

Leesvaardigheid oogt goed

*De relatie tussen het Dopamine D4 Receptor gen (DRD4), oogbewegingen tijdens het lezen
en de leesvaardigheid van kinderen in groep 3.*

Annelein van Waardenburg

0600164

a.e.van.waardenburg@umail.leidenuniv.nl

November 2011

Begeleider: C.A.T. Kegel

Samenvatting

Aan dit onderzoek namen 182 kinderen uit groep 3 van de basisschool deel, waarbij de gemiddelde leeftijd van de kinderen 77.8 maanden was. De oogbewegingen tijdens het benoemen van parafoveale letters blijken de vaardigheid in het lezen van losse woorden te kunnen voorspellen. De oogbewegingen worden beïnvloed door het dopamine D4 gen (DRD4). Er zijn twee varianten van dit gen, een lang (7+) en een kort (7-) allel. Bij bezit van het 7+ allel is de opname van dopamine verstoord. DRD4 voorspelt ook de leesvaardigheid. Het bezitten van het 7+ allel voorspelt een lagere leesvaardigheid. De relatie tussen DRD4 en leesvaardigheid wordt niet gemedieerd door oogbewegingen. De uitkomst van dit onderzoek impliceert dat het aan te raden is om uitgebreider onderzoek te doen naar de gevonden relaties. De vraag is of de relaties blijven bestaan wanneer de kinderen ouder worden en wanneer de oogbewegingen worden gemeten tijdens het lezen van letters waarvan in dit onderzoek niet werd gevraagd ze te benoemen en woorden of teksten. Daarnaast is het interessant om te onderzoeken op welke manier DRD4 invloed heeft op de oogbewegingen en leesvaardigheid zodat hier met gepaste interventies op ingespeeld kan worden.

Inleiding

In groep 3 zijn er al verschillen in leesvaardigheid tussen kinderen (Vernooy & Gerrits, 2008). De vraag is hoe deze verschillen verklaard kunnen worden. Uit eerder onderzoek komt naar voren dat het fonologisch bewustzijn ontwikkeld moet zijn om te kunnen leren lezen (De Jong & Van der Leij, 2005). Daarnaast blijkt dat executieve functies invloed hebben op de leesvaardigheid (Blair & Razza, 2007). Deze vaardigheden spelen een rol bij de verwerking van hetgeen gelezen wordt, maar verklaren niet alle verschillen in leesvaardigheid. Het is daarom belangrijk om ook naar andere factoren die verschillen in leesprestaties kunnen verklaren te zoeken. Voordat letters verwerkt kunnen worden moeten ze waargenomen worden. Mogelijk zijn er verschillen in de manier waarop kinderen letters in zich opnemen en is dat ook een verklaring voor verschillen in leesvaardigheid.

In dit onderzoek wordt daarom onderzocht of oogbewegingen tijdens het lezen invloed hebben op de leesvaardigheid van kinderen in groep 3. Oogbewegingen tijdens het lezen kunnen gemeten worden door verschillende kenmerken vast te stellen, bijvoorbeeld het aantal fixaties. Een fixatie is een punt in de tekst waarop de ogen tijdens het lezen 'rusten' (Rayner & Pollatsek, 1989). Het fixatiepunt en een aantal letters links en rechts daarvan bestrijken het foveale gebied. Het foveale gebied is het gebied waarin scherp wordt waargenomen. Het gebied daar buiten is het parafoveale gebied (Rayner & Pollatsek, 1989). De perceptuele span

is het gebied dat tijdens één fixatie effectief wordt gezien. Dat houdt in dat alle tekst in dat gebied gelezen kan worden (Rayner & Pollatsek, 1989). De perceptuele span is bij volwassenen gemiddeld drie of vier letter links van het fixatiepunt tot 14 of 15 letters rechts daarvan (McConkie & Rayner, 1975). Bij kinderen en bij minder goede lezers is de perceptuele span kleiner. Kinderen van acht jaar kunnen tot vijf letters rechts van het fixatiepunt lezen (Haikio, Bertram, Hyona & Niemi, 2009).

De perceptuele span is niet symmetrisch, daarom wordt tijdens het lezen van een tekst meestal niet op het midden van een woord gefixeerd. Wanneer woorden in een tekst worden gelezen blijkt dat de woorden rechts van het fixatiepunt beter worden herkend dan woorden links van het fixatiepunt. Dat kan komen doordat het begin van een woord informatiever is dan het einde van een woord. Daarnaast is het begin van het woord dat rechts van het fixatiepunt staat dichterbij het fixatiepunt dan het begin van het woord aan de linkerkant van het fixatiepunt (Brybaert & Vitu, 1996). Voor het lezen van losse woorden geldt dat deze het snelst herkend worden wanneer links van het midden gefixeerd wordt. Volgens Brybaert en Vitu (1996) en McCormick, Davis en Brybaert (2010) kan er het beste tweederde letter links van het midden gefixeerd worden. Woorden worden het snelst herkend wanneer bij een woord van vijf letters op de tweede letter wordt gefixeerd en bij een woord van zeven letters op de derde letter (McConkie & Zola, 1984). Dat komt doordat het grootste deel van het woord in dat geval aan de rechterkant van het gezichtsveld staat. Informatie van de rechterkant wordt in de linker hersenhelft verwerkt en die hersenhelft is over het algemeen dominant op het gebied van taal (Blakemore & Frith, 2008). Daardoor wordt het woord sneller herkend dan wanneer een groot deel van het woord door de rechter hersenhelft verwerkt zou worden. Daarnaast kan meespelen dat de gewoonte is om van links naar rechts te lezen. Het ligt daardoor voor de hand dat de woorden rechts van het fixatiepunt sneller herkend worden dan wanneer terug gelezen moet worden naar een woord links van het fixatiepunt (Brybaert & Vitu, 1996). Overigens komt het wel voor dat er terug wordt gelezen naar links. Deze oogbeweging wordt een regressie genoemd (Rayner & Pollatsek, 1989).

