuwstelsel beïnvloeden.	CG (20)	47	NR	Rust	Cognitieve flexibiliteit: task-switching test
				EG1 (20)	30	>75% ventilary threshold	Aeroob	
				EG2 (20)	30	<45% ventilatory threshold	Aeroob	
Tsai et al. (2014)	22,35±1, 86	CT	Inclusie criteria: rechtshandig, normaal of gecorrigeerd naar normaal zicht, niet-roker. Exclusie criteria: neurologische aandoeningen, cardiovasculaire ziektes, depressie, cognitieve beperkingen of medicatie dat invloed kan hebben op het functioneren van het zenuwstelsel, zeer intensieve inspanning of alcohol inname in de afgelopen 24 uur of cafeïne inname in de afgelopen 3 uur	CG (20)	47	NR	Rust	Inhibitie: visuospatieel aandacht paradox
				EG1 (20)	30	>75% ventilary threshold	Aeroob	
				EG2 (20)	30	<45% ventilatory threshold	Aeroob	
Tsorbatzoudis et al. (1998)	20,0±3,2	CT	NR	CG (11)	10 vs 35	NR	Rust	Attention: Vienna Test systeem
				EG1 (12)	5	HRmean1 78 bpm	Aeroob	
				EG2 (24)	35	HRmean 167 bpm	Aeroob	
Tsukamoto et al. (2017)	22,9±1,4	cross over	Inclusie criteria: rechtshandig. Exclusie criteria: neurologische, cardiovasculaire of long ziektes, kleurenblindheid of afwijkend zicht	CG (12)	17	HRmean 66 bpm	Rust	Inhibitie: Stroop
				EG1 (12)	17	HRmean 105 bpm	Kracht	
				EG2 (12)	17	HRmean 142 bpm	Kracht	
van den Berg et al. (2018)	12,3±0,6	cross over	Exclusie criteria: medische condities die invloed kunnen hebben of de concentratie of het geheugen	CG (99)	20	NR	Rust	Werkgeheugen: N-back test; Aandacht: ANT
				EG (99)	20	HRmean 135 bpm	Aeroob	
Vonk et al. (2019)	23±2	Cross over	Inclusie criteria: PARQ. Exclusie criteria: musculoskeletale aandoeningen, een hersenschudding in het afgelopen jaar, epilepsie of medicatie dat invloed heeft op de hartfrequentie of de bloeddruk.	CG: 22	30	HRmean 92 bpm	Rust	Inhibitie: Stroop
				EG: 22	30	HRmean 120 bpm	Kracht	
Wang et al. (2014)	22,67±2, 55	RCT	Inclusie criteria: rechtshandig, normaal of	CG (13)	30	HRmean 83 bpm	Rust	Cognitieve flexibiliteit: Wisconsin card sorting test

			gecorrigeerd naar normaal zicht, kleuren zien, voldoen aan de PAR-Q criteria	EG (14)	30	HRmean 151 bpm	Aeroob	
Whyte et al. (2015)	21,25±1, 29	RCT	Exclusie criteria: kleurenblindheid, blessure, hersenschudding, nemen van medicatie dat invloed kan hebben op neurocognitieve vaardigheden, alcohol of cafeïne gebruik in de afgelopen 24 uur	CG (20)	10	NR	NR	Inhibitie: Stroop; Werkgeheugen: Symbol Digit Modality test
				EG (20)	10	HRmax 188 bpm	Aeroob	
Zhou et al. (2019)	20,07 ± 1,27	RCT	Inclusie criteria: tussen 18 en 26 jaar, rechtshandig, normaal of gecorrigeerd naar normaal zicht en normale kleurwaarneming. BMI < 25, geen psychische, neurologische, cardiovasculaire of fysieke aandoeningen. Exclusie criteria: > 3x matig tot intensief sporten per week	CG: 36	25	Rust	Rust	Inhibitie: Stroop (ms incongruente trials)
				EG: 36	25	HRmean 133 bpm	Aeroob	
Zimmer et al. (2016)	23,82±3, 64	RCT	Exclusie criteria: BMI<18 of >30, cardio-, long-, neurologische, metabolische of psychische aandoeningen. Inname van medicatie of illegale drugs, acute infecties, zwangerschap, intensieve inspanningen in de afgelopen 2 weken	CG (31)	35	NR	Lichte activiteit	Inhibitie: Stroop
				EG1 (30)	35	45-50% HRmax	Aeroob	
				EG2 (30)	35	65-70% HRmax	Aeroob	
				EG3 (30)	35	85-90% HRmax	Aeroob	

