

Het acute effect van fysieke inspanning op selectieve aandacht bij kinderen tijdens de Stroop test

JORIS TE MOLDER

Hogeschool Arnhem en Nijmegen

SAMENVATTING

Deze studie heeft als doel om te bepalen of cognitieve controle acuut beïnvloed kan worden door fysieke inspanning tijdens een taak die selectieve remming vraagt. 34 kinderen in de leeftijd van 10 tot 12 jaar maakten tweemaal een pen en papier versie van de Stroop kleur-woord test. Eenmaal fysiek inactief en eenmaal fysiek actief (fietsend) op een zorgvuldig gecontroleerde matig intensieve intensiteit tussen de 50 - 60% van de maximale hartfrequentie (HF max.). Er is bewust voor deze intensiteit gekozen omdat uit eerder onderzoek is gebleken dat bij deze inspanning een eventueel effect op inhibitie het grootst is. De Stroop test bestaat uit drie onderdelen (woord, kleur en kleur-woord kaart) met op iedere kaart 100 items. De deelnemers werden per onderdeel geïnstrueerd om hardop, binnen 45 seconden zoveel mogelijk items te benoemen. Hoe meer juiste items de deelnemer binnen de gestelde tijd weet te noemen, hoe beter de deelnemer in staat is prikkels te onderdrukken. De resultaten geven aan dat matig intensieve inspanning (50%-60% HF max.) een significant ($p=0,008$) positief effect heeft op de uitvoering van de Stroop test, bij het onderdeel (kleur-woord) waarbij selectieve remming werd gevraagd. Deze resultaten bewijzen dat een matig fysieke inspanning op 50%-60% van de HF max. een acuut positief effect heeft op een taak die selectieve remming vraagt.

ABSTRACT

This study was aimed to determine if acute cognitive control is affected by physical exertion during a task that requires selective inhibition. 34 children between the age of 10 and 12 years old, twice completed a pen and paper version of the Stroop color-word test. First they took the test while being physically inactive and second they completed the test while being physically active (cycling). The physical activity was executed at a carefully controlled moderate-intensity (between 50-60% of maximum heart rate). Previous research has shown that at this intensity the effects on inhibition are most intense. The Stroop test contains of three parts (word, color and color-word card). Each card consists of 100 items. Participants were instructed to name (aloud) as many items as possible within 45 seconds. The more items the respondents are able to name within the restricted amount of time, the better they are capable to suppress stimulus. The results show that moderate-intensity exercise (50% -60% HR max.) gives a significant ($p = 0.008$) positive effect on the performance of the Stroop test, with the component (color-word), wherein selective inhibition was requested. These results show that moderate physical activity between 50% - 60% of the maximum heart rate give an acute positive effect on a task that requires selective inhibition.

Zoekwoorden: fysieke inspanning, kinderen, inhibitie, Stroop, cognitief vermogen

INLEIDING

Fysieke inspanning heeft een positief effect op de totale cognitieve ontwikkeling (Colcombe & Kramer, 2003) bij kinderen en volwassenen.

Het grootste effect van fysieke inspanning op het cognitief functioneren van kinderen is te zien bij executieve functies (uitvoerende functies zoals planning, inhibitie en werkgeheugen). Met name het effect op inhibitie (remming van prikkels) is voor kinderen (in het onderwijs) belangrijk. Selectieve remming is een essentiële vaardigheid, want wanneer een kind niet in staat is om zich te kunnen richten op één bepaalde taak, kan dat leiden tot onaangepast gedrag, impulsiviteit en/of concentratiestoornissen (Tompsonski, Davis, Miller, & Naglieri, 2008).

Een verhoogde lichamelijke inspanning kan taakgericht gedrag bevorderen. Fysieke inspanning zorgt ervoor dat iemand beter in staat is om zich te richten op één bepaalde taak doordat men irrelevante prikkels kan onderdrukken (Donnelly & Lambourne, 2011).