Fixaties duren ongeveer 150 tot 500 milliseconden. De fixatieduur kan gemeten worden en heeft invloed op de leessnelheid. Hoe minder er gefixeerd wordt en hoe korter de fixaties zijn, hoe hoger de leessnelheid zal zijn. De periodes tussen de fixaties worden saccades genoemd. Tijdens een saccade bewegen de ogen snel naar het volgende fixatiepunt. Een saccade bestaat gemiddeld uit zeven tot negen karakters. Hoe langer de saccades zijn, hoe hoger de leessnelheid (Rayner & Pollatsek, 1989).

Eerder onderzoek naar oogbewegingen is met name bij volwassenen uitgevoerd tijdens het lezen van teksten. Er is weinig onderzoek gedaan naar oogbewegingen bij beginnende lezers, maar wel is bekend dat kinderen, in vergelijking met volwassenen, meer en langere fixaties hebben, dat de perceptuele span kleiner is en dat ze meer regressies hebben (McConkie & Zola, 1986). Als gevolg daarvan lezen kinderen langzamer dan volwassenen. Wanneer kinderen leesvaardiger worden, neemt het aantal en de duur van de fixaties af en daardoor neemt de leessnelheid toe (Brickner, 1970). De verwachting is dat er ook verschillen in de oogbewegingen zijn tussen kinderen die beter en minder goed kunnen lezen. Dat zou betekenen dat de oogbewegingen tijdens het lezen de leesvaardigheid kunnen voorspellen.

Vervolgens is de vraag hoe de verwachte relatie tussen oogbewegingen en leesvaardigheid verklaard kan worden. Mogelijk hebben oogbewegingen en leesvaardigheid dezelfde genetische basis. Het Dopamine D4 Receptor gen (DRD4) zou op beiden invloed kunnen hebben. Er zijn twee varianten van dit gen: een korte en een lange variant (Kluger, Siegfried & Ebstein, 2002). Bij de lange variant is de opname van dopamine verstoord. Dopamine speelt een rol bij het controleren van oogbewegingen (Alexander, DeLong & Strick, 1986, zoals beschreven in Otten, 2010). Daarnaast is bekend dat de aandachtsregulatie vermindert als gevolg van een verstoring in de opname van dopamine (Robbins & Everitt, 1999). Ook dit zou invloed kunnen hebben op de oogbewegingen.

Er is meer onderzoek gedaan naar de invloed van DRD4 en daaruit blijkt dat DRD4 ook een rol speelt bij Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD, Tripp & Wickens, 2008). Het bezitten van het 7+ allel blijkt een risico te vormen voor het hebben van ADHD (Faraone, Doyle, Mick & Biederman, 2001). Daarnaast profiteren kinderen met de lange variant van DRD4 meer van feedback tijdens een computerprogramma dat de ontluikende geletterdheid traint dan kinderen met de korte variant van DRD4. Anderzijds presteren kinderen met de lange variant van DRD4 minder goed dan kinderen met de korte variant van DRD4 wanneer de feedback tijdens het computerprogramma ontbreekt (Kegel, Bus & Van IJzendoorn, 2011). Ze zijn dus gevoeliger voor zowel een positieve als een negatieve omgeving. Dit concept, dat inhoudt dat sommige kinderen gevoeliger zijn voor bepaalde invloeden heet 'differential susceptibility' (Belsky & Pluess, 2009), oftewel differentiële ontvankelijkheid.

Doordat het 7+ allel de opname van dopamine verstoort en daardoor de aandachtsregulatie verstoord wordt, is de verwachting dat DRD4 ook invloed heeft op de leesvaardigheid. Aandacht speelt namelijk een belangrijk in het leesproces. Dat blijkt uit een

onderzoek naar de invloed van executieve functies, waar aandachtsregulatie onder valt, op leesvaardigheid (Kegel, 2011).

Daarnaast is bekend dat dyslexie een genetische oorzaak heeft (Pennington, 1995, zoals beschreven in Marino et al., 2003) en dat dyslexie vaker voorkomt bij kinderen met ADHD (Marino et al., 2003). Aangezien DRD4 een rol speelt bij ADHD (Faraone et al., 2001) zou dit gen ook een rol kunnen spelen bij dyslexie. In een eerdere studie werd een marginaal effect gevonden tussen DRD4 en dyslexie (Hsiung, Kaplan, Petryshen, Lu & Field, 2004). Kinderen met dyslexie bleken vaker de lange variant van DRD4 te bezitten. DRD4 lijkt dus een rol te spelen bij de leesontwikkeling, hoewel er in een ander onderzoek geen duidelijke relatie werd gevonden (Marino, et al., 2003). De kinderen in dit onderzoek hebben echter geen dyslexie, maar mogelijk is er ook voor verschillen in leesvaardigheid bij kinderen zonder leesprobleem een genetische oorzaak. Een aanwijzing daarvoor is dat DRD4 tot uitdrukking komt in de prefrontale cortex in de hersenen. Dit gebied speelt een rol bij het reguleren van aandacht en executieve functies (Blakemore & Frith, 2008). Dat zijn functies die van belang zijn om te kunnen leren lezen.

Het is echter ook mogelijk dat er niet een directe relatie is tussen DRD4 en leesvaardigheid, maar dat deze relatie gemedieerd wordt door de oogbewegingen. Dat zou betekenen dat de relatie tussen DRD4 en leesvaardigheid verdwijnt als ook oogbewegingen als voorspeller wordt toegevoegd en dat DRD4 invloed heeft op de oogbewegingen en op die manier op leesvaardigheid. De precieze werking van DRD4 is niet bekend. Het ligt echter voor de hand dat er sprake is van een mediatiemodel wanneer er een relatie is tussen oogbewegingen en leesvaardigheid en beide factoren beïnvloed worden door DRD4.

Dit onderzoek richt zich op de volgende onderzoeksvragen:

1. Hebben oogbewegingen tijdens het lezen invloed op de leesvaardigheid?
2. Heeft het gen DRD4 invloed op de oogbewegingen tijdens het lezen?
3. Heeft het gen DRD4 invloed op de leesvaardigheid
4. Wordt de relatie tussen DRD4 en leesvaardigheid gemedieerd door de oogbewegingen?

