

## Het verbeteren van executieve functies bij kinderen door oefening en training

# GEBRUIK JE HERSENS!

**Problemen met executieve functies kunnen een verklaring bieden voor adhd, autisme en agressieve gedragsstoornissen bij kinderen en jongeren. Dat betekent echter ook dat deze problemen verholpen kunnen worden door training van die functies. Het direct trainen daarvan vergt echter inspanning, en dat bemoeilijkt het volhouden ervan. Volgens Pier Prins, Albert Ponsioen en Esther ten Brink zou het toevoegen van game-elementen hiervoor een creatieve oplossing kunnen bieden.**

Het sturen van eigen gedrag en emoties is voor kinderen en adolescenten een van de belangrijkste ontwikkelingstaken. Zich voor langere tijd op iets kunnen concentreren, vooruit kunnen denken en doelgericht bezig blijven, afleidingen kunnen weerstaan, directe beloningen kunnen uitstellen voor een beloning op een later tijdstip, het zijn allemaal uitingen van zelfregulatie en voorspellers van een gunstige ontwikkeling. Om de school met succes te kunnen doorlopen, sociaal competent te worden en werk te kunnen vinden en te behouden, in alle gevallen zijn zelfregulatievaardigheden nodig.

De vaardigheden die zelfregulatie mogelijk maken, worden aangestuurd door hogere cognitieve controleprocessen, de zogenaamde *executieve functies*. In dit artikel gaan we in op de *ontwikkeling* van executieve functies. De rol van de omgeving, in het bijzonder van ouders en leerkrachten, is van groot belang voor een succesvolle ontwikkeling. In de opvoeding en op school worden de executieve functies van het kind versterkt en wordt het kind geleidelijk in de richting van zelfregulatie gestuurd. Executieve functies kunnen echter ook rechtstreeks getraind worden via gecomputeriseerde trainingen. Dit illustreren we aan de hand van trainingen van het werkgeheugen bij kinderen met adhd. Ten slotte beschrijven we een recent ontwikkelde executieve-functietraining – *Braingame Brian* – waarin gebruik wordt gemaakt van *game*-elementen.



*De sociale omgeving heeft grote invloed op hersenontwikkeling*

## Ontwikkeling en executieve functies

Naarmate ze ouder worden raken kinderen steeds beter in staat om hun gedachten, hun gedrag en hun emoties te reguleren. Ze worden geleidelijk zelfstandiger, minder afhankelijk van directe omgevingsprikkels – van externe controle – en laten zich meer leiden door intern gegenereerde stimuli – door zelfcontrole. Voor de meeste kinderen is dit het normale ontwikkelingsverloop (Kopp, 1982). Volgens cognitieve en neuropsychologen hangt dit proces nauw samen met de ontwikkeling van executieve functies (Welsh & Pennington, 1988; Diamond, 2002).

Over welke functies gaat het hier? Meestal noemt men er vier. Allereerst het *werkgeheugen* (wg): informatie vasthouden, deze mentaal manipuleren en op grond daarvan gedrag laten volgen. Ten tweede: *planningsvaardigheden*. Ten derde: het vermogen tot *inhibitie* (inh): niet direct reageren op een impuls, maar op een weloverwogen manier, niet-passend gedrag tegenhouden. En ten vierde *cognitieve flexibiliteit* (cf): snel en flexibel gedrag aanpassen aan een veranderende situatie.

Een kind moet elke dag honderden korte- en langetermijndoelen zien te bereiken: zich aankleden, op tijd op school komen, kamer opruimen, blijven luisteren en opletten tot de ander is uitgesproken, et cetera. Om dit te kunnen, heeft het kind vaardigheden nodig die terugrijpen op de executieve functies.

De ontwikkeling van het vermogen om het eigen gedrag te reguleren hangt samen met de rijping van de prefrontale cortex. Eerder dacht men dat executieve functies zich pas sterk in de adolescentie ontwikkelen, vanwege de zich langzaam ontwikkelende prefrontale cortex. Inmiddels is duidelijk dat deze functies al in de vroege kindertijd in rudimentaire vorm aanwezig zijn en dat de ontwikkeling ervan de hele kindertijd en adolescentie doorloopt (Carlson et al., 2004; Diamond, 2002).

Het meeste onderzoek naar executieve processen is gedaan bij kinderen vanaf zeven jaar en ouder (zie bijvoorbeeld Huizinga et al., 2006; Luciana et al., 2005). Er wordt echter steeds meer onderzoek gepubliceerd over executieve functies bij (heel) jonge kinderen (Garon, Bryson & Smith, 2008). Aanvankelijk werd dit onderzoek geplaagd door problemen, zoals het gebrek aan leeftijdsadequate taken die rekening houden met het beperkte concentratievermogen en beperkte taalbegrip van jonge kinderen. Door specifiek voor deze jonge leeftijdsgroep nieuwe tests en taken te ontwerpen, zijn deze problemen nu grotendeels opgelost (Davidson et al., 2006; Garon et al., 2008).

Executieve functies bij jonge kinderen (ver voor het zevende jaar) blijken dan verband te houden met onder andere de *theory of mind* van de kinderen (Hughes & Ensor, 2005), hun lees- en rekenvaardigheid (Van der Sluis et al., 2008; Blair & Razza, 2007), en ook hun sociale competentie en emotieregulatie (Kochanska et al., 2000).

