

SAMENVATTING

In de afgelopen jaren is kennis over structuur en functie van de hersenen sterk toegenomen. Vooruitgang in meetmethoden in de hersen- en cognitiewetenschap hebben geleid tot nieuwe inzichten over leerprocessen en hersenontwikkeling tijdens de adolescentieperiode. Deze inzichten vergroten niet alleen onze kennis van leren en ontwikkeling, maar leveren mogelijk ook waardevolle toepassingen voor de praktijk van onderwijs en opvoeding. Het idee is dat onderwijs en leeruitkomsten verbeterd zouden kunnen worden door rekening te houden met de ontwikkeling van het brein en verschillende factoren die ten grondslag liggen aan succesvol schools presteren. Dit heeft geleid tot het ontstaan van een nieuw onderzoekgebied, genaamd *Onderwijsneurowetenschap (Educational Neuroscience)*. Eén aspect van dit onderzoekgebied, *Educational Neuropsychology*, richt zich zowel op fundamenteel onderzoek naar hersengedrag relaties die relevant zijn voor het onderwijs, als ook op toegepast onderzoek waarbij wordt onderzocht welke implicaties deze bevindingen hebben voor de onderwijspraktijk. Een algemene introductie in dit onderzoekgebied staat beschreven in **Hoofdstuk 1**.

Doelen van dit proefschrift

Momenteel bestaat er een grote behoefte aan wetenschappelijke validatie van de praktische toepassingen van inzichten uit de neurowetenschappen en cognitieve wetenschap in onderwijssettings. Een nauwe samenwerking tussen wetenschappers en praktijkbeoefenaars in het onderwijs wordt cruciaal bevonden om onderwijs te ontwikkelen dat gebaseerd is op wetenschappelijk onderzoek. Daarom is dit proefschrift gewijd aan *translationeel onderzoek* op het gebied van brein, leren en educatie, waarin de dialoog tussen wetenschap en onderwijspraktijk centraal staat. Het onderzoek richt zich op een doelgroep van jonge adolescenten (10-14 jaar), omdat deze leeftijdsperiode gekenmerkt wordt door grote veranderingen in ontwikkeling en in onderwijsvorm. De doelen van dit proefschrift waren om 1) individuele verschillen te onderzoeken in factoren

onderliggend aan schools presteren en 2) interventies op het gebied van ‘Brein & Leren’ te evalueren, waarin neuropsychologische kennis die relevant is voor de onderwijspraktijk wordt geïmplementeerd in een schoolse setting.

Individuele verschillen tussen leerlingen

Hoofdstuk 2, 3 en 4 zijn gericht op individuele verschillen in schoolprestatie tijdens de adolescentie. Het onderzoek in **Hoofdstuk 2** beschrijft leeftijds- en geslachtsverschillen in motivatiedoelen (wetenschappelijke term: *goal orientations*) tijdens de adolescentie. Leerlingen hebben verschillende doelen voor ogen wanneer zij hun schoolwerk maken. Sommige leerlingen leren vanuit nieuwsgierigheid en intrinsieke motivatie; andere leerlingen hebben een extern doel (hun competentie bewijzen, of voorkomen dat zij fouten maken); weer andere leerlingen willen geen moeite doen voor school (zie Tabel S.1). De proefpersonen in het onderzoek waren 910 adolescenten van 10-19 jaar. Zij lazen beschrijvingen van leerlingen met vier verschillende motivatiedoelen (zie Tabel S.1) en gaven aan met welke leerling zij zichzelf het meest identificeren. In het onderzoek werden jongens en meisjes van twee leeftijdsgroepen (10-14 versus 14-19 jarigen) met elkaar vergeleken. De resultaten lieten zien dat meisjes vaker dan jongens leergierig (48% vs 39%) of faalangstig (20% vs 14%) waren. Jongens waren daarentegen vaker werkvermijdend of prestatiegericht. In de leeftijdscategorie 14-19 jaar kwamen werkvermijdende doelen meer dan twee keer zoveel voor bij jongens dan bij meisjes (27% vs 12%). Dit kan een van de mogelijke verklaringen zijn voor de lagere schoolprestatie van jongens vergeleken met meisjes. Met leeftijd nam leergierigheid af (van 52% naar 36%), terwijl een werkvermijdende houding toenam (van 8% naar 18%). Dit geeft de noodzaak aan van vroege interventie.