Methode

Steekproef

Aan het onderzoek namen 15 scholen uit Zuid-Holland deel. De ouders van 312 kinderen, die Nederlands als moedertaal hebben, gaven toestemming om deel te nemen aan het onderzoek naar de effectiviteit van het computerprogramma 'Letters in beweging'. Een deel van de onderzoeksgroep is afgevallen, omdat ouders geen toestemming gaven voor het afnemen van DNA of omdat er kinderen verhuisd zijn of zijn blijven zitten. De uiteindelijke onderzoeksgroep bestond uit 182 kinderen, waarvan 107 jongens en 75 meisjes. De kinderen waren gemiddeld 77.8 maanden oud ($SD = 3.2$) en zaten in groep 3 van de basisschool.

Instrumenten

DRD4: er is wangslimvlies bij de kinderen afgenomen waaruit DNA is gehaald om vast te stellen welk genotype de kinderen hadden. Dat is gedaan door het exon 3 fragment te vergroten en te analyseren. Op basis van het genotype zijn de kinderen in twee groepen verdeeld: een groep met kinderen die minimaal één 7+ allel (de lange variant) hadden, zij kregen de score 0, en een groep met kinderen die alleen het 7- allel (de korte variant) hadden, zij kregen de score 1.

Verbale intelligentie: de Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT; Schlichting, 2005) is afgenomen om de verbale intelligentie vast te stellen. De test bestaat uit maximaal 204 opgaven waarbij het kind bij een mondeling aangeboden woord uit vier afbeeldingen de goede afbeelding moet aanwijzen. Deze test meet de receptieve woordkennis, maar dit heeft een hoge samenhang met verbale intelligentie (Pearson, 2011) en is daarom in dit geval gebruikt om de verbale intelligentie te meten.

Lettertaak: bij de lettertaak moesten de kinderen zes letters benoemen die één voor één gedurende 1 seconde in beeld kwamen op een scherm. Tijdens de taak zijn de oogbewegingen gemeten met behulp van een 'eye tracker' (Tobii). Dit is een computer die de beweging van de pupillen meet. Bij de lettertaak is gemeten hoe vaak en hoe lang er op de key feature werd gefixeerd. De key feature is het sleutel kenmerk van de letter, oftewel het deel van de letter waarop volwassenen fixeren om letters van elkaar te kunnen onderscheiden. Wanneer er nooit op de key feature werd gefixeerd, is de score 0 gegeven, wanneer er minimaal één keer op de key feature is gefixeerd, is de score 1 gegeven en wanneer alle fixaties op de key feature waren en er nooit buiten de key feature is gefixeerd was de score 2.

Parafoveale taak: Aan het begin van deze taak zagen de kinderen gedurende 1 seconde een blauwe scherm en daarna 1 seconde een smiley zodat op het midden van het scherm werd gefixeerd. Daarna werden gedurende 300 ms tegelijkertijd twee letters getoond: een letter foveaal en een letter parafoveaal. De parafoveale letter verscheen links of rechts van de foveale letter in beeld waarbij de parafoveale letter aan de linkerkant dichterbij de foveale letter stond dan de parafoveale letter rechts van de foveale letter om te compenseren voor de asymmetrische span. Aan de kinderen werd gevraagd deze letters te benoemen. Vervolgens verscheen er weer een blauw scherm en een smiley voordat de volgende letters in beeld kwamen. Tijdens deze taak zijn de oogmetingen net zoals bij de lettertaak gemeten met een eye tracker. Er zijn uit deze taak drie variabelen gemaakt: 'span', 'strategie' en 'zwak'.

Span. De score op de variabele 'span' staat voor het aantal keer dat beide letters correct benoemd zijn zonder op de parafoveale letter te fixeren. Dat betekent dat de span groot genoeg was om de parafoveale letter te kunnen benoemen zonder dat hier direct op werd gefixeerd. Wanneer de parafoveale letter niet benoemd kon worden of alleen nadat er op gefixeerd was, kon er geen punt gescoord worden op deze variabele. De maximale score op deze variabele was 12.

Strategie. De score op de variabele 'strategie' geeft aan hoeveel keer de parafoveale letter goed benoemd is met behulp van een fixatie. Hoe hoger de score, hoe beter de strategie, omdat er een oplossing is gezocht op het moment dat de span niet groot genoeg was om de parafoveale letter te kunnen benoemen zonder er op te fixeren. Er is een variabele voor strategie gemaakt met een totaalscore die maximaal 12 kon zijn. Daarnaast is de strategie voor links en rechts apart bekeken. Op deze variabelen was de maximale score 6.

Zwak. Tenslotte is een variabele 'zwak' gemaakt waarbij een punt is gegeven wanneer de parafoveale letter niet goed benoemd is en er ook niet op gefixeerd is. Dat betekent dat er geen strategie is toegepast. De maximale score op deze variabele was 12.

Actieve letterkennistaak: dit is een taak waarbij de kinderen alle letters van het alfabet moesten benoemen. Voor elke goed benoemde letter is een punt gegeven waardoor de maximale score 26 was.

Drie-Minuten-Tets (DMT): om de leessnelheid van de kinderen te meten is een kaart van de DMT afgenomen (Verhoeven, 1995). Bij deze test moesten in één minuut zoveel mogelijk woorden van een lijst, die uit 120 woorden bestaat, gelezen worden. Voor dit onderzoek is alleen de kaart met woorden met één klinker en één of twee medeklinkers gebruikt. Het aantal fout gelezen woorden is afgetrokken van het aantal gelezen woorden waardoor het aantal goed gelezen woorden binnen 1 minuut de score was op deze toets.

Schrijftaak: bij deze taak werden vijf woorden gedictieerd (papa, sim, been, jurk en een woord dat begon met de eerste letter van de naam van het kind of mama) die de kinderen op moesten schrijven. De geschreven woorden zijn als volgt op een 6-punts-schaal beoordeeld:

- 0: getekende krabbels
- 1: geschreven krabbels waar geen letters in te herkennen zijn.
- 2: geschreven letters die niet overeenkomen met letters uit het woord.
- 3: één letter uit het woord is goed geschreven
- 4: twee of meer letters uit het woord zijn goed geschreven
- 5: het woord is niet correct maar wel herkenbaar geschreven
- 6: het woord is correct geschreven

Leesvaardigheid: Er is een principale componenten analyse uitgevoerd met de actieve letterkennistaak, de DMT en de schrijftaak waaruit een nieuwe factor is gekomen met hoge ladingen (.82 tot .85) die 70% van de variantie verklaarde. Deze nieuwe factor staat voor de leesvaardigheid van de kinderen.