Dat fysieke inspanning een positief effect heeft op de executieve functies wordt geïnterpreteerd als bewijs voor een oorzakelijk verband tussen conditie en hersenvitaliteit. Onderzoek van Donnelly (2011) toont aan dat het verband bijzonder sterk is wanneer de effecten worden geëvalueerd met cognitieve tests gericht op deze executieve functies. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat bovenstaand onderzoek de effecten op lange termijn heeft gemeten. In het betreffende onderzoek heeft men twee groepen kinderen onderzocht. De controle groep kreeg op de reguliere wijze onderwijs en de interventie groep kreeg middels de PAAC (Physical Activity Across the Curriculum) onderwijs. Bij deze methode werd een cognitieve taak gekoppeld aan de beweegtaak. De resultaten na twee jaar onderzoek geven onder andere aan dat de cognitieve

controle (waar inhibitie toebehoort) van de kinderen van de interventie groep zijn verbeterd.

Acuut effect

In tegenstelling tot onderzoeken gericht op de lange termijn is er minder bekend over de acute effecten van fysieke inspanning op hersenactiviteit. Bovendien is er over de uitkomsten discussie. Onderzoek van Mahar (2006) toont namelijk aan dat fysieke inspanning een acute verbetering geeft op alertheid en concentratie, wat resulteert in een verbetering van het taakgericht werken. Davranç (2009) heeft met haar onderzoek aangetoond dat bewegen een acuut positief effect geeft op de reactietaak prestaties, waarbij inhibitie werd gemeten. Daarentegen hebben Pontiflex en Hillman (2007) geen effect gevonden op de reactiesnelheid bij een taak gericht op inhibitie gemeten door de Eriksen Flanker test. Bij de Eriksen Flanker test, zijn er centrale stimuli gelijktijdig te zien met twee afleidende stimuli (flankers). De deelnemers zijn geïnstrueerd om op de centrale stimuli te reageren en de afleidende te negeren. Hoe sneller men juist reageert op de centrale stimuli, hoe beter men in staat is om de irrelevante prikkels te kunnen onderdrukken. De auteurs concludeerden dat de mate van intensiteit van de fysieke inspanning (>70% HF max) mogelijk extra aandacht vraagt. Aandacht die nodig is voor lopen op de loopband kan leiden tot inefficiënte neurale processen. Wat vervolgens kan leiden tot minder controle bij één van de twee duo taken.

Pontiflex en Hillman (2007) geven daarnaast aan dat een vervolgonderzoek wordt aanbevolen om de bewijslast van acute effecten van fysieke inspanning op cognitie te onderbouwen. Met name de intensiteit is hierin interessant.

Intensiteit

Ondanks het feit dat Duncan & Johnson (2014) hebben bewezen dat de meeste

hersenenactiviteit wordt bewerkstelligd bij matig fysieke inspanning (op 50% van max. HF), zijn er maar enkele studies die de rol van matig intensieve inspanning op de inhibitie hebben onderzocht.

Recent werk van Best (2012) onderschrijft dat matig fysieke inspanning (50%-60%) een acuut positieve invloed heeft op de uitvoering van een taak waarbij executieve cognitieve processen worden aangesproken, zoals inhibitie. In dit onderzoek werden 33 kinderen in de leeftijd van 6-10 jaar onderzocht. De kinderen voerden twee keer een test uit, één keer inactief (sedentaire video game) en vervolgens een lichamelijk fysieke videogame op een matige intensiteit. Onderdeel van de videogame was het onderdrukken van irrelevante prikkels (flankers). Tijdens het uitvoeren van de videogame werd het cognitief functioneren gemeten. Deelnemers die de actieve videogame speelden scoorden beter in het onderdrukken van irrelevante prikkels dan de deelnemers van de sedentaire videogame.

Ook onderzoek van Ruedaa (2014) bewijst dat de het onderdrukken van irrelevante stimuli significant beter gaat bij matig fysieke inspanning. Op basis van deze resultaten is gekozen voor een matig intensieve inspanning van HF max. 50%-60%.