Neuropsychologisch onderzoek naar de ontwikkeling en samenhang van werkgeheugen, inhibitie en cognitieve flexibiliteit laat zien dat deze functies tussen het zevende en 21ste jaar afzonderlijke ontwikkelingstrajecten afleggen; de ene functie ontwikkelt zich sneller dan de andere, met groeisprunten op verschillende momenten. Huizinga et al. (2006) lieten vier leeftijdsgroepen (7-, 11-, 15-, en 21-jarigen) drie taken uitvoeren voor elke executieve functie (wg, inh en cf). Daarbij bleek dat de ontwikkeling van cognitieve flexibiliteit zich voortzette tot in de adolescentie, terwijl het werkgeheugen zich bleef ontwikkelen tot in de vroege volwassenheid. Verschillen en het ontwikkelingsverloop van executieve functies zijn ook gevonden bij kinderen jonger dan zeven jaar. Uit onderzoek van Espy et al. (2001) bleek dat het werkgeheugen en het vermogen om impulsen te beteugelen (inh) sterk toenemen tussen het derde en het vierde jaar, terwijl kinderen van die leeftijd nog niet in staat zijn flexibel (cf) te denken. De ontwikkeling van werkgeheugen en inhibitie lijkt dus eerder te beginnen dan die van cognitieve flexibiliteit (Smids, 2004).



*Dagelijks doet het kind negentig oefeningen, wat neerkomt op zo'n veertig minuten*

## De rol van ouders en school

Het belang van executieve vaardigheden voor het cognitieve en sociaal-emotionele functioneren van kinderen en voor schoolsucces is evident (zie Barkley, 1997). Over de determinanten en de ontwikkeling van *individuele verschillen* in executieve processen is echter weinig bekend. Een belangrijke theoretische notie is dat de oorsprong van zelfregulatie ligt in het vermogen van het kind om te leren binnen een sociale context (Vygotsky, 1978). Ouders helpen het jonge kind doelen te bereiken die het niet op eigen kracht zou kunnen halen (*scaffolding*). Ze ondersteunen hierbij de nog onrijpe aandachts-, geheugen-, en taalvaardigheden van het kind (Landry et al., 2002). Geleidelijk internaliseert het kind deze vaardigheden en kan het zelfstandig problemen oplossen (zelfregulatie).

De invloed van de sociale omgeving op de hersenontwikkeling is aanzienlijk. De vroege ontwikkeling van de hersenen wordt bepaald door ervaringen van ouder-kind interacties. Juist de executieve processen blijken in sterke mate afhankelijk te zijn van de rijping van de hersenen (Zelazo et al., 2008). Longitudinaal onderzoek naar de rol van vroege ouder-kindrelaties in de ontwikkeling van executief functioneren laat zien dat werkgeheugen, impulscontrole en cognitieve flexibiliteit bepaald worden door de kwaliteit van de ouder-kindinteracties (Bernier et al., 2010). De opvoeddimensies 'sensitiviteit van de moeder', 'mind-mindedness' (aanleren van mentale termen voor zelfregulatie) en 'stimuleren van autonomie' (het aanbieden van leeftijdsadequate oplossingen voor problemen), gemeten op de leeftijd van 12-15 maanden, hingen significant samen met de genoemde drie executieve functies op de leeftijd van 18-26 maanden. Het stimuleren van autonomie bleek de sterkste voorspeller van executieve functies op elke leeftijd, ongeacht het algemene cognitieve niveau van het kind en ongeacht de opleiding van de moeder. De specifieke manier van opvoeden heeft dus een significant effect op de ontwikkeling van executieve functies.

Ook via trainingsprogramma's of specifieke (voor) schoolse curricula kan de normale ontwikkeling van executieve functies gestimuleerd worden. In *Tools of the Mind* (Diamond et al., 2007) bijvoorbeeld, worden executieve functies van kleuters gestimuleerd, getraind en uitgedaagd door opdrachten en taakjes die zijn ingebouwd in de klasactiviteiten gedurende de schooldag. Zo leren de kinderen het gedrag van een ander kind sturen, leren zij 'zelfspraak' om hun eigen gedrag te sturen, en leren zij een toneelstukje voorbereiden (een 'scenario' maken) en spelen. Of de kinderen nu spelen, of met taal of cijfers bezig zijn, zij krijgen op deze manier tegelijkertijd een training in executieve-functievaardigheden. De executieve functies en schoolprestaties van de kinderen die *Tools of the Mind* hadden doorlopen bleken na afloop significant sterker verbeterd te zijn dan die van de kinderen die dit niet hadden gevolgd (Diamond et al., 2007).