Analyses

Met behulp van de Huber-Whitetest is onderzocht of er een verband is tussen DRD4, oogbewegingen en leesvaardigheid. Met de Huber-Whitetest kan gecorrigeerd worden voor mogelijke verschillen tussen scholen. In Tabel 1 is te zien dat geslacht met geen enkele variabele correleerde dus er is voor gekozen om bij de analyses alleen te controleren voor leeftijd en verbale intelligentie.

Om het mediatiemodel te toetsen moeten vijf stappen doorlopen worden (Baron & Kenny, 1986):

1. Toetsen of er een relatie is tussen oogbewegingen leesvaardigheid.
2. Toetsen of er een relatie is tussen DRD4 en oogbewegingen.
3. Toetsen of er een relatie is tussen DRD4 en leesvaardigheid.
4. Toetsen of de relatie tussen DRD4 en leesvaardigheid verdwijnt onder invloed van de oogbewegingen.
5. Met de Sobeltest (Statistics Calculators, 2011) berekenen of het mediatiemodel significant is.

Tabel 1*Correlaties tussen de verschillende variabelen*

<i>Variabele</i>	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
1. Geslacht	1										
2. Leeftijd (in maanden)	-.08	1									
3. PPVT	-.04	.38**	1								
4. DRD4	-.05	-.02	.02	1							
5. Aantal fixaties op key feature	-.05	.15	.09	.03	1						
6. Span	-.01	.09	.16*	.02	.02	1					
7. Strategie	.07	.06	.02	.21**	.07	-.12	1				
8. Strategie links	.03	.05	.01	.22**	.07	-.10	.93**	1			
9. Strategie rechts	.11	.04	.04	.04	.04	-.09	.50**	.16*	1		
10. Zwak	-.02	-.09	-.18*	-.10	-.04	-.92**	-.25**	-.24**	-.10	1	
11. Leesvaardigheid	.15	-.06	.20	.15	-.06	.38**	.17*	.16*	.09	-.44**	1

* Correlatie significant bij $\alpha = .05$ ** Correlatie significant bij $\alpha = .01$

Note: N varieert tussen 157 en 182.

Resultaten*Hebben oogbewegingen tijdens het lezen invloed op de leesvaardigheid?*

Er is geen significante relatie tussen de variabelen ‘key feature’ en ‘leesvaardigheid’ ($\beta = -.22$, [95% CI $-.67, .23$]; $t(14) = -1.04$, $p = .32$). Dat wil zeggen dat het aantal keer dat op de key feature wordt gefixeerd niet de leesvaardigheid voorspelt.

Er is een significant negatieve relatie tussen de variabelen ‘zwak’ en ‘leesvaardigheid’ ($\beta = -.13$, [95% CI $-.18, -.09$]; $t(14) = -6.38$, $p < .001$). Hoe meer fouten er zijn gemaakt in het benoemen van de parafoveale letters zonder dat daarop is gefixeerd, hoe lager de leesvaardigheid is. Daarnaast is er een significant positieve relatie tussen de variabelen ‘span’ en ‘leesvaardigheid’ ($\beta = .12$, [95% CI $.07, .17$]; $t(14) = 4.77$, $p < .001$). Hoe meer parafoveale letters correct benoemd zijn zonder dat daarop gefixeerd is, hoe hoger de leesvaardigheid. Oftewel, de leesvaardigheid is hoger naarmate de perceptuele span groter is. De relatie tussen de variabelen ‘strategie’ en ‘leesvaardigheid’ is ook significant en positief ($\beta = .15$, [95% CI $.03, .27$]; $t(14) = 2.69$, $p = .02$). Hoe vaker de parafoveale letter goed

benoemd is met behulp van een fixatie, hoe hoger de leesvaardigheid. Kinderen die een strategie, namelijk fixeren op een letter, aanwenden om een letter te kunnen lezen, hebben een hogere leesvaardigheid. Er is onderscheid gemaakt tussen de scores op de variabele 'strategie' wanneer de parafoveale letter links van de foveale letter in beeld kwam en wanneer de parafoveale letter rechts van de foveale letter in beeld kwam. De relatie tussen de oogbewegingen terwijl de parafoveale letter links van de foveale letter in beeld kwam en leesvaardigheid blijkt wel significant te zijn ($\beta = .16$, [95% CI .03, .29]; $t(14) = 2.64$, $p = .02$), terwijl de relatie tussen de oogbewegingen terwijl de parafoveale letter rechts van de foveale letter in beeld kwam en leesvaardigheid niet significant is ($\beta = .20$, [95% CI -.04, .43]; $t(14) = 1.78$, $p = .10$). Dat betekent dat het aantal goed benoemde parafoveale letters links van de foveale letter met behulp van een fixatie, de leesvaardigheid voorspelt. Hoe vaker de letter goed is benoemd, hoe hoger de leesvaardigheid.

Heeft het gen DRD4 invloed op de oogbewegingen tijdens het lezen?

Er is geen significante relatie tussen de variabelen 'DRD4' en 'key feature' ($\beta = .02$, [95% CI -.11, .15]; $t(14) = .39$, $p = .71$). Dat betekent dat het hebben van de korte of lange variant van DRD4 niet voorspelt hoe vaak er op de key feature wordt gefixeerd.

De relatie tussen 'DRD4' en de variabele 'zwak' is eveneens niet significant ($\beta = -.63$, [95% CI -1.57, .31]; $t(14) = -1.44$, $p = .17$). Dat betekent dat het hebben van de korte of lange variant van DRD4 geen voorspellende waarde heeft voor het aantal fout benoemde parafoveale letters waar niet op gefixeerd is. Ook de relatie tussen 'DRD4' en de variabele 'span' is niet significant ($\beta = .06$, [95% CI -.88, 1.00]; $t(14) = .14$, $p = .89$). Dat wil zeggen dat het hebben van de korte of lange variant van DRD4 niet voorspelt hoeveel parafoveale letters goed benoemd worden zonder fixatie.