Fietsen

Pontifex & Hillmann (2009) onderzochten het effect van fysieke inspanning tijdens een cognitieve taak gericht op cognitieve controle. Deze test werd uitgevoerd op een loopband. In tegenstelling tot eerder genoemde onderzoeken, gaf deze studie geen significant effect van fysieke inspanning op cognitieve controle. De auteurs beargumenteren dat lopen op de loopband coördinatievaardigheid vraagt en de houding niet stabiel is. Deze coördinatie vaardigheid en instabiliteit vragen teveel van het cognitief vermogen van de deelnemer om significant beter te

kunnen presteren op de primaire cognitieve taak.

Davranche (2009) heeft met haar onderzoek gericht op het acute effect van fysieke inspanning op cognitieve controle de deelnemers laten fietsen op een hometrainer. Hieruit bleek dat fysieke inspanning een positief effect heeft op een taak die reactiesnelheid vergt. Wat een onderbouwing geeft om deelnemers te laten fietsen op een hometrainer om het acute effect van fysieke inspanning op selectieve aandacht te meten.

Leeftijd

Onderzoek van Best (2009) toont aan dat executieve functies bij kinderen nog volop in ontwikkeling zijn en deze leeftijdsfase een geschikt moment is om bepaalde aspecten van de executieve functies te stimuleren, zoals de inhibitie. Het vermogen om prikkels te remmen wordt in het bijzonder tijdens deze levensfase ontwikkeld. Terwijl andere aspecten van de executieve functies, zoals plannen en werkgeheugen in een later stadium ontwikkeld worden (Tompsonski, Davis, Miller, & Naglieri, 2008). Deze uitkomsten worden ondersteund door onderzoeken van Woollacot (2002) en Best (2009). Ook zij tonen aan dat fysieke activiteit meer globale hersenenactiviteit bewerkstelligd bij kinderen dan bij volwassenen.

Stroop test

Een veelgebruikte test om inhibitie te meten is de Stroop test (Buck, Hillman, & Castelli, 2007). De onderliggende gedachte van de Stroop test 'kleur-woord kaart' is dat deelnemers de irrelevant prikkel (woord) dienen te onderdrukken en de naam van de kleur van de inkt dienen te benoemen. Men heeft een voorkeur om woorden te benoemen, waardoor inhiberen (remmen van prikkels) vereist is om niet het woord maar de kleur van de inkt te noemen.

Er zijn verschillende versies van deze test, in dit onderzoek zal de Stroop kleuren test (Stroop, 1974) worden gehanteerd.

Met de mogelijke positieve effecten van fysieke inspanning op cognitie kan er meer gedaan worden om kinderen fysiek actief te laten zijn in het klaslokaal. De uitkomst van deze studie zal uitwijzen of kinderen beter in staat zijn prikkels te onderdrukken als ze fysiek actief zijn.

METHODE

Deelnemers

Vierendertig (N=34) kinderen (20 meisjes, 14 jongens) in de leeftijd van 10-12 jaar van één basisschool uit Arnhem (NL) zijn geselecteerd en hebben deelgenomen aan deze studie (zie tabel 1). Aan de ouders is middels een brief toestemming gevraagd om de kinderen deel te laten nemen aan het onderzoek. Tevens hebben de ouders bevestigd dat hun kind geen cognitieve stoornis (bijv. ADHD, autisme) heeft of andere fysieke gezondheidsklachten die test zouden kunnen beïnvloeden (kleurenblindheid of een andere visuele beperking).

Protocol

De deelnemers aan dit onderzoek hebben twee metingen met hetzelfde meetinstrument (Stroop) ondergaan. De metingen vonden in verschillende condities plaats, een keer inactief (zittend) en een keer in matig intensieve fysieke activiteit (fietsend).

De interval tussen de beide meetmomenten was één week, waarbij de

metingen op dezelfde dag, hetzelfde vonden en door dezelfde instructeur werden afgenomen.