Note. n: aantal deelnemers; HRmean: gemiddelde hartslag de interventie/rust; bpm: hartslagen per minuut; PAR-Q: physical activity readiness questionnaire; NR: niet gerapporteerd; RCT: Randomized controlled trial (Gerandomiseerd onderzoek met controle groep); CT controlled trial (Onderzoek met controle groep); EG: experimentele groep; CG: controle groep; BMI: Body Mass Index

Tabel met studies naar effecten van landurige fysieke activiteit

Auteur	Leeftijd, jaren (M±SD)	Studie design	In- en exclusie criteria	Groep (n)	Duur (weken)	Dosis (min/week)	Intensiteit	Soort controle en interventie	Uitkomstmaten en meetinstrumenten (afhankelijk van de variabele)
Ardoy et al. (2014)	13±0.81	RCT	Exclusie criteria: persoonlijke geschiedenis van cardiovasculaire ziekte, cognitieve disfunctie of niet actief kunnen deelnemen aan gymlessen	CG (17)	17	110	HRmean 116 bpm	Lichte activiteit	GPA, wiskunde, taal: school cijfers
				EG1 (20)	17	220	HRmean 129 bpm	Aeroob	
				EG2 (17)	17	220	HRmean 147 bpm	Aeroob	
Butzer et al. (2015)	NR	RCT	Inclusie criteria: 3e of 4e klas van openbare middelbare school	CG (51)	12	85	NR	Lichte activiteit	GPA: school cijfers
				EG (44)	12	85	NR	Yoga	
Costigan et al. (2016)	15,8 ± 0,6	RCT	NR	CG (22)	8	NR	NR	Lichte activiteit	Werkgeheugen: Trail Making Test (tijd om B-trial te voltooien)
				EG1 (21)	8	30	HRmean 148 bpm	Aeroob	
				EG2 (22)	8	30	HRmean 155 bpm	Weerstand en Aeroob	
Duarte et al. (2020)	12-14	RCT	Inclusie criteria: vaardig om instructies op te volgen. Exclusie criteria: hyperactiviteitsaandoeningen, zoals ADHD of studenten die al ervaring hebben met Qigong.	CG: 22	4	10	NR	Rust	Aandacht: D2 test
				EG: 22	4	10	NR	Yoga	
Hagins et al. (2016)	15,3±1,0	RCT	Inclusie criteria: Alle studenten die zijn toegelaten tot de lichamelijke opvoeding lessen	CG (64)	40	90	NR	Lichte activiteit	GPA: School cijfer
				EG (48)	40	90	NR	Yoga	
Heisz et al. (2017)	20,71±2,73	RCT	Exclusie criteria: meer dan 1 uur intensieve training per week	CG (32)	6	60	NR	Lichte activiteit	Geheugen: Mnemonic Similarity Task (accuratesse)
				EG (34)	6	60	NR	Aeroob	
Jeon et al. (2017)	15,18±0,61	RCT	Exclusie criteria: geschiedenis van fysieke ziekte of deelname aan iedere sportactiviteit buiten lichamelijke opvoeding	CG (10)	12	120	light	Lichte activiteit	Werkgeheugen: Cijferreeks (totale score vooruit en achteruit)
				EG1 (10)	12	172	HRmean 121 bpm	Aeroob	
				EG2 (10)	12	132	HRmean 142 bpm	Aeroob	
				EG3 (10)	12	104	HRmean 162 bpm	Aeroob	
Johann et al. (2016)	23,5±3,2	RCT	Exclusie criteria: kleurenblindheid, achromatopsie, blessures die fysieke activiteit verhinderen, chronische fysieke of psychiatrische ziektes, psychotrope medicatie of bloeddrukmedicatie, beoordeeld aan de hand van een biografische vragenlijst	CG (24)	6	NR	NR	Lichte activiteit	Inhibitie: Flanker taak (verschil in congruente en incongruente score); Cognitieve flexibility: Task switching (reactietijd en accuratesse); Fluid Intelligence: Raven advanced progressive matrices (aantal correcte antwoorden); Working memory: Counting span (aantal goede antwoorden)
				EG1 (32)	6	90	NR	Cognitieve uitdaging	
				EG2 (35)	6	90	50-70 max polsslag	Aeroob	
Kauts et al. (2009)	Leeftijdsrange 14-15 jaar	RCT	NR	CG (137)	7	NR	NR	Lichte activiteit	Wiskunde, Sociale studies en wetenschap

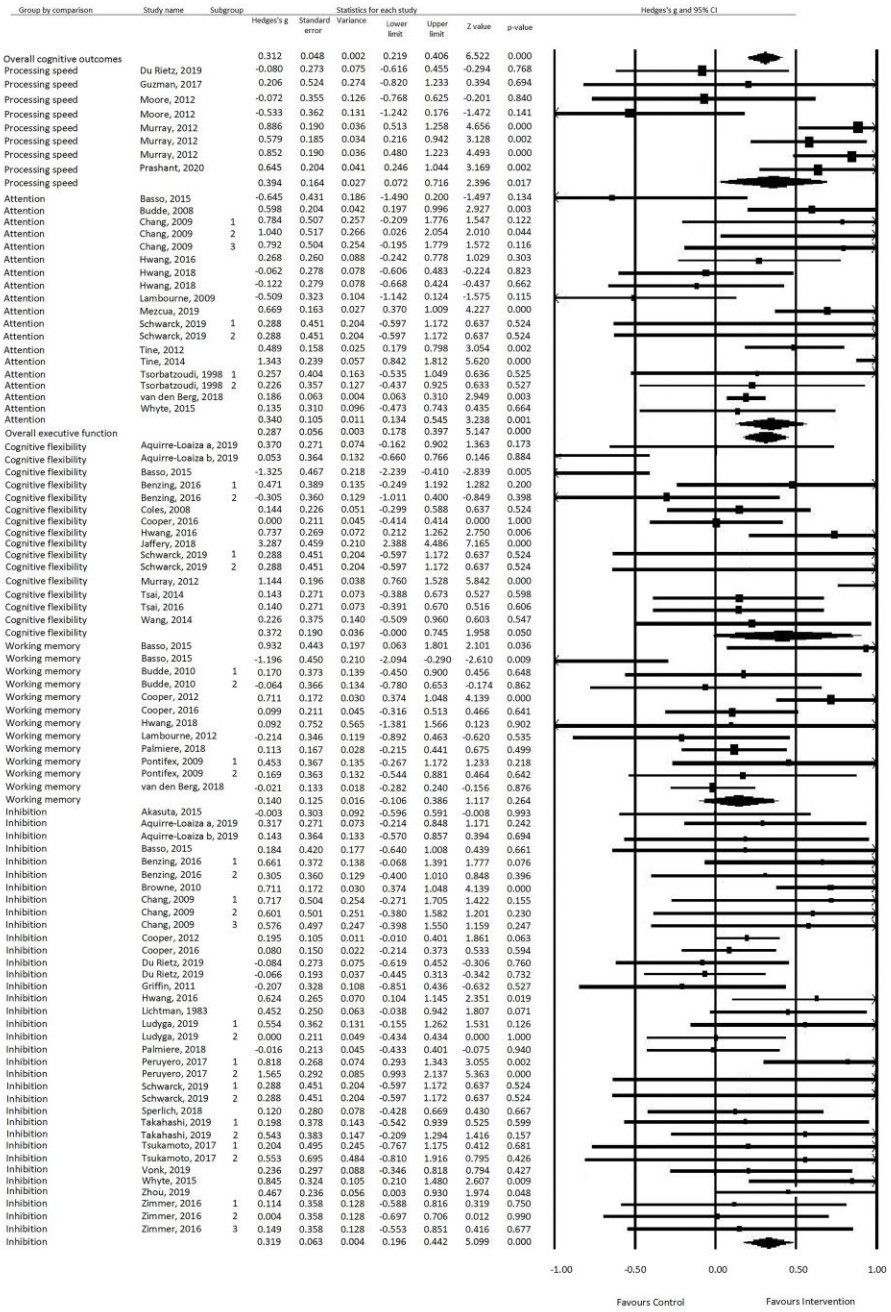
				EG (164)	7	300	NR	Yoga	Gestandaardiseerde testen