Er is wel een significant positieve relatie tussen 'DRD4' en de variabele 'strategie' ($\beta = .54$, [95% CI .09, .99]; $t(14) = 2.55$, $p = .02$). Het hebben van de korte of lange variant van DRD4 voorspelt het aantal goed benoemde parafoveale letters, terwijl daar op gefixeerd is. Kinderen met het 7- allel gebruiken vaker een fixatie-strategie voor het benoemen van parafoveale letters. Wanneer onderscheid gemaakt wordt tussen de parafoveale letters links en rechts van de foveale letter, blijkt dat er alleen een significante relatie is met 'DRD4' als de parafoveale letter links van de foveale letter staat ($\beta = .51$, [95% CI .14, .87]; $t(14) = 2.97$, $p = .01$) en niet als de parafoveale letter rechts van de foveale letter staat ($\beta = .03$, [95% CI -.15, .22]; $t(14) = .41$, $p = .69$). Kinderen met het 7- allel gebruiken wel vaker dan kinderen met

het 7+ allel de fixatie-strategie wanneer de parafoveale letter links van de foveale letter staat, maar niet wanneer de parafoveale letter rechts van de foveale letter staat.

Heeft het gen DRD4 invloed op de leesvaardigheid?

Er is een positieve relatie tussen ‘DRD4’ en ‘leesvaardigheid’ ($\beta = .28$, [95% CI .07, .49]; $t(14) = 2.80$, $p = .01$). Dat betekent dat het bezitten van het 7- allel een hogere leesvaardigheid voorspelt.

Wordt de relatie tussen DRD4 en leesvaardigheid gemedieerd door oogbewegingen?

Om het mediatiemodel te toetsen, moeten vijf stappen doorlopen worden, zie Tabel 2. Er is getoetst of er een relatie is tussen oogbewegingen en leesvaardigheid (stap 1), tussen DRD4 en oogbewegingen (stap 2) en tussen DRD4 en leesvaardigheid (stap 3). Bij het toetsen van het mediatiemodel is de totaalscore op de variabele ‘strategie’ gebruikt voor de oogbewegingen, omdat dat de enige variabele voor oogbewegingen was waarmee significante relaties met alle andere variabelen werden gevonden. Om te toetsen of de relatie tussen DRD4 en leesvaardigheid gemedieerd wordt door oogbewegingen, is oogbewegingen naast DRD4 toegevoegd als voorspellende factor (stap 4). Met de Sobel test is tenslotte nog getoetst of het mediatiemodel significant is (stap 5).

Tabel 2

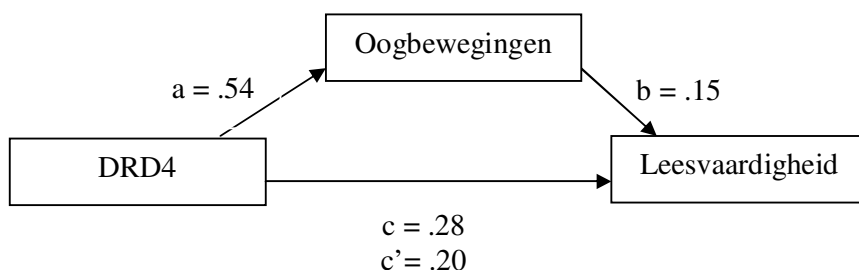
Test of de relatie tussen DRD4 en leesvaardigheid gemedieerd wordt door oogbewegingen (strategie bij het lezen van de linker parafoveale letter)

Stappen in het mediatiemodel	β	t	p	R ²
Stap 1				
Afhankelijke variabele: leesvaardigheid				
Voorspeller: oogbewegingen	.15	2.69	.02	.09
Stap 2				
Afhankelijke variabele: oogbewegingen				
Voorspeller: DRD4	.54	2.55	.02	.05
Stap 3				
Afhankelijke variabele: leesvaardigheid				
Voorspeller: DRD4	.28	2.80	.01	.07
Stap 4				
Afhankelijke variabele: leesvaardigheid				
Voorspeller: DRD4	.20	2.22	.04	
Voorspeller: oogbewegingen	.13	2.34	.04	
Totaal				.10
Stap 5				
Afhankelijke variabele: leesvaardigheid				
Voorspeller: DRD4 via oogbewegingen		1.84	.07	

Er zijn significante relaties tussen oogbewegingen en leesvaardigheid (stap 1), DRD4 en oogbewegingen (stap 2) en DRD4 en leesvaardigheid (stap 3). Wanneer sprake zou zijn van volledige mediatie, zou de relatie tussen DRD4 en leesvaardigheid verdwijnen als oogbewegingen als tweede voorspeller zou worden toegevoegd (stap 4). De relatie tussen DRD4 en leesvaardigheid wordt dan echter wel minder sterk, maar blijft significant ($\beta = .20$, [95% CI .01, .40]; $t(14) = 2.22$, $p = .04$). Er is dus geen sprake van een mediatiemodel, zie Figuur 1. Dat betekent dat DRD4 voornamelijk direct invloed heeft op leesvaardigheid of mogelijk via een andere mediator. Daarnaast heeft DRD4 ook invloed op de oogbewegingen en de oogbewegingen op leesvaardigheid ($\beta = .13$, [95% CI .01, .26]; $t(14) = 2.34$, $p = .04$).

Ook uit de Sobel test (stap 5) blijkt dat er geen sprake is van mediatie, want het mediatiemodel is niet significant ($p = .07$). Dat betekent dat de invloed van de oogbewegingen

op de relatie tussen DRD4 en leesvaardigheid niet significant is en dat de Sobel test het mediatiemodel niet ondersteunt. Dat wil zeggen dat er geen sprake is van mediatie.



Figuur 1. Mediatiemodel met oogbewegingen als mediator tussen DRD4 en leesvaardigheid. c = directe relatie, c' = indirecte relatie.