De volgorde van conditie waarin de test is afgenomen is van tevoren at random gekozen. 17 deelnemers startten eerst met de inactieve (zittende) conditie en kregen de tweede keer de test waarbij fysieke inspanning werd gevraagd. Voor de andere 17 deelnemers waren de condities van de twee meetmomenten precies andersom. Hiervoor is gekozen om bias (een eventueel leereffect) te neutraliseren. Gedurende de inactieve conditie zaten de kinderen op normaal schoolmeubilair. Dat wil zeggen meubilair die ook in de desbetreffende klas te vinden is en op de meeste basisscholen wordt gehanteerd.

Tijdens de conditie waarbij de deelnemers fysieke inspanning leverden, fietsten ze op een intensiteit tussen 50-60% van de maximale hartfrequentie. De maximale hartfrequentie is de hoogst mogelijke hartfrequentie bij een lichamelijke (sport)activiteit. De max HF. is vastgesteld middels de formule van Åstrand en Christensen, 220-leeftijd (Bult & Poel, 2007). Aan de hand van deze som is de hartslag bepaald waarop gefietst diende te worden (HF max. = 220- leeftijd: 100 x 50/60).

Bij de conditie waarbij fysieke inspanning werd gevraagd fietsten de deelnemers op een bureaufiets (Worktrainer, Nederland). De bureaufiets is een verhoogde bureaustoel met trappers die onder een hoog bureau kan worden geplaatst (minimale hoogte 105 cm). De bureaufiets vraagt weinig coördinerend vermogen, want de gebruiker zit met het

Tabel 1: demografische en statistische gegevens van de deelnemers

Maat	Alle respon- den -ten (M)	10-jarigen	11-jarigen	12-jarigen
N	34 (20 meisjes)	3 (2 meisjes)	23 (15 meisjes)	8 (3 meisjes)
HF max.	209,0	210,0	209,0	208,0
HF 50%	104,5	105,0	104,5	104,0
HF 60%	125,4	126,0	125,4	124,8

bovenlichaam stil in een actieve houding (want geen rugleuning) en trapt constant. Tijdens het fietsen op de bureaufiets werd de hartslagfrequentie continue gemonitord door een hartslagmeter (Polar) en zorgvuldig in de gaten gehouden door de instructeur. De deelnemers kregen voor de start van de conditie waarbij men diende te fietsen een korte instructie op welke wijze de hartslagband bevestigd diende te worden. Wanneer het niet lukte om de band om te krijgen kon er de hulp worden ingeroepen van een mededeelnemer.

De hartslagmeter werd ingesteld op een matig intensieve hartslag zone tussen de 50% en 60% van de HF max. Wanneer een deelnemer boven of onder dit percentage kwam werd er een signaal afgegeven door de hartslagmeter. Een hoge toon wanneer de deelnemer boven de 60% max. HF kwamen en een lage toon wanneer de deelnemers onder de 50% van de max. HF kwamen. Voor aanvang van het meetmoment is de deelnemer kenbaar gemaakt wat te doen bij een bepaalde toon. Hoge toon, minder inspanning (langzamer fietsen) en een lage toon meer inspanning (sneller fietsen). Drie waarschuwingen boven of onder de bandbreedte (hartslag) betekende einde test en uitsluiting van het onderzoek. De instructeur hield dit nauwlettend in de gaten.

Meetinstrument

Met de Stroop woord-kleur test wordt inhibitie gemeten (Audenaert, et al., 2001). De test bestaat uit drie onderdelen. Het eerste onderdeel is de 'woord-kaart', woorden van vier kleuren (rood, groen, geel en blauw) zijn in zwarte inkt gedrukt. De deelnemer moet de woorden op dit blad zo snel mogelijk juist hardop van links naar rechts voorlezen binnen 45 seconden. Vervolgens kregen de deelnemers een blad waarbij de kleuren van de vakjes benoemd dienden te worden. Op het laatste blad stonden woorden van de

kleuren in een bepaalde kleur gedrukt maar deze kleuren kwamen niet overeen met de woorden zelf. Het was de bedoeling dat de deelnemer de kleur benoemde waarin het woord stond gedrukt (bv. als het woord 'groen' in rode inkt is gedrukt, zegt de deelnemer 'rood'). Elk blad bevatte 100 woorden of gekleurde vakjes. Bij alle taken werd het aantal goed benoemde woorden binnen de gestelde tijd (45 seconden) door de instructeur genoteerd. Als een kind zich al tijdens of direct na het lezen van woord verbeterde, werd het woord goed gerekend.