Lenneman et al. (2013)	Leeftijdsrange 18-34 jaar	RCT	Inclusie criteria: afgestudeerde studenten van een militaire basisopleiding en die hebben deelgenomen aan de Aerospace Medical technische opleiding van de US Air Force School	CG (18)	6	NR	NR	Lichte activiteit	Werkgeheugen: N-back test (reactietijd en accuratesse); Attention: visual vigilance test (percentage correcte antwoorden), dichotic listening test (percentage correcte antwoorden)
				EG (23)	6	NR	NR	Aeroob	
Ludgya et al. (2018)	12,45±0,7	RCT	Inclusie criteria: rechtshandig, normaal of gecorrigeerd naar normaal zicht. Exclusie criteria: deelname aan speciale onderwijsdiensten gerelateerd aan cognitieve stoornissen of aandacht stoornissen, het ontvangen van farmacotherapie voor psychische stoornissen, kleurenblindheid of medische aandoening die het gezondheidsrisico verhogen tijdens het sporten	CG (16)	8	100	NR	Sedentair	Werkgeheugen: Sternberg (reactietijd en accuratesse)
				EG (17)	8	100	HRmean 135 bpm	Aeroob en cognitief uitdagend	
Ludyga et al. (2019)	12,5 ± 0,83	RCT	Inclusie criteria: normaal of gecorrigeerd naar normaal zicht. Exclusie criteria: kleurenblindheid, aandacht stoornissen, blessures of ziektes die zorgen voor een verhoogd risico op gezondheidsproblemen tijdens activiteit. Onder behandeling zijn voor een psychische aandoening	CG: 16	8	100	NR	Rust	Inhibitie: Stroop
				EG: 19	8	100	HRmean 135 bpm	Combinatie van aeroob en cognitief uitdagende oefeningen	
Ludgya et al. (2018)	12,45±0,7	RCT	Zie in- en exclusie criteria Ludgya et al. (2018)	CG (16)	8	100	NR	Sedentair	Inhibitie: Stroop (reactietijd en accuratesse)
				EG (17)	8	100	HRmean 135 bpm	Aeroob en cognitief uitdagend	
Matthews et al. (2016)	22,1±2,8	RCT	Exclusie criteria: blessures die de interventie zou kunnen verstoren. Inclusie criteria: minimaal 3 per week deelname aan fysieke activiteit	CG (11)	4	NR	NR	Lichte activiteit	Cognitieve flexibiliteit: Wisconsin Card Sorting Test (perspectieffouten)
				EG (11)	4	180	NR	Coördinatie	
Purohit et al. (2016)	12,8±1,4	RCT	Inclusie criteria: wezen tussen 11-16 jaar en ogenschijnlijk gezond zonder enkele chronische ziekte, fysieke of mentale handicap	CG (32)	12	NR	NR	Lichte activiteit	Inhibitie: Stroop (aantal correcte antwoorden in 45s); Werkgeheugen: Digit Span task (totale score vooruit en achteruit), Digit symbol substitution test (aantal correcte antwoorden); Aandacht: Trail making test (tijd om A-trial te voltooien); Cognitieve Flexibiliteit: Trail making test (tijd om B-trial te voltooien)
				EG (40)	12	360	NR	Yoga	

Pinto-Escalona et al. (2019)	13,6 ± 0,7	RCT	Inclusie criteria: 2e klas van de middelbare school	CG: 60	1	50	NR	CG: Rust	Aandacht: Strengths and difficulties questionnaire (item 15, 21, 25); Schoolprestaties: taal (gestandardiseerde test)
				EG: 56	1	50	NR	EG: Aeroob	
Sharma et al. (2015)	13.94±1.42	RCT	Exclusie criteria: geschiedenis of huidige neurologische aandoeningen, alcoholmisbruik, epilepsie, mentale retardatie of elke inname van drugs	CG (175)	24	720	NR	Lichte activiteit	Verwerkingssnelheid: Visual reaction time (reactietijd), auditory reaction time (reactietijd)
				EG (172)	24	720	NR	Aeroob	
Sjöwall et al. (2019)	13-15 jaar	CT	Inclusie criteria: alle scholieren in de 7e, 8e of 9e klas van zowel de actieve als de controle school	CG: 59	36	100	NR	Lichte activiteit	Werkgeheugen: Digit span (achteruit); Inhibitie: Stroop (interference trial; seconden); Cognitieve flexibiliteit: Stroop (shifting trials; seconden)
				EG: 108	36	100	NR		