Conclusie en discussie

In dit onderzoek is nagegaan of oogbewegingen tijdens het lezen de leesvaardigheid kunnen voorspellen bij beginnende lezers. Er werd gevonden dat naarmate de perceptuele span groter is, de leesvaardigheid hoger is. De perceptuele span is de grootte van het tekstgebied dat kan worden gelezen tijdens één fixatie (Rayner & Pollatsek, 1989). De span is gemeten met een parafoveale taak. Wanneer de parafoveale letter in één keer goed benoemd is zonder erop te fixeren, is de span groter dan wanneer deze letter met behulp van een fixatie goed benoemd is. De strategie om te fixeren op een letter die zonder fixatie niet benoemd kan worden, wordt in dit onderzoek de fixatie-strategie genoemd. Kinderen met de lange variant van het DRD4 gen blijken deze strategie minder vaak te gebruiken dan kinderen met de korte variant. Bij de lange variant is de opname van dopamine verstoord wat ervoor blijkt te zorgen dat de fixatie-strategie niet wordt aangewend om de parafoveale letter, met name links van de foveale letter, te benoemen wanneer de span te klein is om deze letter zonder fixatie te benoemen. Daardoor wordt de parafoveale letter minder vaak goed benoemd door kinderen met het lange, 7+ allel. Daarnaast voorspelt het 7+ allel ook een lagere leesvaardigheid waardoor verwacht zou worden dat er sprake is van een mediatiemodel. Toch is er geen mediatiemodel gevonden dus DRD4 heeft direct invloed op zowel de oogbewegingen als op de leesvaardigheid en daarnaast hebben de oogbewegingen invloed op de leesvaardigheid.

Volwassenen hebben een grotere span dan kinderen en de leesvaardigheid van volwassenen is hoger (McConkie & Zola, 1986). Daarom werd verwacht dat de leesvaardigheid hoger is naarmate de span groter is. Dat blijkt te kloppen aangezien de leesvaardigheid hoger is wanneer de span groot genoeg is om de parafoveale letter zonder

fixatie te benoemen. De leesvaardigheid is ook hoger, wanneer de span nog niet groot genoeg is, maar de kinderen wel de fixatie-strategie aanwenden om de parafoveale letter toch te kunnen benoemen dan wanneer deze strategie niet wordt toegepast en de parafoveale letter daardoor niet benoemd kan worden. Door de fixatie-strategie wordt er wel vaker gefixeerd op een letter, terwijl verwacht werd dat betere lezers minder vaak fixeren. Dat is echter te verklaren doordat het iets vraagt van het aanpassingsvermogen van kinderen om een andere strategie in te zetten. Wanneer kinderen deze flexibiliteit hebben, heeft dat waarschijnlijk ook een positieve invloed op het lezen.

Dat het aanpassingsvermogen een belangrijke rol speelt, komt ook naar voren wanneer onderscheid gemaakt wordt tussen het benoemen met behulp van een fixatie op de parafoveale letters links en rechts van de foveale letter. Het valt op dat alleen het aantal letters aan de linkerkant dat goed benoemd wordt, de leesvaardigheid voorspelt. Een verklaring daarvoor is dat in het Nederlands de gewoonte is om van links naar rechts te lezen (Brybaert & Vitu, 1996). Mogelijk vraagt het meer van het aanpassingsvermogen om op de letter links van de foveale letter te fixeren dan op de letter rechts daarvan. Hoe vaker het lukt met een fixatie een parafoveaal links getoonde letter te benoemen, hoe hoger de leesvaardigheid. Het lijkt erop dat naarmate een kind beter in staat is om de oogbewegingen te controleren, de leesvaardigheid hoger is.

Tegen de verwachting in werd in dit onderzoek geen relatie gevonden tussen het aantal keer dat op de key feature van de letter is gefixeerd en leesvaardigheid. Er werd verwacht dat betere lezers vaker op de key feature zouden fixeren waardoor ze letters sneller en beter konden benoemen. Dat dit uit dit onderzoek niet naar voren komt is te verklaren doordat 86% van de kinderen bij geen enkele letter van de lettertaak nog op de key feature fixeerde. Dat betekent dat er op dit gebied in groep 3 nog weinig verschil is tussen de kinderen. Een reden daarvoor zou kunnen zijn dat zij nog weinig ervaring hebben met het lezen van letters en daardoor nog niet weten dat zij een letter snel kunnen herkennen door op de key feature te fixeren.

Toch kan de leesvaardigheid voorspeld worden op basis van de andere maten voor oogbewegingen. De oogbewegingen zelf worden beïnvloed door DRD4 doordat DRD4 een rol speelt bij de opname van dopamine in het lichaam en dopamine een rol speelt bij het controleren van oogbewegingen (Alexander et al., 1986, zoals beschreven in Otten, 2010). Wanneer de opname van dopamine verstoord is door het 7+ allel, heeft dit invloed op het aanwenden van de fixatie-strategie waardoor de parafoveale letter niet goed benoemd wordt. DRD4 heeft geen invloed op de overige maten voor oogbewegingen. Waarschijnlijk is dit te

verklaren doordat de oogbewegingen daarbij niet sterk aangepast hoeven te worden, terwijl dat wel gedaan moet worden bij het fixeren op de parafoveale letters en met name op de parafoveale letter links van de foveale letter, omdat het in het Nederlands niet de gewoonte is om van rechts naar links te lezen (Brybaert & Vitu, 1996). Wanneer de opname van dopamine verstoord is, zal dat van invloed zijn als de oogbewegingen aangepast moeten worden om bijvoorbeeld op een andere positie te fixeren doordat de fixatie-strategie in dit geval toegepast moet worden en uit dit onderzoek is gebleken dat kinderen bij wie de opname van dopamine verstoord is door het 7+ allel dit minder vaak doen.