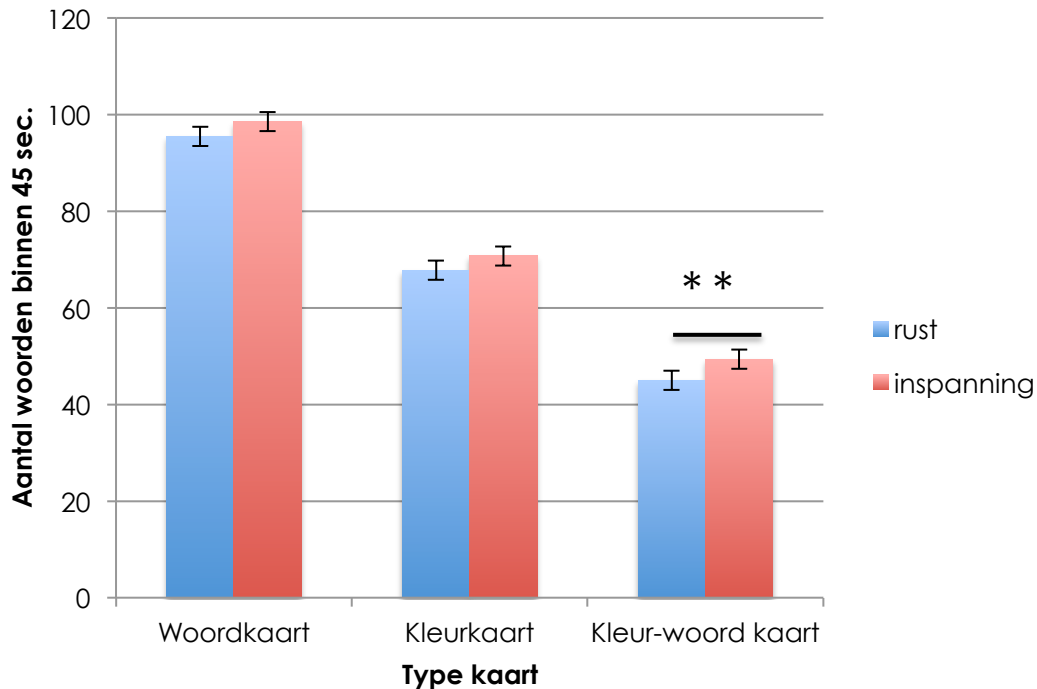
De kinderen kregen de keuze om met een vinger het begin van een nieuwe regel aan te wijzen. Met een vinger de woorden van links naar rechts volgen was niet toegestaan.

Analyse van data

In IBM SPSS Statistics versie 22 is de non-parametrische Related Samples Wilcoxon Signed Rank Test uitgevoerd om het effect van fysieke inspanning op inhibitie te meten, er werd op significantie van <0,05 getoetst. De resultaten van de Stroop test met de bijbehorende onderdelen en de twee condities (inactief vs. actief) zijn met elkaar vergeleken. Alle resultaten van de verschillende onderdelen zijn bij elkaar opgeteld (bijvoorbeeld alle scores woord-kaart inactief en de scores van de woord-kaart actief) De gemiddelde (M) scores zijn vervolgens met elkaar vergeleken. Deze wijze van analyseren komt overeen met een methode uit de Stroop review studie van Landsberg (2007). In deze studie is voor een gepaarde toets (Wilcoxon test) gekozen omdat de deelnemers twee keer dezelfde test hebben ondergaan en zo het verschil in scores tussen beide condities aangetoond kan worden.