Spitzera et al. (2013)	12,8	CT	NR	CG (24)	16	NR	NR	Lichte activiteit	Aandacht: D2-test (aantal correcte antwoorden); Wiskunde en taal: School cijfers
				EG (20)	16	90	NR	Aeroob	
Spitzerb et al. (2013)	12,4	CT	NR	CG (33)	12	NR	NR	Lichte activiteit	Aandacht: D2-test (aantal correcte antwoorden); Wiskunde en taal: School cijfers
				EG (55)	12	90	NR	Aeroob	
Stroth et al. (2009)	19,65±3,3	RCT	Exclusie criteria: geschiedenis van neurologische of psychiatrische medische ziektes, inname van medicatie die het zenuwstelsel aantast	CG (14)	6	NR	NR	Lichte activiteit	Aandacht: D2-test (aantal correcte antwoorden)
				EG (14)	6	90	NR	Aeroob	
Stroth et al. (2010)	22,7±5,7	CT	Exclusie criteria: geschiedenis van hoofdtrauma, drugs- of alcoholmisbruik, geschiedenis van neurologische of psychiatrische medische aandoeningen, inname van medicatie die het zenuwstelsel aantast	CG (28)	16	NR	NR	Lichte activiteit	Cognitieve flexibiliteit: dots mixed test (reactietijd); Werkgeheugen: N-back test (reactietijd); Inhibitie: Stroop (reactietijd)
				EG (47)	16	NR	NR	Aeroob	
Subramanian et al. (2015)	Leeftijdsrange 12-17 jaar	RCT	Exclusie criteria: geschiedenis of huidige neurologische aandoeningen, alcoholmisbruik, epilepsie, mentale retardatie of elke drugsinname	CG (175)	28	720	NR	Lichte activiteit	Aandacht: Letter cancelation test (tijd om de taak te voltooien); Cognitieve flexibiliteit: Trail making test (tijd om B-trial te voltooien)
				EG (172)	28	720	NR	Aeroob	
Tarp et al. (2016)	12,88±0,58	RCT	Inclusie criteria: volgens curriculum passend bij de leeftijd	CG (438)	20	NR	NR	Lichte activiteit	Wiskunde: school cijfers; Inhibitie: Flanker task
				EG (194)	20	300	NR	Aeroob	
Torbeyns et al. (2017)	14,3±0,6	RCT	NR	CG (23)	21	NR	NR	Lichte activiteit	Wiskunde en taal: school cijfers
				EG (21)	21	200	NR	Aeroob	

Venckunas et al. (2016)	17,28±1,53	CT	Inclusie criteria: bijwonen zeilsportschool, met 3-4 jaar trainingsgeschiedenis	CG (10)	7	NR	NR	Lichte activiteit	Cognitieve flexibiliteit: Schulte-Corbov test (duur van de taak en % fouten); Werkgeheugen: free recall test (accuratesse); Kortetermijngeheugen: forward digit span (gemiddelde aantal cijfers)
				EG (8)	7	210	NR	Aeroob	
Woost et al. (2018)	25,2 ± 3,55	CT	Inclusie criteria: normaal gewicht, rechtshandig, normaal of gecorrigeerd naar normaal zicht. Geen psychiatrische, metabolische, neurologische, respiratoire of cardiovasculaire geschiedenis. Exclusie criteria: regulier gebruik van medicatie of drugs, zwangerschap of het geven van borstvoeding en > 2,5 uur sporten of > 1 uur videogamen.	CG: 26	2	80	NR	Rust	Verwerkingssnelheid: Digit Symbol test (aantal juiste antwoorden)
				EG: 26	2	80	HR max: 170 bpm	Aeroob	
Zheng et al. (2015)	20.6±1.1	RCT	Exclusie criteria: langdurig bezig met tai chi afgeleide bewegingen, lid van studenten wushu-, taekwondo-, aeroob- of dansvereniging, of geleden aan ernstige hart- en vaatziekten of musculoskeletale aandoeningen	CG (103)	12	NR	NR	Lichte activiteit	Aandacht: Schulte Grid test
				EG (95)	12	300	NR	Aeroob	

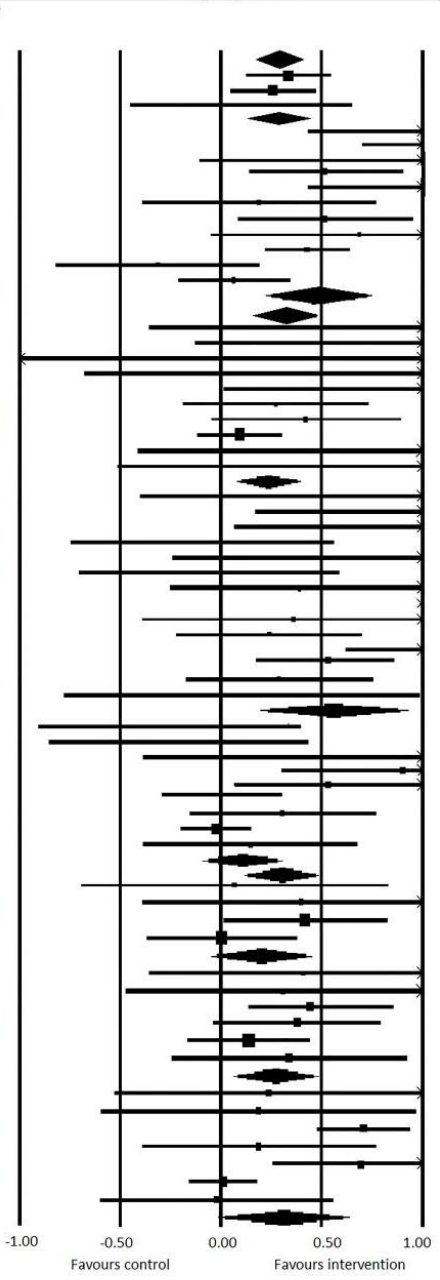
Note. n: aantal deelnemers; HRmean: gemiddelde hartslag tijdens de interventie; bpm: hartslagen per minuut; NR: niet gerapporteerd RCT: Randomized controlled trial (Gerandomiseerd onderzoek met controle groep); CT controlled trial (Onderzoek met controle groep); EG: Experimentele groep; CG: Controle groep; GPA: Gemiddelde cijfer