### volgorde van executieve functies

**Zichzelf aankleden (= verschillende kledingstukken in een juiste volgorde aantrekken binnen een bepaalde tijd) vereist verschillende executieve functies**

- 1. Onthouden wat het doel van de handeling is (wg)**
- 2. Stappen naar het doel bedenken en opslaan (Planning en wg)**
- 3. Opgeslagen stappen in juiste volgorde zetten en veranderen indien nodig (wg)**
- 4. Opgeslagen stappen blijven onthouden en uitvoeren tot doel is bereikt (wg)**
- 5. Tijdig impuls om op afleiding te reageren onderdrukken en doorgaan (inh)**
- 6. Als toch afgeleid, dan weer teruggaan naar doelgericht gedrag (cf).**

## Executieve-functieproblemen en psychopathologie

Bij sommige kinderen verloopt de ontwikkeling van executieve functies afwijkend. Problemen met het werkgeheugen uiten zich in uiteenlopende gedragsproblemen: zich niet meer herinneren wat de

volgende stap is in een doelgerichte activiteit, moeite om de aandacht vast te houden bij taakjes of spel, vergeten wat je wilde zeggen of doen, moeite om een reeks instructies op te volgen, spullen kwijtraken, schoolwerk niet afkrijgen, et cetera (zie Smidts & Huizinga, 2011). Executieve functies spelen ook een rol in psychopathologie. Kinderen met *gedragsproblemen* bijvoorbeeld hebben moeite hun impulsen te bedwingen, zich aan te passen aan wisselende omstandigheden en naar de gevolgen van hun gedrag te kijken. Kinderen met *autisme* hebben problemen met plannen en organiseren, en met cognitieve flexibiliteit.

Moderne neuropsychologische theorieën over adhd geven tekorten in executieve functies als verklaring voor de gedragsproblemen van kinderen met adhd. De verstoringen in de frontaalkwab en in het dopaminesysteem wijzen erop dat adhd een stoornis is met een belangrijke werkgeheugencomponent (Barkley, 1997; Nigg, 2006). Recent onderzoek naar executieve functies bij verschillende diagnostische groepen laat zien dat bij kinderen met adhd vooral gebrekkige inhibitie en werkgeheugentekorten voorkomen, maar niet zozeer cognitieve flexibiliteitsproblemen. Holmes et al. (2010) konden kinderen met en zonder adhd betrouwbaar onderscheiden met een batterij executieve-functietaken. Met name op responsinhibitie en werkgeheugen vielen de kinderen met adhd uit (zie ook Nigg, 2006). De subtypen van adhd zouden gerelateerd zijn aan tekorten in verschillende executieve functies. Zo zouden bij add vooral problemen van het werkgeheugen aan de orde zijn, en bij het gecombineerde subtype vooral inhibitieproblemen (Diamond, 2005).

Een meta-analyse van 46 studies bevestigde de wg-problemen bij kinderen met adhd en liet zien dat de problemen zich voornamelijk op visueel-ruimtelijk gebied manifesteren (Martinussen et al., 2005). In een cross-sectioneel onderzoek bij kinderen tussen acht en vijftien jaar stelden Westerberg et al. (2004) vast dat kinderen met adhd over deze hele leeftijdsrange significant lager scoorden dan kinderen zonder adhd op een visueel-ruimtelijke taak in het werkgeheugen.

## Executieve functies verbeteren door training

Een opvoeding die de autonomie van kinderen versterkt – die kinderen ondersteunt bij het zelf formuleren van doelen, het zelf maken van keuzes – blijkt een sterke voorspeller van goede executieve functies op jonge leeftijd (Bernier et al., 2010). Ook via sport en spel en via activiteiten op school kunnen deze functies systematisch verbeteren (Diamond et al., 2007). Ten slotte zijn er behandelprogramma's waarin cognitieve vaardigheden worden aangeleerd die gebaseerd zijn op executieve functies, zoals het aanleren van metacognitieve strategieën (Dawson & Guare, 2010) en het leren plannen en organiseren (Van der Oord & Kuin, 2010). Executieve functies kunnen ook rechtstreeks versterkt worden met behulp van gecomputeriseerde trainingstaken. Tot voor kort werd aangenomen dat de capaciteit van het werkgeheugen constant is en niet door training vergroot kan worden. De plasticiteit van het brein wordt evenwel steeds groter geacht (Sitskoorn, 2006) en steeds meer onderzoek laat zien dat executieve functies verbeterd kunnen worden door ze direct te trainen. Dat geldt bij kinderen dan vooral voor het werkgeheugen. Veel minder onderzoek is gedaan naar het verbeteren van andere executieve functies zoals responsinhibitie en cognitieve flexibiliteit, maar er zijn aanwijzingen dat ook die functies verbeterd kunnen worden door ze te trainen (zie Thorell et al., 2009; Karbach & Kray, 2009).

## Een werkgeheugentraining voor kinderen met ADHD

Het werkgeheugen maakt het mogelijk om informatie te onthouden die nodig is om een taak af te ronden. Het is vooral belangrijk als er op cognitief gebied iets van het kind of de jongere wordt gevraagd in een omgeving met veel afleiding. Door vast te stellen hoeveel eenheden het kind achterstevoren kan herhalen nadat het deze één keer heeft gehoord (verbaal werkgeheugen) of gezien (visueel werkgeheugen) kan de capaciteit van dit geheugen worden gemeten (Klingberg, 2010a). De grens van wat iemand in zijn geheugen kan vasthouden, verschuift met het ouder worden: vijfjarigen kunnen vier getallen onthouden, kinderen van twaalf jaar zes getallen en studenten onthouden gemiddeld acht getallen. Er is dus sprake van leeftijdsgebonden veranderingen in de geheugenspanne (Parke & Gauvain, 2009).