Uit dit onderzoek blijkt dat DRD4 ook direct invloed heeft op de leesvaardigheid. Dit werd verwacht, onder andere omdat DRD4 tot uitdrukking komt in de prefrontale cortex (Blakemore & Frith, 2008) waardoor het invloed heeft op het reguleren van aandacht en op de executieve functies, functies die belangrijk zijn bij het leren lezen. Oogbewegingen en leesvaardigheden hebben dus gedeeltelijk eenzelfde genetische basis, beiden worden beïnvloed door DRD4. Doordat het aanwenden van de fixatie-strategie ook de leesvaardigheid beïnvloedt, werd verwacht dat er sprake is van een mediatiemodel. Dat zou betekenen dat DRD4 niet direct invloed heeft op de leesvaardigheid, maar dat DRD4 indirect van invloed is op de leesvaardigheid doordat DRD4 ervoor zorgt dat de fixatie-strategie minder vaak wordt gebruikt en hoe minder vaak deze strategie wordt aangewend, hoe de lager de leesvaardigheid is. Dit mediatiemodel werd echter niet gevonden, omdat de relatie tussen DRD4 en leesvaardigheid niet verdwijnt als oogbewegingen als tweede voorspeller wordt toegevoegd. Zowel DRD4 als oogbewegingen hebben dus direct invloed op de leesvaardigheid en DRD4 beïnvloedt de oogbewegingen. Er zou wel een andere mediator kunnen zijn. Uit onderzoek is bijvoorbeeld naar voren gekomen dat de relatie tussen DRD4 en leesvaardigheid gemedieerd wordt door executieve functies (Kegel, 2011).

Uit dit onderzoek blijkt dus dat DRD4 direct van invloed is op oogbewegingen en leesvaardigheid. Op basis van eerder onderzoek werd het 7+ allel een 'ontvankelijkheidsgeen' genoemd. Kinderen met dit gen blijken bijvoorbeeld gevoeliger te zijn voor het krijgen van feedback. Wanneer zij tijdens een computerprogramma dat de ontluikende geletterdheid traint feedback krijgen dan profiteren zij daar meer van dan kinderen met het 7- allel, maar wanneer de feedback ontbreekt presteren de kinderen met het 7+ allel minder goed dan de kinderen met het 7- allel (Kegel, Bus & Van IJendoorn, 2011). Uit dit onderzoek blijkt dat de oogbewegingen van kinderen met het 7+ allel minder effectief zijn en dat bovendien de leesvaardigheid bij deze kinderen lager is. Mogelijk zouden deze kinderen profiteren van een interventie waarbij de oogbewegingen getraind worden op een manier die aansluit bij het

gedrag van kinderen met het 7+ allel. Deze kinderen zouden bijvoorbeeld moeten leren om vaker de fixatie-strategie in te zetten waardoor de leesvaardigheid hoger wordt. Er werd geen mediatiemodel gevonden, maar dat betekent niet dat DRD4 alleen direct invloed heeft op de leesvaardigheid. Kinderen met het 7+ allel zullen waarschijnlijk sterker profiteren van een interventie waarbij de oogbewegingen worden getraind en de oogbewegingen kunnen vervolgens de leesvaardigheid beïnvloeden.

Aanbevelingen en tekortkomingen

Uit dit onderzoek blijkt dat DRD4 invloed heeft op oogbewegingen en leesvaardigheid, maar er zou meer onderzoek gedaan moeten worden om de precieze werking van dit gen te begrijpen en te beïnvloeden. Daarnaast zal dan ook blijken of DRD4 direct invloed heeft op de oogbewegingen of dat DRD4 bijvoorbeeld invloed heeft op het concentratievermogen en de aandachtsregulatie waardoor de oogbewegingen beïnvloed worden. Dit is aannemelijk aangezien DRD4 ook een rol speelt bij ADHD (Tripp & Wickens, 2008). Ook is nog de vraag hoe het komt dat DRD4 invloed heeft op de fixatie-strategie en het wel of niet aanwenden van deze fixatie-strategie van invloed is op de leesvaardigheid, maar dat er geen mediatiemodel is gevonden. Dat zal waarschijnlijk ook blijken wanneer er onderzoek wordt gedaan naar de precieze werking van DRD4.

Het zou interessant zijn om dit onderzoek uit te breiden. De vraag is of de gevonden relaties blijven bestaan wanneer de kinderen ouder worden en wanneer de oogbewegingen worden gemeten tijdens het lezen van andere letters en woorden of teksten. Eerder onderzoek naar oogbewegingen is voornamelijk gedaan tijdens het lezen van teksten. In dit onderzoek zijn de oogbewegingen alleen gemeten tijdens het lezen van letters. In een volgend onderzoek zouden dezelfde relaties onderzocht moeten worden, maar dan zowel tijdens het lezen van letters als van teksten.

Uit dit onderzoek kwam naar voren dat de relatie tussen het benoemen van de parafoveale letter links van de foveale letter en DRD4 en leesvaardigheid wel significant is en dat de relatie tussen het benoemen van de parafoveale letter rechts en DRD4 en leesvaardigheid niet significant is, ondanks dat de afstand tussen de parafoveale letter links en de foveale letter groter was dan tussen de parafoveale letter rechts en de foveale letter om te corrigeren voor de asymmetrische span. Waarschijnlijk komt dit doordat het aanpassingsvermogen van kinderen met het 7+ allel minder goed ontwikkeld is. Wanneer deze bevinding in een uitgebreider onderzoek ook wordt gedaan, dan zou het zinvol kunnen zijn om de oogbewegingen te trainen om de leesvaardigheid te verhogen. Dat betekent dat er

expliciet getraind zou moeten worden op het fixeren op het gebied links van het fixatiepunt. De verwachting is dat dit zal bijdragen aan een hogere leesvaardigheid, zeker bij kinderen met het 7+ allel aangezien dit bekend staat als een ontvankelijkheidsgen en deze kinderen daardoor mogelijk gevoeliger zijn voor een training.

Naast het feit dat dit onderzoek aanknopingspunten oplevert voor verder onderzoek, zijn er twee belangrijke voorspellers voor de leesvaardigheid gevonden. Zowel oogbewegingen als DRD4 zijn van invloed op de leesvaardigheid. Er moet nagegaan worden of DRD4 en oogbewegingen beïnvloed kunnen worden, maar wanneer dat het geval is, zijn er door dit onderzoek twee nieuwe factoren gevonden waar op in gespeeld kan worden door middel van interventies die beogen de leesvaardigheid te verhogen.