Bijlage 3. Forest Plot



Group by comparison	Study name	Subgroup	Hedges's g	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z value	p-value
Overall cognitive outcomes			0.312	0.048	0.002	0.219	0.406	6.522	0.000
Processing speed	Du Rietz, 2019		-0.080	0.273	0.075	-0.616	0.455	-0.294	0.768
Processing speed	Guzman, 2017		0.206	0.524	0.274	-0.820	1.233	0.394	0.694
Processing speed	Moore, 2012		-0.072	0.355	0.126	-0.768	0.625	-0.201	0.840
Processing speed	Moore, 2012		-0.533	0.362	0.131	-1.242	0.176	-1.472	0.141
Processing speed	Murray, 2012		0.886	0.190	0.036	0.513	1.258	4.656	0.000
Processing speed	Murray, 2012		0.579	0.185	0.034	0.216	0.942	3.128	0.002
Processing speed	Murray, 2012		0.852	0.190	0.036	0.480	1.223	4.493	0.000
Processing speed	Prashant, 2020		0.645	0.204	0.041	0.246	1.044	3.169	0.002
Processing speed			0.394	0.164	0.027	0.072	0.716	2.396	0.017
Attention	Basso, 2015		-0.645	0.431	0.186	-1.490	0.200	-1.497	0.134
Attention	Budde, 2008		0.598	0.204	0.042	0.197	0.996	2.927	0.003
Attention	Chang, 2009	1	0.784	0.507	0.257	-0.209	1.776	1.547	0.122
Attention	Chang, 2009	2	1.040	0.517	0.266	0.026	2.054	2.010	0.044
Attention	Chang, 2009	3	0.792	0.504	0.254	-0.195	1.779	1.572	0.116
Attention	Hwang, 2016		0.268	0.260	0.088	-0.242	0.778	1.029	0.303
Attention	Hwang, 2018		-0.062	0.278	0.078	-0.606	0.483	-0.224	0.823
Attention	Hwang, 2018		-0.122	0.279	0.078	-0.668	0.424	-0.437	0.662
Attention	Lambourne, 2009		-0.509	0.323	0.104	-1.142	0.124	-1.575	0.115
Attention	Mezcua, 2019		0.669	0.163	0.027	0.370	1.009	4.227	0.000
Attention	Schwarck, 2019	1	0.288	0.451	0.204	-0.597	1.172	0.637	0.524
Attention	Schwarck, 2019	2	0.288	0.451	0.204	-0.597	1.172	0.637	0.524
Attention	Tine, 2012		0.489	0.158	0.025	0.179	0.798	3.054	0.002
Attention	Tine, 2014		1.343	0.239	0.057	0.842	1.812	5.620	0.000
Attention	Tsorbatzoudi, 1998	1	0.257	0.404	0.163	-0.535	1.049	0.636	0.525
Attention	Tsorbatzoudi, 1998	2	0.226	0.357	0.127	-0.437	0.925	0.633	0.527
Attention	van den Berg, 2018		0.186	0.063	0.004	0.063	0.310	2.949	0.003
Attention	Whyte, 2015		0.135	0.310	0.096	-0.473	0.743	0.435	0.664
Attention			0.340	0.105	0.011	0.134	0.545	3.238	0.001
Overall executive function			0.287	0.056	0.003	0.178	0.397	5.147	0.000
Cognitive flexibility	Aquirre-Loaiza a, 2019		0.370	0.271	0.074	-0.162	0.902	1.363	0.173
Cognitive flexibility	Aquirre-Loaiza b, 2019		0.053	0.364	0.132	-0.660	0.766	0.146	0.884
Cognitive flexibility	Basso, 2015		-1.325	0.467	0.218	-2.239	-0.410	-2.839	0.005
Cognitive flexibility	Benzing, 2016	1	0.471	0.389	0.135	-0.249	1.192	1.282	0.200
Cognitive flexibility	Benzing, 2016	2	-0.305	0.360	0.129	-1.011	0.400	-0.849	0.398
Cognitive flexibility	Coles, 2008		0.144	0.226	0.051	-0.299	0.588	0.637	0.524
Cognitive flexibility	Cooper, 2016		0.000	0.211	0.045	-0.414	0.414	0.000	1.000
Cognitive flexibility	Hwang, 2016		0.737	0.269	0.072	0.212	1.262	2.750	0.006
Cognitive flexibility	Jaffery, 2018		3.287	0.459	0.210	2.388	4.486	7.165	0.000
Cognitive flexibility	Schwarck, 2019	1	0.288	0.451	0.204	-0.597	1.172	0.637	0.524
Cognitive flexibility	Schwarck, 2019	2	0.288	0.451	0.204	-0.597	1.172	0.637	0.524
Cognitive flexibility	Murray, 2012		1.144	0.196	0.038	0.760	1.528	5.842	0.000
Cognitive flexibility	Tsai, 2014		0.143	0.271	0.073	-0.388	0.673	0.527	0.598
Cognitive flexibility	Tsai, 2016		0.140	0.271	0.073	-0.391	0.670	0.516	0.606