Klingberg en collega's ontwikkelden een gecomputeriseerde werkgeheugentraining voor kinderen met adhd, de zogenoemde *Cogmed-training*. In 25 sessies wordt in vijf tot zes weken een combinatie doorlopen van visueel-ruimtelijke werkgeheugentaken (de plaats en volgorde herinneren van oplichtende blokjes) en verbale werkgeheugentaken (het reproduceren van een reeks letters en cijfers; voorwaarts, achterwaarts). Daarbij moet informatie zowel worden vastgehouden (bijvoorbeeld blokjes naklikken met de computermuis) als gemanipuleerd (blokjes in andere volgorde naklikken). Dagelijks doet het kind negentig wg-oefeningen. De gemiddelde totale trainingstijd per dag bedraagt ongeveer veertig minuten. De training is adaptief; het moeilijkheidsniveau wordt automatisch aangepast aan het niveau van het kind; deze automatische aanpassing maakt de training moeilijker of makkelijker. Ieder kind traint dus steeds op zijn optimale werkgeheugencapaciteit. Een ervaren medewerker heeft wekelijks contact met het kind en de ouder of de leerkracht om feedback te geven en de voortgang te bespreken.

Klingberg onderzocht de effectiviteit van deze training in een gecontroleerde klinische *trial*. Hij wees 53 kinderen met adhd (7-12 jaar) die geen stimulantia gebruikten, *random* toe aan de adaptieve wg-training en aan een vergelijkbare, maar niet-adaptieve training. De visueel-ruimtelijke wg-prestatie van de kinderen in de adaptieve wg-training verbeterde significant op de nameting.



Bovendien generaliseerden de effecten naar niet-getrainde executieve functies, zoals responsinhibitie en complex redeneren. Het effect van de training generaliseerde ook – en dat was opmerkelijk – naar adhd-symptomen (zoals gerapporteerd door ouders): de concentratie verbeterde en de hyperactiviteit/impulsiviteit nam significant af. Deze effecten bleven stabiel bij een drie maanden-*follow-up* (Klingberg et al. 2005).

Deze positieve trainingseffecten zijn in enkele recente onderzoeken deels bevestigd. Bij kinderen met een ernstige vorm van adhd – zij gebruikten medicatie (psychostimulantia) en er was sprake van comorbiditeit – vergeleken Beck et al. (2010) de effecten van *Cogmed* met een wachtlijstcontrolegroep. Op gedragsvragenlijsten waarmee adhd-symptomen en executief functioneren gemeten werden (ouderrapportage), scoorden de kinderen die de werkgeheugentraining hadden gedaan significant beter. Generalisatie-effecten van de training naar andere executieve functies werden niet gerapporteerd. Een recente studie van Holmes et al. (2009a) toonde aan dat dezelfde wg-training ook een toegevoegde waarde had boven medicatie; het visueel-ruimtelijke werkgeheugen van kinderen (8-11 jaar) met adhd verbeterde tijdens het gebruik van medicatie (stimulantia), maar de daaropvolgende wg-training (*Cogmed*) resulteerde in een significante verbetering van de wg-prestatie bovenop het effect van medicatie.

Ook in andere studies zijn veranderingen in wg-prestatie gevonden, maar dan al na een relatief korte training. In eigen onderzoek konden wij al significante verbeteringen in de visueel-ruimtelijke wg-prestatie bij jongens van 8-12 jaar vaststellen na drie intensieve trainingssessies. Hierbij was de

training echter ingebed in een game-format (Prins et al., 2011). Deze grote verschillen in trainingsduur doen de vraag rijzen wat de minimale trainingstijd moet zijn om effect te kunnen hebben.

## Hoever reiken de trainingseffecten?

Bij de beoordeling van het trainen van het werkgeheugen kunnen vijf generalisatieniveaus onderscheiden worden, waarbij gemeten wordt op: (a) niet-getrainde taken van dezelfde executieve functie, (b) niet-getrainde andere executieve functies, (c) cognitieve maten die door werkgeheugencapaciteit worden beïnvloed, bijvoorbeeld complex redeneren, (d) symptoomschalen en gedragsbeoordelingslijsten, en (e) schooltaken en schoolprestaties (bijvoorbeeld rekenvaardigheid). Naast een verbetering in de specifiek getrainde executieve functies – bijvoorbeeld het werkgeheugen – worden tijdens de training mogelijk ook andere executieve functies beïnvloed: bijvoorbeeld volgehouden aandacht, interferentiecontrole (irrelevante info onderdrukken), of doelgericht gedrag (als er minder externe sturing is), et cetera. Dit zou de brede transfer van de trainingseffecten in het onderzoek van Klingberg kunnen verklaren.

Niet alle onderzoeken laten echter eenzelfde brede generalisatie van trainingseffecten zien. Sommige studies vinden een aanzienlijke transfer (Holmes et al., 2009), andere vinden weinig of helemaal geen generalisatie van het trainingseffect (Owen et al., 2010). Trainingsprogramma's waarvan de effecten generaliseren naar niet-getrainde executieve functies of naar ecologisch valide maten – bijvoorbeeld prestaties op schooltaken of specifieke zelfregulatiegedragingen in de thuissituatie – zijn klinisch relevant, maar zeldzamer. Voor een overzicht zie Klingberg (2010b).