RESULTATEN

Twee van de deelnemers zijn uitgesloten van het onderzoek omdat zij vaker dan drie keer boven 60% van de max. HF



Figuur 1: gemiddelde score en standaardfout voor elk onderdeel van de Stroop test ** $p < 0.01$

kwamen gedurende de conditie waarbij inspanning werd geleverd. Onderzoek van (Duncan & Johnsen, 2014) toont aan dat fysieke inspanning van invloed is op een taak die cognitieve controle vraagt. In de opzet is aangegeven dat wanneer een deelnemer vaker dan drie keer boven de HF max. grens kwam deze deelnemer werd uitgesloten van het onderzoek. Daarnaast is een deelnemer uitgesloten van de studie omdat deze deelnemer niet beide condities heeft ondergaan. Het oorspronkelijke aantal kinderen was 37 derhalve zijn de resultaten gemeten bij 34 kinderen en is ook dit aantal meegenomen in tabel 1 en figuur 1.

Fysieke inspanning heeft bij kinderen een acuut positieve ($P=0,008$) invloed op inhibitie. Dit is aangetoond middels de Stroop test bij het onderdeel kleur-woord kaart (Figuur 1). Bij dit onderdeel is het een automatische respons om het woord zoals geschreven op te noemen terwijl de deelnemers deze prikkel dienen te onderdrukken (remmen) en juist de kleur van de inkt moeten benoemen.

Verder is te zien dat deelnemers meer moeite hebben, naarmate ze meer moeten inhiberen in de taak en dat komt overeenkomt met eerdere onderzoeken (Landsbergen & Kenemans, 2007). In figuur 1 is te zien dat op alle drie de onderdelen (woord, kleur en kleur-woord kaart) van de Stroop test de deelnemers gemiddeld beter scoorden tijdens de conditie waarbij fysieke inspanning werd geleverde dan de conditie waarbij men inactief was, echter is dit verschil alleen bij de kleur-woord kaart significant.

DISCUSSIE

Deze studie onderzocht of fysieke inspanning acuut van invloed is op selectieve aandacht tijdens de Stroop test bij kinderen in de leeftijd van 10 tot 12 jaar. De huidige studie bewijst dat matig intensieve inspanning (50%-60% HF max.) een positieve invloed heeft op alle onderdelen van de Stroop test. Op het onderdeel kleur-woord kaart van de Stroop test is dit effect significant. Deze resultaten komen overeen met onderzoek van Davranç (2009) waarbij men het acute

effect van bewegen heeft onderzocht middels de Flanker taak, waarbij tevens inhibitie wordt gemeten aan de hand van reactiesnelheid.

De resultaten komen niet overeen met de uitkomst van de studie van (Pontifex & Hillman, 2009). Zij vonden geen effect van fysieke inspanning op inhibitie. Het is lastig om de resultaten met elkaar te vergelijken omdat de protocollen verschillend zijn. In de studie van Pontifex & Hillman werd er gelopen op een loopband en was de intensiteit hoger dan in deze studie. Het type matig intensief bewegen (fietsen in plaats van lopen) en de intensiteit (50%-60% HF max.) zijn van positieve invloed geweest op de uitkomsten van dit onderzoek. Tevens komt met andere studies (Castelli, Hillman, SM, & Erwin, 2007) overeen waarin tevens de Stroop test is gehanteerd, dat ongeacht de conditie waarin de test werd uitgevoerd er geleidelijk minder gescoord werd op de onderdelen (in volgorde woord, kleur, kleur-woord) van de Stroop test. Wat aangeeft dat er een daling van prestaties volgt wat gebruikelijk is bij Stroop test omdat de prikkels, naarmate de test vordert, toenemen.

Met de resultaten uit dit onderzoek is er een onderbouwing gekomen naar matig intensieve inspanning (50-60% HF max.) op inhibitie.