Cognitive flexibility	Wang, 2014		0.226	0.375	0.140	-0.509	0.960	0.603	0.547
Cognitive flexibility			0.372	0.190	0.036	-0.000	0.745	1.958	0.050
Working memory	Basso, 2015		0.932	0.443	0.197	0.063	1.801	2.101	0.036
Working memory	Basso, 2015		-1.196	0.450	0.210	-2.094	-0.290	-2.610	0.009
Working memory	Budde, 2010	1	0.170	0.373	0.139	-0.450	0.900	0.456	0.648
Working memory	Budde, 2010	2	-0.064	0.366	0.134	-0.780	0.653	-0.174	0.862
Working memory	Cooper, 2012		0.711	0.172	0.030	0.374	1.048	4.139	0.000
Working memory	Cooper, 2016		0.099	0.211	0.045	-0.316	0.513	0.466	0.641
Working memory	Hwang, 2018		0.092	0.752	0.565	-1.381	1.566	0.123	0.902
Working memory	Lambourne, 2012		-0.214	0.346	0.119	-0.892	0.463	-0.620	0.535
Working memory	Palmiere, 2018		0.113	0.167	0.028	-0.215	0.441	0.675	0.499
Working memory	Pontifex, 2009	1	0.453	0.367	0.135	-0.267	1.172	1.233	0.218
Working memory	Pontifex, 2009	2	0.169	0.363	0.132	-0.544	0.881	0.464	0.642
Working memory	van den Berg, 2018		-0.021	0.133	0.018	-0.282	0.240	-0.156	0.876
Working memory			0.140	0.125	0.016	-0.106	0.386	1.117	0.264
Inhibition	Akasuta, 2015		-0.003	0.303	0.092	-0.596	0.591	-0.008	0.993
Inhibition	Aquirre-Loaiza a, 2019		0.317	0.271	0.073	-0.214	0.848	1.171	0.242
Inhibition	Aquirre-Loaiza b, 2019		0.143	0.364	0.133	-0.570	0.857	0.394	0.694
Inhibition	Basso, 2015		0.184	0.420	0.177	-0.640	1.008	0.439	0.661
Inhibition	Benzing, 2016	1	0.661	0.372	0.138	-0.068	1.391	1.777	0.076
Inhibition	Benzing, 2016	2	0.305	0.360	0.129	-0.400	1.010	0.848	0.396
Inhibition	Browne, 2010		0.711	0.172	0.030	0.374	1.048	4.139	0.000
Inhibition	Chang, 2009	1	0.717	0.504	0.254	-0.271	1.705	1.422	0.155
Inhibition	Chang, 2009	2	0.601	0.501	0.251	-0.380	1.582	1.201	0.230
Inhibition	Chang, 2009	3	0.576	0.497	0.247	-0.398	1.550	1.159	0.247
Inhibition	Cooper, 2012		0.195	0.105	0.011	-0.010	0.401	1.861	0.063
Inhibition	Cooper, 2016		0.080	0.150	0.022	-0.214	0.373	0.533	0.594
Inhibition	Du Rietz, 2019		-0.084	0.273	0.075	-0.619	0.452	-0.306	0.760
Inhibition	Du Rietz, 2019		-0.066	0.193	0.037	-0.445	0.313	-0.342	0.732
Inhibition	Griffin, 2011		-0.207	0.328	0.108	-0.851	0.436	-0.632	0.527
Inhibition	Hwang, 2016		0.624	0.265	0.070	0.104	1.145	2.351	0.019
Inhibition	Lichtman, 1983		0.452	0.250	0.063	-0.038	0.942	1.807	0.071
Inhibition	Ludyga, 2019	1	0.554	0.362	0.131	-0.155	1.262	1.531	0.126
Inhibition	Ludyga, 2019	2	0.000	0.211	0.049	-0.434	0.434	0.000	1.000
Inhibition	Palmiere, 2018		-0.016	0.213	0.045	-0.433	0.401	-0.075	0.940
Inhibition	Peruyero, 2017	1	0.818	0.268	0.074	0.293	1.343	3.055	0.002
Inhibition	Peruyero, 2017	2	1.565	0.292	0.085	0.993	2.137	5.363	0.000
Inhibition	Schwarck, 2019	1	0.288	0.451	0.204	-0.597	1.172	0.637	0.524
Inhibition	Schwarck, 2019	2	0.288	0.451	0.204	-0.597	1.172	0.637	0.524
Inhibition	Sperlich, 2018		0.120	0.280	0.078	-0.428	0.669	0.430	0.667
Inhibition	Takahashi, 2019	1	0.198	0.378	0.143	-0.542	0.939	0.525	0.599
Inhibition	Takahashi, 2019	2	0.543	0.383	0.147	-0.209	1.294	1.416	0.157
Inhibition	Tsukamoto, 2017	1	0.204	0.495	0.245	-0.767	1.175	0.412	0.681
Inhibition	Tsukamoto, 2017	2	0.553	0.695	0.484	-0.810	1.916	0.795	0.426
Inhibition	Vonk, 2019		0.236	0.297	0.088	-0.346	0.818	0.794	0.427
Inhibition	Whyte, 2015		0.845	0.324	0.105	0.210	1.480	2.607	0.009
Inhibition	Zhou, 2019		0.467	0.236	0.056	0.003	0.930	1.974	0.048
Inhibition	Zimmer, 2016	1	0.114	0.358	0.128	-0.588	0.816	0.319	0.750