Dat een succesvolle geheugentraining niet noodzakelijk generaliseert naar een verbetering van het geheugen in het dagelijkse leven, illustreert de volgende anekdote (ontleend aan Draaisma, 2011). Geheugenonderzoeker Joshua Foer vroeg zich af of ons geheugen achteruitgaat door een toenemende afhankelijkheid van technologie en kunstmatige geheugens. Na het bijwonen van het jaarlijks geheugenkampioenschap in New York vroeg hij zich af of hij door te trainen geheugengrootmeester zou kunnen worden. Foer begon serieus te trainen onder begeleiding van een geheugengrootmeester en won het toernooi van 2006! Foers geheugen voor gestructureerde informatie (cijfers, namen et cetera) was op indrukwekkende wijze vooruitgegaan. Zijn gewone vergeetachtigheid bleek echter niet verbeterd te zijn: toen hij na een etentje met vrienden met de metro naar huis was gereisd, realiseerde hij zich pas bij thuiskomst dat hij op de heenweg met de auto was gegaan.

## Trainen met gaming

Trainingen van executieve functies, ook gecomputeriseerde, worden op een gegeven moment saai voor het kind, vanwege het grote aantal sessies. Kinderen verliezen hun motivatie en moeten extra gestimuleerd worden om door te gaan, iets wat in het bijzonder geldt voor kinderen met adhd (Luman et al., 2005). Computerisering van taken lost dit probleem voor een deel op. Wij hebben een nieuwe methode ontwikkeld en onderzocht: het inbedden van een gecomputeriseerde training van executieve functies in een game-wereld en het toevoegen van game-elementen aan de trainingstaken. Als kinderen met adhd computertaakjes uitvoeren of een computerspel spelen, zijn hun symptomen aanzienlijk minder: ze kunnen hun aandacht langer vasthouden, zich beter concentreren en ze zijn minder impulsief (Barkley, 2006).



## Game-elementen toevoegen verhoogt motivatie

Training van executieve functies in een game-format gebruikt meerdere sensorische modaliteiten (kleuren, geluiden, beweging) en geeft frequente en onmiddellijke feedback op de kwaliteit en de precisie van de reactie. Wij onderzochten bij kinderen met adhd het effect van het toevoegen van game-elementen aan een standaard gecomputeriseerde wg-training op: de wg-trainingsactiviteit (aantal sequenties), de motivatie (het wel of niet doorgaan met de training) en de trainingsprestatie (verbetering van de wg-capaciteit). We stelden vast dat kinderen die de game-versie deden van een korte wg-training (drie sessies) op alle fronten beter presteerden, meer dan kinderen die dezelfde korte wg-training deden zonder game-elementen (Prins et al., 2011).

Dovis et al. (2011) gingen na in hoeverre de prestatie van kinderen met adhd op een werkgeheugentaak differentieel wordt beïnvloed door verschillende intensiteiten en vormen van bekrachtiging – waaronder *gaming* als beloning. De bekrachtigingsniveaus bestonden uit: alleen feedback krijgen op je prestatie (het laagste niveau van bekrachtiging), 1 euro krijgen, 10 euro of het uitvoeren van de wg-taak in een computergame-format. Vergelijken met kinderen zonder adhd bleek de prestatie van kinderen met adhd significant meer te verbeteren naarmate de bekrachtiging sterker werd; de prestatie van de kinderen met adhd kwam dichterbij het prestatieniveau van kinderen zonder adhd. Interessant was dat de game-conditie een vergelijkbaar positief effect had als de tieneuroconditie, de hoogste vorm van bekrachtiging. Het volhouden van taakgedrag bleek het sterkst in de tieneuroen in de game-conditie (Dovis et al., 2011; Solanto et al., 1997). Onderzoek bij volwassenen naar de samenhang tussen motivatie en executieve controle liet een soortgelijk resultaat zien: mensen waren bereid meer executieve functies te gebruiken als ze daarvoor beloond werden (Muraven & Slessareva, 2003).

## Braingame Brian

Hierop voortbordurend heeft de *Task Force adhd & Computer* het programma *Braingame Brian* ontwikkeld, een executieve-functietraining met game-elementen voor kinderen met cognitieve controleproblemen (Prins et al., 2010). Braingame Brian is geïnspireerd op de eerdergenoemde *Cogmed-training*, maar wijkt hier op drie belangrijke punten van af: (1) er worden naast het werkgeheugen nog twee andere executieve functies getraind: responsinhibitie en taakwisseling; (2) de trainingstaken zijn ingebed in een computerspelwereld; (3) de effectieve trainingstijd van het werkgeheugen en de andere twee executieve functies is substantieel korter dan in de *Cogmed-training*, namelijk vier uur per executieve functie. De training bestaat uit 25 sessies van elk 30 tot 45 minuten en wordt thuis door het kind op de computer gedaan. De training kan binnen zes weken worden afgerond. Per sessie worden drie executieve functies – werkgeheugen, het remmen van gedrag, en cognitieve flexibiliteit – elk twee keer getraind, wat ongeveer 30 minuten in beslag neemt. De rest van de tijd wordt besteed aan het ‘rondlopen’ in de spelwereld.