Beperkingen

In een vervolgonderzoek naar de acute effecten van fysieke inspanning op selectieve remming kan de wijze waarop de maximale hartfrequentie wordt vastgesteld verbeterd worden. De methode die in dit onderzoek is gehanteerd is conform de formule van Astrand en Christensen (Bult & Poel, 2007). Deze formule geeft een algemeen beeld van de HF max. en is daardoor voor een grote groep eenvoudig te hanteren. Maar het is niet de meest accurate wijze om de HF max. vast te stellen. Omwille de nauwkeurigheid en accuratesse van de

meting, wordt geadviseerd in vervolgonderzoek rekening te houden met het conditionele gestel van de deelnemer. Door gebruik te maken van een sub-maximaal test bij het vaststellen van de maximale hartfrequentie, kan wel rekening worden gehouden met het conditionele gestel van de deelnemer. Een dergelijke test geeft gegevens die uniek zijn per individu (Bult & Poel, 2007).

Sterke punten

In deze studie komt duidelijk naar voren dat kinderen beter in staat zijn om tijdens een taak die fysieke inspanning vraagt prikkels te kunnen onderdrukken. Vooraf was de vraag of het protocol te hanteren was. Aangezien er weinig onderzoek is verricht naar de acute effecten van fysieke inspanning op inhibitie. Met name onderzoek naar de acute effecten in combinatie met de doelgroep kinderen (in de leeftijd van 10-12 jaar) was weinig onderzoek verricht. Het huidige onderzoek laat zien dat fysieke inspanning (fietsend) een acuut positief effect geeft op een taak die inhibitie vergt. Taakgericht werken is voor kinderen, en met name in het onderwijs belangrijk. Dit onderzoek geeft een onderbouwing om kinderen te laten bewegen (fietsen) in het klaslokaal.

Samenvattend

De bevindingen in het huidige onderzoek komen overeen met recente onderzoeken naar de relatie tussen fysieke activiteit en cognitie bij kinderen (Davranche, Hall, & McMorris, 2009) (Mahar, Murphy, Rowe, Golden, Shields, & Raedeke, 2006). Fysieke inspanning had bij alle drie de onderdelen van de Stroop taak (woord, kleur en kleur-woord) een positief effect.

Toekomst

Een vervolgonderzoek zou kunnen onderzoeken of bewegen bijdraagt aan betere schoolprestaties. Tevens zou kunnen worden onderzocht welk effect bewegen in de klas heeft op de gezondheid van kinderen. Met name om vervolgens de

risico's van sedentair gedrag tegen te kunnen gaan door actieve werkvormen of fietsen in het klaslokaal. Sedentair gedrag (fysiek inactief zijn) is namelijk een groot risicofactor voor de ontwikkeling van diverse ziektes zoals diabetes en hart- en vaatziekten (Lakerveld & Bot, 2013) (Hendriksen, Bernaars, Commissaris, Proper, van Mechelen, & Hildebrandt, 2013). Tevens stagneert inactiviteit de cognitieve ontwikkeling (Etnier, Salazar, Landers, & Petruzzello, 1997).

Laat deze studie een aanzet zijn om kinderen meer te laten bewegen in het klaslokaal. Op de grote meerderheid van de basisscholen in Nederland is het nu nog gebruikelijk om kinderen uren achter elkaar stil te laten zitten (Altenburg, 2013) met alle risico's van dien.

BIBLIOGRAFIE

Altenburg, E., Rotteveel, J., Dustan, D., Salmon, J., Chinapaw, M. (2013). The effect of interrupting prolonged sitting time with short, hourly, moderate-intensity cycling bouts on cardiometabolic risk factors in healthy, young adults. *J. Appl. Physiol* , 1751-1756.

Audenaert, K., Lahorte, P., Brans, B., Van Laere, K., Goethals, I., Van Heeringen, K., et al. (2001). The classical Stroop interference task as a prefrontal activation probe: a validation study using ⁹⁹Tcm-ECD brain SPECT. 135-143.

Best, J. (2012). Exergaming immediately enhances children's executive function. *Developmental Psychology* , 1501-1510.