Inhibition	Zimmer, 2016	2	0.004	0.358	0.128	-0.697	0.706	0.012	0.990
Inhibition	Zimmer, 2016	3	0.149	0.358	0.128	-0.553	0.851	0.416	0.677
Inhibition			0.319	0.063	0.004	0.196	0.442	5.099	0.000

Group by comparison	Study name	Subgroup	Hedges's g	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z value	p-value
Overall Cognitive outcome			0.261	0.039	0.002	0.184	0.338	6.628	0.000
Processing speed	Sharma et al., 2015		0.336	0.108	0.012	0.124	0.547	3.113	0.002
Processing speed	Sharma et al., 2015		0.258	0.108	0.012	0.047	0.469	2.401	0.016
Processing speed	Woost et al, 2018		0.079	0.273	0.075	-0.457	0.614	0.288	0.773
Processing speed			0.281	0.073	0.005	0.137	0.425	3.832	0.000
Attention	Duarte, 2020		1.048	0.316	0.100	0.427	1.668	3.310	0.001
Attention	Lenneman, 2013		1.376	0.344	0.118	0.702	2.050	4.000	0.000
Attention	Lenneman, 2013		0.509	0.314	0.098	-0.106	1.124	1.623	0.105
Attention	Pinto-Escalona, 2019		0.560	0.188	0.035	0.191	0.929	2.974	0.003
Attention	Purohit, 2017		0.914	0.247	0.061	0.430	1.397	3.705	0.000
Attention	Spitzer[a], 2013		0.188	0.298	0.089	-0.396	0.772	0.632	0.528
Attention	Spitzer[b], 2013		0.517	0.222	0.049	0.083	0.952	2.334	0.020
Attention	Stroth, 2009		0.686	0.378	0.143	-0.055	1.428	1.815	0.070
Attention	Subramanian, 2015		0.430	0.108	0.012	0.217	0.642	3.963	0.000
Attention	Torbyens, 2017		-0.312	0.259	0.067	-0.820	0.196	-1.204	0.229
Attention	Zheng, 2014		0.064	0.142	0.020	-0.214	0.342	0.452	0.652
Attention			0.499	0.122	0.015	0.260	0.738	4.088	0.000
Overall executive function			0.332	0.074	0.005	0.188	0.477	4.503	0.000
Cognitive flexibility	Costigan, 2016	1	0.389	0.383	0.147	-0.362	1.140	1.014	0.310
Cognitive flexibility	Costigan, 2016	2	0.628	0.385	0.149	-0.128	1.383	1.629	0.103
Cognitive flexibility	Johann, 2016	1	0.092	0.752	0.565	-1.381	1.566	0.123	0.902
Cognitive flexibility	Johann, 2016	2	0.180	0.438	0.192	-0.679	1.038	0.410	0.682
Cognitive flexibility	Matthews, 2016		0.856	0.430	0.185	0.013	1.698	1.990	0.047
Cognitive flexibility	Purohit, 2017		0.274	0.236	0.056	-0.188	0.736	1.162	0.245
Cognitive flexibility	Stroth, 2010		0.422	0.239	0.057	-0.046	0.890	1.767	0.077
Cognitive flexibility	Subramanian, 2015		0.093	0.107	0.011	-0.117	0.303	0.869	0.385
Cognitive flexibility	Venckunas, 2016		0.482	0.489	0.211	-0.418	1.381	1.050	0.294
Cognitive flexibility	Venckunas, 2016		0.381	0.456	0.208	-0.513	1.276	0.836	0.403
Cognitive flexibility			0.235	0.080	0.006	0.079	0.391	2.956	0.003
Working memory	Jeon, 2017	1	0.839	0.634	0.402	-0.404	2.081	1.323	0.186
Working memory	Jeon, 2017	2	1.498	0.679	0.461	0.167	2.829	2.206	0.027
Working memory	Jeon, 2017	3	1.372	0.669	0.447	0.061	2.683	2.051	0.040
Working memory	Johann, 2016	1	-0.091	0.333	0.111	-0.743	0.561	-0.274	0.784
Working memory	Johann, 2016	1	0.417	0.335	0.112	-0.240	1.075	1.244	0.214
Working memory	Johann, 2016	2	-0.061	0.329	0.108	-0.706	0.584	-0.185	0.853
Working memory	Johann, 2016	2	0.391	0.331	0.110	-0.259	1.040	1.179	0.238
Working memory	Lennemann, 2013		2.461	0.411	0.169	1.655	3.267	5.985	0.000
Working memory	Ludyga, 2018		0.360	0.384	0.148	-0.393	1.113	0.937	0.349
Working memory	Purohit, 2017		0.139	0.235	0.055	-0.223	0.700	1.014	0.310
Working memory	Purohit, 2017		1.109	0.252	0.064	0.615	1.604	4.399	0.000
Working memory	Sjöwall, 2019		0.505	0.164	0.027	0.184	0.825	3.086	0.002
Working memory	Stroth, 2010		0.290	0.237	0.056	-0.175	0.756	1.222	0.222