Iedere sessie begint met de spelwereld waarin Brian de hoofdrol speelt. Brian vindt graag dingen uit en in de spelwereld draait alles om zijn uitvindingen. Vanuit de spelwereld wordt in elke sessie een overstap gemaakt naar de trainingstaken. Problemen die Brian in de spelwereld tegenkomt, kunnen alleen worden opgelost door het uitvoeren van de trainingstaken. Door de *werkgeheugentaak* te doen, wordt een bouwtekening zichtbaar van de te bouwen uitvinding. De werkgeheugentaak bestaat uit het onthouden en natikken van een aantal willekeurig oplichtende blokjes op een rooster van 4x4. De reeks bestaat uit minimaal twee en maximaal acht blokjes, het aantal blokjes per reeks neemt automatisch toe of af naarmate het kind beter of slechter presteert. Er zijn vijf verschillende subtaken binnen de werkgeheugentaak; hiermee kan het werkgeheugen op verschillende manieren belast worden. De uitvinding kan vervolgens pas gebouwd worden als er voldoende energie is gemaakt door middel van het uitvoeren van de *stoptaak*. Bij deze taak moet het kind reageren binnen een bepaalde range en vervolgens niet reageren als de stimulus van kleur verandert. Niet alleen energie maar ook het sorteren van onderdelen is nodig. Dit gebeurt door middel van het doen van de *sorteer- of switchtaak*, waarbij het kind eerst twee taaksets moet oefenen en vervolgens deze taakset door elkaar moet uitvoeren (taak-switching; cognitieve flexibiliteit).

De moeilijkheidsgraad past zich na elke sessie aan; indien nodig kan de moeilijkheidsgraad ook handmatig worden verlaagd voorafgaand aan de sessie. Data-opslag vindt plaats in een centrale database, waarna feedback kan worden gegeven over de voortgang van het kind. Braingame Brian is zodanig ontworpen dat het mogelijk is om ofwel elk van de drie executieve functies *apart* te trainen (terwijl de andere uitgeschakeld zijn), ofwel twee van de drie, of alledrie de executieve functies tegelijk. Met andere woorden, de training kan aangepast worden aan de specifieke executiefunctietekorten van het kind (zie voor een uitgebreide beschrijving van dit programma Ten Brink et al., 2011).

## Eerste resultaten Braingame Brian

In een gerandomiseerde klinische trial werden 43 kinderen met de klinische diagnose adhd en een gemiddelde leeftijd van bijna tien jaar verdeeld over een Braingame Brian-behandelconditie en een wachtlijstcontroleconditie. De resultaten van dit gecontroleerde effectonderzoek zijn op verschillende manieren geanalyseerd. Eerst is nagegaan of de kinderen in de behandelconditie op de drie executieve functie trainingstaken over de 25 trainingssessies vooruit zijn gegaan. Toetsing van de resultaten van de stoptraining en de switchtraining (lineaire regressieanalyse met controle voor autoregressie) gaf een significante stijging van de prestatiecurves te zien. De prestatiecurves op de werkgeheugentaak zijn niet statistisch getoetst vanwege het geringe aantal meetmomenten (trainingsronden) per werkgeheugen-subtaak. Visuele inspectie van deze prestatiecurves liet zien dat de prestatie ook op de werkgeheugensubtaken duidelijk vooruitgaat.

Vervolgens zijn de resultaten op twee gedragsvragenlijsten geanalyseerd: de *Vragenlijst voor Gedragsproblemen bij Kinderen* (VvGK; Oosterlaan et al., 2008) die adhd-symptomen meet, en de *brief-ouderversie* die executief functioneren meet (Smidts & Huizinga, 2009). Positieve effecten van 'Braingame Brian' werden gevonden op adhd-symptomen en executieve functieproblemen. Vergeleken met de kinderen in de wachtlijstcontrolegroep vertoonden de kinderen in de Braingame Brian-behandelgroep op de nameting significant minder aandachtsproblemen en minder hyperactiviteit en impulsiviteit. Op de totaalscore en de metacognitie-index van de brief werd ook een significant trainingseffect gevonden. De positieve effecten op de getrainde ef-taken, op de VvGK en de brief bleven aanwezig als er voor de effecten van medicatie werd gecontroleerd. Met andere woorden, ook voor de kinderen die medicatie gebruikten (n=29) bleef de ef-training Braingame Brian van significant toegevoegde waarde (Van der Oord et al., 2011). Deze eerste resultaten bij kinderen met een klinische diagnose adhd zijn veelbelovend en ondersteunen de potentiële werkzaamheid van deze training voor kinderen met executieve functieproblemen. Uiteraard is meer onderzoek nodig.

## Conclusie

Executieve functies spelen een centrale rol in de ontwikkeling van zelfregulatie. De opmars van executieve functies als thema in het onderzoek naar uiteenlopende vormen van psychopathologie bij kinderen en jongeren is onstuitbaar; het biedt interessante nieuwe mogelijkheden voor (neuropsychologische) diagnostiek en interventie, zoals het rechtstreeks trainen van executieve functies om hiermee cognitieve, emotionele en gedragsproblemen van kinderen en jongeren te verminderen. Bij kinderen met adhd is in een aantal gecontroleerde studies aangetoond dat werkgeheugenprestaties kunnen verbeteren door het werkgeheugen op gecomputeriseerde taken intensief te trainen. De generalisatie van deze trainingseffecten naar andere componenten van executief functioneren en naar relevant gedrag in het dagelijkse leven is de ultieme test van deze veelbelovende interventies. Als motivatie een probleem is, bij de doorgaans lange duur van trainingen van executieve functies, blijkt het toevoegen van game-elementen een goede manier te zijn om de motivatie te versterken.