Best, J., Millera, P., & Jones, L. (2009). Executive function after age 5: changes and correlates. *Elsevier* , 180-200.

Buck, S., Hillman, C., & Castelli, D. (2007). The relation of aerobic fitness to Stroop task performance in preadolescent children.

The American college of sport medicine , 166-172.

Bult, H., & Poel, G. (2007, Februari 12). De maximale hartfrequentie: berekend of gemeten? *Sportgericht* , pp. 6-10.

Bunge, S., Dudukovic, N., Thomason, A., Vaidy, C., & Gabrieli, J. (2002). Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children. *Neuron* , 301-3011.

Castelli, D., Hillman, C., SM, B., & Erwin, H. (2007). Physical fitness and academic achievement in 3rd and 5th grade students. *J Sport exerc Psychol.* , 239-252.

Colcombe, S., & Kramer, A. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults. *Psychological Science* , 125-130.

Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., et al. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: a randomized controlled trial. *Health Psychology* , 91-98.

Davranche, K., Hall, B., & McMorris, T. (2009). Effect of acute exercise on cognitive control required during an Eriksen Flanker task. *Journal of sport and exercise psychology* , 628-639.

Donnelly, J., & Lambourne, K. (2011). Classroom based physical activity, cognition and academic achievement. *Preventive Medicine* , 36-42.

Duncan, M., & Johnsen, A. (2014). The effect of differing intensities of acute cycling on preadolescent academic achievement. *European Journal of Sport Science* , 279-286.

Etnier, J., Salazar, W., Landers, D., & Petruzzello, S. (1997). The influence of physical fitness and exercise upon

- cognitive functioning. *Journal of Sport & Exercise Psychology* , 249-277.
- Hendriksen, L., Bernaars, C., Commissaris, D., Proper, K., van Mechelen, W., & Hildebrandt. (2013). *Tijdschrift voor gezondheid wetenschappen*. 22-25.
- Johnson, D. &. (2014). The effect of differing intensities of acute cycling on preadolescent academic achievement. *European Journal of Sport Science* , 279-286.
- Jones, G. &. (207). *Onderzoeksmethoden voor sportstudies*. In G. &. Jones, *Onderzoeksmethoden voor sportstudies* (pp. 92-97). Abingdon: Routledge.
- Lakerveld, J., & Bot, S. D. (2013). The effects of al lifestyle intervention on leisure-time sedentary behaviors in adults at risk. *Elsevier* , 351-356.
- Landsbergen, M., & Kenemans, J. (2007). Stroop interference and attention-deficit/hyperactivity disorder: a review and meta-analyse. *Neuropsychology* , 251-262.
- Mahar, M., Murphy, S., Rowe, D., Golden, J., Shields, T., & Raedeke, T. (2006). Effects of a classroom-based program on physical activity and on-task behavior. *Medicine and Science in Sports and Exercise* , 2086-2094.
- Naglieri, R. &. (1992). Pass cognitive processing characteristics of normal and ADHD males. *Journal of school psychology* , 151-163.
- Pontifex, M., & Hillman, H. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience* , 1044-1054.
- Riddoch, C., Mattock, C., Deere, K., & Saunders, J. (2007). Objective measurement of levels and patterns of physical activity. *Archives of Disease in Childhood* , 963-969.
- Ruedaa, R., Fana, J., McCandlissa, B., Halparina, J., Grubera, D., Lercaria, L., et al. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia* , 1029-1040.
- St Clair-Thompson, H., & Gathercole, S. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* , 745-759.
- Stins, J., Baal, C., Polderman, T., Verhulst, F., & Boomsma, D. (2004). Heritability of stroop and flanker performance 12 year old children. *BMC Neuroscience* , 45-49.
- Tomprowski, P., Davis, C., Miller, P., & Naglieri, J. (2008). Exercise and Children's Intelligence, Cognition, and Academic Achievement. *Educational Psychology Review* , 111-131.
- Woollacott, M., & Cook, A. (2002). Attention and the control posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait and Posture* , 1-14.