Tabel S.1 *Motivatiedoelen*

Type leerling	Verkorte beschrijving doel
Leergierig	“Ik vind leren leuk”
Prestatiegericht	“Ik wil laten zien hoe goed ik ben”
Faalangstig	“Ik wil niet dom overkomen”
Werkvermijdend	“Ik wil liever geen moeite doen voor school”

Hoofdstuk 3 bouwt voort op deze bevindingen en beschrijft of motivatiedoelen inderdaad voorspellend waren voor schools presteren. Het onderzoek werd uitgevoerd bij 735 adolescenten van 10 tot 19 jaar. De resultaten lieten zien dat leerlingen die leergierig of prestatiegericht waren, hogere cijfers haalden dan leerlingen die werkvermijdend of faalangstig waren. Verder werd onderzocht in welke mate de verschillende leerlingtypes

zich bewust waren van hun eigen leergedrag, en in hoeverre ze dit gedrag bewust stuurden. Dit zijn de zogenaamde *metacognitieve zelfregulatie vaardigheden*. Uit het onderzoek bleek dat leergierige leerlingen in deze vaardigheden excelleerden, en dat werkvermijdende leerlingen de minst goede zelfregulatie vaardigheden hadden. Dit was de verklaring voor het verschil in schoolprestatie van de verschillende type leerlingen. Hoe beter hun zelfregulatie vaardigheden, hoe beter de schoolprestatie. Kortom, de relatie tussen motivatiedoelen en schools presteren werd *gemedieerd* door metacognitieve zelfregulatie. De bevindingen van dit onderzoek suggereren dat motivatiedoelen via zelfregulatie vaardigheden positief gerelateerd zijn aan schools presteren.

Hoofdstuk 4 richt zich op een andere factor die belangrijk is voor veel schoolse taken, namelijk de snelheid van informatieverwerking. Op een schooldag worden leerlingen met veel informatie geconfronteerd, en de snelheid en efficiëntie waarmee ze die verwerken is medebepalend voor hoe goed zij kunnen presteren. Er is onderzocht of er tijdens de vroege adolescentie verschillen zijn tussen jongens en meisjes in de efficiëntie waarmee ze informatie kunnen verwerken. Deelnemers aan het onderzoek waren 306 adolescenten uit de brugklas en derde klas van het voortgezet onderwijs (respectievelijk 13 en 15 jaar oud). Zij maakten een zogenaamde substitutie taak, waarin ze een letter-cijfer koppeling leren en binnen een gegeven tijdsinterval zoveel mogelijk van deze letter-cijfer koppelingen invullen. De resultaten lieten zien dat leerlingen uit de derde klas beter op deze taak presteerden dan leerlingen in de brugklas. Onafhankelijk van leeftijd waren meisjes beter in deze taak dan jongens. De 25% best-presterende leerlingen bevatte twee keer zoveel meisjes als jongens. Het omgekeerde patroon werd gevonden binnen de 25% slechtst-presterende leerlingen. Daarnaast was er een effect van opleidingsniveau: leerlingen van het vwo presteerden beter dan leerlingen van de havo. Schoolcijfers waren niet gerelateerd aan de snelheid van informatieverwerking. Hieruit blijkt dat niet de schoolcijfers, maar de leerling-karakteristieken zoals leeftijd, geslacht en opleidingsniveau voorspellend zijn voor de efficiëntie waarmee informatie wordt verwerkt. De bevindingen impliceren dat de efficiëntie waarmee informatie verwerkt wordt, zelfs na het 13^e levensjaar nog doorontwikkelt. Tijdens de vroege adolescentie kunnen meisjes efficiënter informatie verwerken dan jongens.

Neurowetenschappelijke kennis van docenten

Neuropsychologische inzichten over leren en ontwikkeling kunnen praktische toepassingen opleveren voor de onderwijspraktijk. Als eerste stap in de richting van translationeel onderzoek op het gebied van Brein, Leren en Educatie, is in **Hoofdstuk 5 en 6** onderzocht hoeveel docenten momenteel weten van het onderwerp 'Brein & Leren'. Er zijn sterke aanwijzingen dat er veel misvattingen over het brein circuleren onder