## Literatuur

- Alloway, T.P., Gathercole, S. & Pickering, S.J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children. Are they separable? *Child Development*, 77, 1698-1716.
- Barkley, R.A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions. Constructing a unifying theory of adhd. *Psychological Bulletin*, 121, 65-94.
- Barkley, R.A. (2006). *Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. A Handbook for diagnosis and treatment (3rd ed.)*. New York: Guilford Press.
- Beck, S.J., Hanson, C.A., Puffenberger, S.S., Benninger, K.L. & Benninger, W.B. (2010). A controlled trial of working memory training for children and adolescents with adhd. *Journal of Child and Adolescent Psychiatry*, 39, 825-836.
- Bernier, A., Carlson, S.M. & Whipple, N. (2010). From external regulation to self-regulation. Early parenting precursors of young children's executive functioning. *Child Development*, 81, 326-339.
- Blair, C. & Razza, R.P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78, 647-663.
- Brink, E. ten, Ponsioen, A., van der Oord, S. & Prins, P.J.M. (2011). Braingame Brian. Achtergrond, evaluatie en implementatie van een Executieve Functietraining met game elementen voor kinderen met cognitieve controleproblemen. *Kind en Adolescent Praktijk*, 12 (in druk).
- Carlson, S.M., Mandell, D. & Williams, L. (2004). Executive functions and theory of mind. Stability and prediction from age 2 to 3. *Developmental Psychology*, 40, 1105-1122.
- Davidson, M., Amso, D., Cruess Anderson, L. & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years. Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, 44, 2037-2078.
- Dawson, P. & Guare, R. (2010). *Executieve functies bij kinderen en adolescenten. Een praktische gids voor diagnostiek en interventie*. Amsterdam: Hogrefe.
- Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood. Cognitive functions, anatomy and biochemistry. In D.T. Stuss & R.T. Knight (Eds.), *Principles of Frontal Lobe Function* (p. 466- 503). New York: Oxford University Press.
- Diamond, A. (2005). Add: A neurobiologically and behaviourally distinct disorder from adhd. *Development and Psychopathology*, 17, 805-825.
- Diamond, A., Barnett, S., Thomas, J. & Munro, S. (2007). Executive Function can be improved in preschoolers by regular classroom teachers. *Science*, 318, 1387-1388.
- Dovis, S., Oord, S. van der, Wiers, R. & Prins, P.J.M. (2011). Can motivation normalize working memory and task persistence in children with adhd? The effects of money and gaming. (aangeboden).
- Draaisma, D. (2011). Moonwalking with Einstein. *Bespreking in NRC Handelsblad*, 27/4.
- Espy, K., Kaufmann, P., Glisky, M. & McDiarmid, M. (2001). New procedures to assess executive functions in preschool children. *Clinical Neuropsychologist*, 15, 46-58.

- Garon, N., Bryson, S. & Smith, I. (2008). Executive function in preschoolers. A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, *134*, 31-60.
- Holmes, J., Gathercole, S.E. & Dunning, D.L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Science*, *12*, F9-F15.
- Holmes, J., Gathercole, S., Place, M., Alloway, T., Elliott, J.G. & Hilton, K. (2010). The diagnostic utility of executive function assessments in the identification of adhd in children. *Child and Adolescent Mental Health*, *15*, 37-43.
- Hughes, C. & Ensor, R. (2005). Executive function and theory of mind: Predictive relations from ages 2 to 4. *Developmental Psychology*, *43*, 1447-1459.
- Huizinga, M., Dolan, C.V. & Molen, M. van der (2006). Age-related change in executive function. Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, *44*, 2017-2036.
- Karbach, J. & Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Developmental Science*, *12*, 978-990.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P.J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K. et al. (2005). Computerized training of working memory in children with adhd – A randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *44*, 177-186.
- Klingberg, T. (2010a). Werkgeheugentraining. *Intern rapport*. Karolinska Instituut. Klingberg, T. (2010b). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Science*, *14*, 317-324.
- Kochanska, G., Murray, K.T. & Harlan, E.T. (2000). Effortful control in early childhood: Continuity and change, antecedents, and implications for social development. *Developmental Psychology*, *36*, 220-232.
- Kopp, C.B. (1982). Antecedents of self-regulation. A developmental perspective. *Developmental Psychology*, *18*, 199-214.
- Landry, S., Miller-Loncar, C., Smith, K. & Swank, P. (2002). The role of early parenting in children's development of executive processes. *Developmental Neuropsychology*, *21*, 15-41.
- Luciana, M., Conklin, H., Hooper, C. & Yarger, R. (2005). The development of nonverbal working memory and executive control processes in adolescents. *Child Development*, *76*, 697-712.
- Luman, M., Oosterlaan, J. & Sergeant, J. (2005). The impact of reinforcement contingencies on adhd. A review and theoretical appraisal. *Clinical Psychology Review*, *25*, 183-213.
- Martinussen, R., Hayden, J., Hogg-Johnson, S. & Tannock, R. (2005). A meta-analysis of working memory impairments in children with adhd. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *44*, 377- 384.
- Muraven, M. & Slessareva, E. (2003). Mechanisms of self-control failure. Motivation and limited resources. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *29*, 894-906.
- Nigg, J.T. (2006). *What Causes adhd? Understanding What Goes Wrong And Why*. New York: The Guilford Press.
- Oord, S. van der & Kuin, M. (2010). Organisatietraining voor jongeren met ADHD op de middelbare school. *Kind en Adolescent Praktijk*, *10(1)*, 33-36.
- Oord, S. van der, Ponsioen, A., Geurts, H., Brink, E. ten & Prins, P.J.M. (2011). Efficacy of a computerized executive functioning remediation training with game elements for children with ADHD in an outpatient setting. Outcome on parent- and teacher-rated executive functioning and ADHD behaviors. (aangeboden).
- Oosterlaan, J., Bayens, D., Scheres, A., Antrop, J., Roeyers, H. & Sergeant, J. A. (2008). *Handleiding van de VvGK6-16 Vragenlijst voor Gedragsproblemen bij Kinderen van 6 tot en met 16 Jaar [Manual for the dbdrs Disruptive Behavior Disorder Rating Scale for children from 6 to 16 years old]*. Amsterdam: Harcourt Assessment B.V.
- Owen, A., Hampshire, A., Grahn, J., Stenton, R., Dajani, S. et al. (2010). Putting brain training to the test. *Nature*, *465*, 775-778.
- Parke, R. & Gauvain, M. (2009). *Child Psychology. A Contemporary Viewpoint (7th ed.)*. New York: McGraw Hill).
- Prins, P.J.M., Dovis, S., Ponsioen, A., Brink, E. ten & Oord, S. van der (2011). Does a computerized working memory training with game elements enhance motivation and training efficacy in children with adhd? *CyberPsychology, Behavior & Social Networking*, *14*, 115-122.
- Prins, P.J.M., Brink, E. ten, Dovis, S., Ponsioen, A., Geurts, H., Groot, H. de, Vries, M. de & Oord, S. van der (2010). *Braingame Brian. Een executieve functietraining met game elementen voor*