Literatuur

- Baron, R. & Kenny, D. (1986). The moderator-mediator variable distinction in social-psychological research. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51, 1173-1182.
- Belsky, J. & Pluess, M. (2009). Beyond diathesis stress: Differential susceptibility to environmental influences. *Psychological Bulletin*, 135, 885–908.
- 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.
- Blakemore, S. & Frith, U. (2008). *The learning brain*. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Brickner, A.C. (1970). *The analysis of eye-movement recordings from a sample of underachieving secondary students and a sample of underachieving primary students*. Verkregen op 10 maart, 2011, van <http://web.ebscohost.com.ezproxy.leidenuniv.nl:2048/ehost/detail?sid=eccd3db-e-2a34-4c31-8198-5871788e33c0%40sessionmgr110&vid=1&hid=112&bdata=JnNpdGU9ZWlv c3QtG12ZQ%3d%3d#db=eric&AN=ED045283>.
- Brybaert, M. & Vitu, F. (1996). The right visual field advantage and the optimal viewing position effect: on the relation between foveal and parafoveal word recognition. *Neuropsychology*, 10, 385-395.
- De Jong, P.F. & Van Der Leij, A. (2005). Dyslexie: achtergronden en ontwikkeling van ernstige leesproblemen. In M.H. van IJzendoorn & H. de Frankrijker

- (red.), *Pedagogiek in beeld* (p. 323-334). Houten: Bohn Stafleu Van Loghum.
- Faraone, S.V., Doyle, A.E., Mick, E. & Biederman, J. (2001). Meta-analysis of the association between the 7-repeat allele of the dopamine D4 receptor gene and attention deficit hyperactivity disorder. *American Journal of Psychiatry*, *158*, 1052–1057.
- Ellis, B.J., Boyce, W. T., Belsky, J., Bakermans-Kranenburg, M.J. & Van IJzendoorn, M.H. (2011). Differential susceptibility to the environment: An evolutionary-neurodevelopmental theory. *Development and Psychopathology*, *23*, 7–28.
- Haikio, T., Bertram, R., Hyona, J. & Niemi, P. (2009). Development of the letter identity span in reading: Evidence from the eye movement moving window paradigm. *Journal of Experimental Child Psychology*, *102*, 167-181.
- Hsiung, G.R., Kaplan, B.J., Petryshen, T.L., Lu, S. & Field, L.L. (2004). A dyslexia susceptibility locus (DYX7) linked to dopamine D4 receptor (DRD4) region on chromosome 11p15.5. *American Journal of Medical Genetics Part B*, *125*, 112-119.
- Kegel, C.A.T. (2011). *Differential susceptibility in education. Interaction between genes, regulatory skills, and computer games*. Leiden University: doctoral dissertation.
- Kegel, C.A.T., Bus, A.G. & Van IJzendoorn, M.H. (2011). Differential susceptibility in early literacy instruction through computer games: The role of the dopamine D4 receptor gene (DRD4). *Mind, Brain, and Education*, *5*, 71-78.
- Kluger, A.N., Siegfried, Z. & Ebstein, R.P. (2002). A meta-analysis of the association between DRD4 polymorphism and novelty seeking. *Molecular Psychiatry*, *7*, 712-717.
- Marino, C., Giorda, R., Vanzin, L., Molteni, M., Lorusso, M.L., Nobile, M. et al. (2003). No evidence for association and linkage disequilibrium between dyslexia and markers of four dopamine-related genes. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *12*, 198-202.
- McConkie, G.W., & Rayner, K. (1975). The span of the effective stimulus during a fixation in reading. *Perception & Psychophysics*, *17*, 578–586.
- McConkie, G.W. & Zola, D. (1984). *Eye movement control during reading: The effect*

of word units. Technical report no. 310. Verkregen op 2 maart, 2011, van <http://web.ebscohost.com.ezproxy.leidenuniv.nl:2048/ehost/detail?sid=67e978fe-4477-431e-89f6-7f45d855a4c8%40sessionmgr113&vid=1&hid=111&bdata=JnNpdGU9ZWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#db=eric&AN=ED240531>.

McConkie, G.W. & Zola, D. (1986). *Eye movement techniques in studying differences among developing readers. Technical report no. 377.* Verkregen op 2 maart, 2011, van <http://web.ebscohost.com.ezproxy.leidenuniv.nl:2048/ehost/detail?sid=96379569-ec63-4d37-a697-cfc12480375d%40sessionmgr110&vid=1&hid=112&bdata=JnNpdGU9ZWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#db=eric&AN=ED271739>.

McCormick, S.F., Davis, C.J. & Brysbaert, M. (2010). Embedded words in visual word recognition: Does the left hemisphere see the rain in brain? *Journal of Experimental Psychology*, 36, 1256-1266.

Otten, M.A. (2010). *Effecten van L-dopa op cognitie en motoriek bij stabiele en de novo patiënten met de ziekte van Parkinson.* Universiteit Utrecht.

Pearson. (2011). *Peabody Picture Vocabulary Test-III NL.* Verkregen op 29 oktober, 2011, van test.

Rayner, K. & Pollatsek, A. (1989). *The psychology of reading.* Prentice-Hall: New Jersey.

Robbins, T.W., & Everitt, B.J. (1999). Drug addiction: Bad habits add up. *Nature*, 398, 567–570.

Schlichting, L. (2005). *Peabody Picture Vocabulary Test-III NL.* Amsterdam: Harcourt Test Publisher.

Statistics Calculators (2011). *Sobel test calculator for the significance of mediation.* Verkregen op 27 augustus, 2011, van <http://danielsoper.com/statcalc3/calc.aspx?id=31>.

Tripp, G. & Wickens, J.R. (2008). Research review: Dopamine transfer deficit: A neurobiological theory of altered reinforcement mechanisms in ADHD. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 49, 691–704.

Vernooy, K. & Gerrits, P. (2008). *Omgaan met verschillen in leesontwikkeling.* Amersfoort: CPS.