onderwijsprofessionals. Daarom was het onderzoek beschreven in **Hoofdstuk 5** erop gericht om te onderzoeken hoeveel van deze *neuromythen* bestaan in de onderwijspraktijk. Ook werd onderzocht welke factoren voorspellen of docenten in neuromythen geloven. Een grote observationele studie werd uitgevoerd onder 242 docenten in het Verenigd Koninkrijk en Nederland. Deze docenten van basis- en voortgezet onderwijs waren allen geïnteresseerd in het onderwerp 'Brein & Leren'. Zij vulden een online vragenlijst in bestaande uit 32 stellingen over het brein en hoe dat betrokken is bij leren. Hierin waren 15 neuromythen opgenomen. Uit de resultaten bleek dat docenten gemiddeld 49% van de neuromythen geloofden, en dan met name mythen die gerelateerd waren aan commerciële onderwijsmodules. Ongeveer 70% van de algemene kennisvragen over het brein werd juist beantwoord. Docenten die populair wetenschappelijke tijdschriften lezen behaalden een hogere score op deze algemene kennisvragen. Echter, hoe groter de algemene kennis, hoe vaker de docenten in de mythen geloofden. Dit suggereert dat docenten die enthousiast zijn over de toepassing van neurowetenschap in de onderwijspraktijk, het vaak lastig vinden om te differentiëren tussen wetenschap en pseudowetenschap. Een grotere algemene kennis over het brein bleek geen beschermende factor voor het geloven in neuromythen. Dit geeft aan dat interdisciplinaire communicatie noodzakelijk is om het ontstaan van misverstanden in de toekomst tegen te gaan, en om een succesvolle samenwerking op te kunnen zetten tussen neurowetenschappers en onderwijsprofessionals.

Hoofdstuk 6 onderzocht hoe groot de kennis van biologiedocenten in het voortgezet onderwijs was over het onderwerp 'Brein & Leren'. Daarnaast werd geëvalueerd welk effect een lesmodule over 'Brein & Leren' had op de kennis van docenten en op de ideeën die leerlingen hadden over leerpotentieel. De module bestond uit drie lessen over hersenontwikkeling, plasticiteit (veranderlijkheid) van het brein en leren. Deze lessen werden uitgevoerd door 40 biologieleraars die geïnteresseerd waren in het onderwerp, bij klassen uit de onderbouw havo/vwo. Het onderzoek had een wachtlijst-controle design. Dit betekent dat docenten aan de start van het project in twee groepen werden verdeeld. Eén groep docenten startte direct met de lesmodule (de interventiegroep), terwijl de andere groep (de wachtlijst-controlegroep) pas met het project mocht beginnen als de eerste groep de module had afgerond. De evaluatie vond plaats op het moment dat de interventiegroep (18 docenten; 456 leerlingen) het project had afgerond, en voordat de wachtlijst-controlegroep (22 docenten; 785 leerlingen) met het project was gestart. De evaluatie bestond uit het invullen van online vragenlijsten, door docenten en hun leerlingen. Voorafgaand aan de lesmodule bleken docenten minder te weten van breinfuncties en hersenontwikkeling (47% van de vragen correct) dan van de structuur van het zenuwstelsel en het brein (78% van de vragen correct). Docenten die de lesmodule

hadden geïmplementeerd, hadden significant meer kennis van hersenfuncties en hersenontwikkeling (65% van de vragen correct) dan docenten die nog niet met het materiaal hadden gewerkt. Leerlingen die de lesmodule hebben gevolgd gaven significant vaker dan leerlingen uit de controlegroep aan dat zij intelligentie zagen als iets wat zeer veranderbaar is (29% vs 21%). Sterke ideeën over de veranderbaarheid van intelligentie zijn in eerder onderzoek gerelateerd aan hogere schoolprestaties. Al met al suggereert dit onderzoek dat de lesmodule effectief was in het vergroten van de kennis van docenten over dit onderwerp en in het promoten van effectieve ideeën over intelligentie. Daarnaast werd het zowel door docenten als leerlingen positief beoordeeld. Daarom zou een dergelijke lesmodule een waardevolle toevoeging kunnen zijn aan het huidige biologiecursus.

Een neuropsychologische interventie voor de onderwijspraktijk

Deel twee van dit proefschrift, **Hoofdstuk 7 t/m 12**, is gewijd aan de ontwikkeling, implementatie en evaluatie van een neuropsychologische interventie in een schoolse omgeving. Deze nieuwe neuropsychologische interventie genaamd *Leer het brein kennen* heeft als hoofddoel om zelfregulatie vaardigheden te verbeteren bij jong adolescenten jongens (12-14 jaar). Veel jongens in deze leeftijdscategorie worden namelijk gekenmerkt door impulsief gedrag, verhoogde afleidbaarheid en moeite met plannen. Eén van de mogelijke verklaringen hiervoor is dat de hersengebieden die verantwoordelijk zijn voor het sturen van gedrag, pas laat in de adolescentie ontwikkeld zijn. Om deze ontwikkeling te stimuleren, zijn interventies nodig die adolescenten leren om doelgericht gedrag uit te voeren.