Working memory	Venckunas, 2016		0.101	0.452	0.204	-0.785	0.987	0.223	0.824
Working memory			0.587	0.160	0.025	0.274	0.900	3.677	0.000
Inhibition	Johann, 2016		-0.257	0.334	0.111	-0.911	0.397	-0.771	0.441
Inhibition	Johann, 2016		-0.211	0.330	0.109	-0.858	0.435	0.642	0.521
Inhibition	Ludyga, 2018		0.316	0.359	0.129	-0.387	1.019	0.881	0.378
Inhibition	Ludyga, 2019		0.974	0.351	0.123	0.285	1.662	2.771	0.006
Inhibition	Purohit, 2017		0.533	0.239	0.057	0.065	1.001	2.232	0.026
Inhibition	Sjöwall, 2019		0.000	0.161	0.026	-0.316	0.316	0.000	1.000
Inhibition	Stroth, 2010		0.306	0.238	0.056	-0.160	0.772	1.288	0.198
Inhibition	Tarp, 2016		-0.026	0.090	0.008	-0.201	0.149	-0.291	0.771
Inhibition	Torbeyns, 2017		0.146	0.272	0.074	-0.387	0.678	0.537	0.591
Inhibition			0.155	0.105	0.011	-0.050	0.361	1.480	0.139
Academic performance			0.338	0.077	0.006	0.187	0.489	4.387	0.000
Grade point average	Ardoy, 2014		0.067	0.390	0.152	-0.697	0.832	0.173	0.863
Grade point average	Ardoy, 2014		0.399	0.403	0.162	-0.391	1.189	0.990	0.322
Grade point average	Butzer, 2015		0.420	0.206	0.043	0.016	0.825	2.037	0.042
Grade point average	Hagins, 2016		0.003	0.190	0.036	-0.369	1.189	0.990	0.322
Grade point average			0.201	0.125	0.016	-0.044	0.446	1.605	0.108
Language	Ardoy, 2014		0.412	0.394	0.155	-0.360	1.184	1.046	0.295
Language	Ardoy, 2014		0.310	0.402	0.131	-0.476	1.097	0.773	0.439
Language	Pinto-Escalona, 2019		0.477	0.187	0.035	0.110	0.844	2.549	0.011
Language	Spitzer[a], 2013		0.378	0.213	0.045	-0.039	0.795	1.778	0.075
Language	Spitzer[b], 2013		0.138	0.155	0.024	-0.165	0.441	0.890	0.373
Language	Torbeyns, 2017		0.339	0.299	0.089	-0.247	0.924	1.134	0.257
Language			0.310	0.093	0.009	0.129	0.492	3.348	0.001
Mathematics	Ardoy, 2014		0.236	0.391	0.153	-0.532	1.003	0.602	0.547
Mathematics	Ardoy, 2014		0.188	0.400	0.160	-0.596	0.972	0.469	0.639
Mathematics	Kauts, 2009		0.710	0.119	0.014	0.477	0.943	5.964	0.000
Mathematics	Spitzer[a], 2013		0.188	0.298	0.089	-0.396	0.772	0.632	0.528
Mathematics	Spitzer[b], 2013		0.696	0.224	0.050	0.256	1.136	3.100	0.002
Mathematics	Tarp, 2016		0.011	0.087	0.008	-0.160	0.181	0.121	0.904
Mathematics	Torbeyns, 2017		-0.021	0.296	0.088	-0.602	0.559	-0.073	0.942
Mathematics			0.310	0.165	0.027	-0.014	0.633	1.875	0.061



Bijlage 4, Uitkomsten factoranalyse cognitieve maten

Cognitieve uitkomstmaten	Component 1 Informatie-verwerking en controle	Component 2 Visuospatiële werkgeheugen	Component 3 Verbale werkgeheugen	Component 4 Aandacht nauwkeurig-heid	Component 5 Aandacht snelheid	Component 6 Interferentie-controle
Visuospatiële korte termijn geheugen			**0.882**			
Visuospatiële centraal executief werkgeheugen			**0.804**			
Verbale korte termijn geheugen				**0.810**		
Verbaal centraal executief werkgeheugen				**0.804**		
Informatieverwerking	**0.914**					
Aandacht alertheid (snelheid)					**0.777**	
Aandacht alertheid (nauwkeurigheid)		**0.897**				
Ruimtelijke aandacht (snelheid)					**-0.842**	
Ruimtelijke aandacht (nauwkeurigheid)		**-0.880**				
Interferentiecontrole (snelheid)						**0.927**
Interferentiecontrole (nauwkeurigheid)	**0.561**	0.317				-0.351
Lapses of attention	0.830	1.747	1.463	1.389	1.342	1.063
Eigenwaarde	1.918	0.146	0.122	0.116	0.112	0.090
Verklaarde variantie per component	0.160					

Noot. Alle waardes >0.30 zijn weergegeven. De vetgedrukte factorladingen geven aan tot welke neurocognitieve maat ze zijn ingedeeld.