- kinderen met cognitieve controleproblemen*. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam. [www.gamingandtraining.nl](http://www.gamingandtraining.nl).
- Sitskoorn, M. (2006). *Het maakbare brein*. Amsterdam: Bert Bakker.
- Sluis, S. van der, Jong, P. de & Leij, A. van der. (2008). Executive Functioning in children and its relations with reasoning, reading, and arithmetic. *Intelligence*, 35, 427-449.
- Smidts, D. (2004). De ontwikkeling van executieve functies bij kleuters. *De Psycholoog*, 39, 123-127.
- Smidts, D. & Huizinga, M. (2011). *Gedrag in uitvoering. Over executieve functies bij kinderen en pubers*. Amsterdam: Uitgeverij Nieuwezijds.
- Smidts, D. & Huizinga, M. (2009). *Handleiding van de brief Executieve Functies Vragenlijst [Manual for the brief Executive Functioning Questionnaire]*. Amsterdam: Hogrefe Uitgevers B.V.
- Solanto, M.V., Wender, E.H. & Bartell, S.S. (1997). Effects of methylphenidate and behavioral contingencies on sustained attention in Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. A test of the reward dysfunction hypothesis. *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, 7, 123-136.
- Thorell, L. B., Lindqvist, S., Bergman Nutley, S., Bohlin G. & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*, 12, 106-113.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in Society* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Soubberman, Eds. and Trans.). Cambridge, ma: mit Press.
- Welsh, M.C. & Pennington, B.F. (1988). Assessing frontal lobe functioning in children: Views from developmental psychology. *Developmental Neuropsychology*, 4, 199-230.
- Westerberg, H., Harvikoski, T., Forssberg, H. & Klingberg, T. (2004). Visuospatial working memory span. A sensitive measure of cognitive deficits in children with adhd. *Child Neuropsychology*, 10, 155-161.
- Zelazo, P., Carlson, S.M. & Kesek, A. (2008). The development of executive function in childhood. In C. Nelson & M. Luciana (Eds.), *Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience* (p. 553-574, 2nd ed.). Cambridge, ma: mit Press.

*Beeld Braingame Brian: Shosho, Amsterdam*

## Summary

Use your Brains!

P.J.M. Prins, A. Ponsioen, E. ten Brink

Developing selfregulation is a major developmental task which can only be successfully completed through effective executive functioning. Problems with executive functions such as visuospatial working memory, inhibition and cognitive flexibility are increasingly assumed to explain childhood psychopathology such as ADHD, autism or conduct problems. Recent studies have been designed to improve children's executive functions through training and thereby to reduce symptoms. However, the training of executive functions, such as working memory, usually requires a lot of effort on the part of the child which creates motivational problems. Adding game-elements to the training may offer a creative solution.

*Prof. dr. P.J.M. Prins is gz-psycholoog en hoogleraar Klinische kinder en jeugdpsychologie bij de Afdeling Ontwikkelingspsychologie van de Universiteit van Amsterdam. E-mail: [p.j.m.prins@uva.nl](mailto:p.j.m.prins@uva.nl)*

*Dr. A. J.G.B. Ponsioen is klinisch neuropsycholoog bij Lucertis KJP te Beverwijk en stafmedewerker bij het VOBC-LVG te Utrecht. [alpons@wxs.nl](mailto:alpons@wxs.nl)*

*Mw drs. E.L. ten Brink is psychotherapeut en cognitief gedragstherapeut bij Lucertis KJP te Zaandam. E-mail: [etbrink@nh.lucertis.nl](mailto:etbrink@nh.lucertis.nl)*