Inhoud van de interventie

De neuropsychologische interventie die in de proefschrift beschreven staat, bestaat uit drie componenten: 1) psychoeducatie (uitleg) over het brein en verschillende cognitieve functies die belangrijk zijn voor leren (aandacht, planning, impulsiviteit, geheugen), 2) het aanleren van een strategie om doelgericht gedrag te stimuleren, en 3) groepsdiscussies waarin ervaringen worden uitgewisseld en geoefend wordt om op het eigen gedrag te reflecteren. Interventiegroepen bestaan uit maximaal 8 jongens, geleid door twee docenten die hiervoor van tevoren training hebben ontvangen. De interventie werd stapsgewijs ontwikkeld, in nauwe samenwerking met vier scholen voor voortgezet onderwijs.

Effectiviteit van de interventie

Het onderzoek naar de effectiviteit van de interventie werd uitgevoerd bij 80 jongens uit de brugklas en tweede klas van havo/vwo. Deze jongens hadden relatief meer moeite met zelfregulatie dan hun klasgenoten. Zij werden willekeurig toegewezen aan ofwel de nieuwe neuropsychologische interventie, ofwel de controle interventie (standaard huiswerkbegeleiding). Om het interventie-effect te bepalen, werd hun prestatie op cognitieve taken (aandacht, geheugen, snelheid) gemeten op verschillende tijdstippen: vooraf, direct na deelname en drie maanden na deelname aan de interventie. Bij de jongens in de brugklas werd na afloop van de interventie aanvullend een interview gehouden, om een beeld te krijgen van hun ervaringen. De resultaten lieten geen groepsverschillen zien op cognitieve taken (aandacht, geheugen en snelheid) of cognitievragenlijsten ingevuld door docenten, ouders en de jongens zelf. Beide interventies leidden tot vooruitgang op deze maten over tijd. De interviews toonden echter dat de ervaringen van beide groepen sterk uiteenliepen. Leerlingen uit de neuropsychologische interventie rapporteerden een vooruitgang in kennis en vaardigheden. Daarnaast toonden zij inzicht in hun eigen sterktes en zwakten. De groep die huiswerkbegeleiding had gevolgd rapporteerde daarentegen met name vooruitgang wat betreft het afronden van hun huiswerk en het maken van een planning. Deze resultaten suggereren dat deelname aan *Leer het brein kennen* waarschijnlijk meer lange termijn voordelen biedt. Het geeft de jongens inzicht en handvatten om hun leergedrag te optimaliseren. Herhaalde oefening met de tips uit deze interventie is echter essentieel om op lange termijn veranderingen te kunnen meten in cognitieve prestatie. Dit onderzoek is de eerste stap richting de ontwikkeling van een interventie die waarde heeft voor de onderwijspraktijk. Het laat zien hoe wetenschap en praktijk kunnen samenwerken en hoe dit kan leiden tot de ontwikkeling van gefundeerde nieuwe onderwijsmethoden.

Conclusies van dit proefschrift

De belangrijkste conclusies van dit proefschrift en suggesties voor vervolgonderzoek staan beschreven in **Hoofdstuk 13**. Het onderzoek beschreven in dit proefschrift benadrukt dat leeftijd en geslacht belangrijke bronnen van variabiliteit in schoolprestatie zijn tijdens de vroege adolescentie. Verder laat het onderzoek zien dat neuropsychologische inzichten vertaald kunnen worden naar werkbare interventies voor scholen. Dit proefschrift benadrukt het belang van interdisciplinaire communicatie om progressie te maken in het veld van Brein, Leren en Educatie. Wetenschappelijk onderzoek vindt plaats onder gecontroleerde omstandigheden, terwijl de dagelijkse onderwijspraktijk juist gekenmerkt wordt door variabiliteit. Daarom is het bij het selecteren van de beste onderwijsmethoden noodzakelijk dat wetenschappelijke evidentie telkens getoetst wordt aan de praktische

kennis en ervaringen van docenten. De uitkomst van het leerproces is niet alleen afhankelijk van cognitieve capaciteiten, maar ook van vaardigheden, motivatie en de houding ten opzichte van school. Daarom zou het waarschijnlijk beter zijn om de kenmerken van de lerende adolescent, in plaats van de inhoud van het curriculum, het uitgangspunt te laten zijn bij het ontwerpen van onderwijs. Toekomstig onderzoek zou zich kunnen richten op het stimuleren van docentprofessionalisering, het ontwikkelen van interventies voor schoolse settings en het ontwikkelen van valide uitkomstmaten voor dit soort toegepast onderzoek. Op deze manier kan een school geleidelijk veranderen in een dynamische leeromgeving, waarin zowel leerlingen als docenten optimaal gestimuleerd worden tot leren.