

van Aken, L. (2017). The relationship between intelligence and executive function. Understanding theory in clinical practice.

Doel van dit proefschrift is om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen executief functioneren (EF) en intelligentie, in het bijzonder het Cattell-Horn-Carroll model van intelligentie. EF is een begrip dat veel gebruikt wordt binnen de neuropsychologische praktijk en verwijst naar verschillende cognitieve vaardigheden zoals het plannen, monitoren, aanpassen en inhiberen van gedrag. Deze vaardigheden hangen samen met, maar zijn ook te onderscheiden van intelligentie. Binnen de theorievorming over intelligentie is het CHCmodel een van de meest invloedrijke theorieën. Dit model onderscheidt verschillende vormen van intelligentie zoals gekristalliseerde kennis en vloeiende capaciteiten, maar EF wordt hierin niet expliciet beschreven. Dit is opmerkelijk, omdat EF binnen de neuropsychologische praktijk een belangrijke plaats heeft en beide benaderingen conceptueel overlap vertonen binnen het domein van de cognitieve vaardigheden. In onderhavige dissertatie wordt de relatie tussen EF en intelligentie uitgediept op basis van metingen met verschillende instrumenten in diverse klinische steekproeven. Het doel is om het klinisch relevante concept EF te verbinden met een factoranalytisch model over intelligentie. In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van de voornaamste bevindingen van de studies en de overwegingen daarbij, als ook van de sterktes en zwaktes van de gebruikte methoden en technieken. Tot slot worden implicaties voor toekomstig onderzoek besproken.

Samenvatting van de studies

In **hoofdstuk 2** wordt de representatie van EF in de derde editie van de Wechsler Adult Intelligence Test (WAIS-III; Wechsler, 1997) onderzocht. De Wechsler intelligentieschalen zijn de meest gebruikte intelligentietests in de praktijk, maar er is nog onduidelijkheid over de wijze waarop je EF met de WAIS-III kunt meten. In de WAIS-III worden scores van 14 subtests samengevat in een verbale (VIQ) en performale (PIQ) component, welke samen een totaal IQ (TIQ) vormen. Een onderverdeling in vier factoren bleek zowel vanuit theoretisch als vanuit klinisch perspectief geschikter voor de indeling van de subtests dan de VIQ – PIQdichotomie (Kaufman & Lichtenberger, 1999). Deze vier factoren zijn de Verbale Begripsindex (VBI), de Perceptuele Organisatie-index (POI), de Werkgeheugenindex (WGI) en de Verwerkingsnelheidsindex (VSI).

Hoewel in de ontwikkeling van de WAIS-III vooral empirische en pragmatische argumenten een rol hebben gespeeld, bleken de WAIS-III-indexen redelijk goede representaties van vijf theoretische constructen uit het CHC-model te zijn, te weten gekristalliseerde intelligentie (Gc), vloeiende intelligentie (Gf), visuele informatieverwerking (Gv), korte termijn- en werkgeheugen (Gsm) en Verwerkingsnelheid (Gs) (Alfonso, Flanagan & Radwan, 2005). Tegelijkertijd blijkt de WAIS-III voornamelijk gekristalliseerde vaardigheden te meten, terwijl het aandeel van andere vaardigheden, waaronder Gf, beperkt is (Blair, 2006; Duncan et al., 1995). Gf is kortgezegd het vermogen om nieuwe, complexe problemen op te lossen zonder daarbij een beroep te kunnen doen op aangeleerde kennis. Gf is in de literatuur veelvuldig gerelateerd aan EF. Voor het beschrijven van informatieverwerkingsprocessen is EF een belangrijk concept in de

neuropsychologie en het meten van EF is dan ook een belangrijk onderdeel van het neuropsychologisch onderzoek.

Om het aandeel van EF in de WAIS-III te onderzoeken, werd in hoofdstuk 2 gebruik gemaakt van drie veelgebruikte, traditionele executieve taken; de BADS (Behavioural Assessment of the Dysexecutive Syndrome; Wilson, Alderman, Burgess, Emslie & Evans, 1996; Krabbendam & Kalff, 1997), de Stroop Kleur-Woord Test (Hammes, 1971), en de Wisconsin Card Sorting Test (WCST; Heaton, 1981). Middels exploratieve factoranalyse met maximum-likelihoodprocedures werd een twee-, drie- en vier-factorenmodel onderzocht. Zowel het drie- als vier-factorenmodel bleken passend bij de empirische gegevens. Het vierfactorenmodel paste het beste en kwam vrijwel volledig overeen met de factorstructuur volgens de vier indexen van de WAIS-III. Alle drie de EF-taken laadden op de factor die overeen kwam met de POI. Deze resultaten ondersteunen eerdere bevindingen waarbij een grote overlap tussen Gf en EF is aangetoond, aangezien enkele POI-taken geassocieerd zijn met Gf (Duncan, 2010; Roca et al., 2010). Verderop in dit deze samenvatting zal de relatie tussen Gf en EF nader worden besproken. De resultaten van hoofdstuk 2 bevestigen voorts het grote aandeel van Gc in de WAIS-III. Gc wordt gemeten door de VBI. Deze index verklaart maar liefst 41,7 % van het model, ten opzichte van 12,9 % verklaarde variantie door de POI, 6,2 % door de WGI en 5,2% door de VSI. Dit geeft een vertekend beeld van intelligentie waar mogelijk niet iedere clinicus zich bewust van is (Blair, 2006). De onevenredige verdeling roept tevens vragen op over de inhoudsvaliditeit van de WAIS-III, zeker wanneer men zich bedenkt dat in veel gevallen Gf een betere representatie van *g* blijkt te zijn dan Gc (Duncan, 1995, 2010).

In **hoofdstuk 3** is de meest recente versie van de Wechsler intelligentie schalen, de WAIS-IV, onderzocht. In de ontwikkeling van deze laatste versie heeft het CHC-model een leidende rol gespeeld, waarbij het beter meten van Gf een belangrijk doel was. Dezelfde vijf CHC vaardigheden in de WAIS-III worden ook gemeten in de WAIS-IV (Benson et al., 2010; Weiss et al., 2013a). De factorstructuur is ook grotendeels vergelijkbaar met die van de WAIS-III, behalve in het geval van de POI, welke is vervangen door de Perceptuele Redeneerindex (PRI). Subtests van de POI zijn aangepast ter verbetering van het meten van vloeiende processen en de aangepaste naam sluit hier volgens de makers meer op aan (Wechsler, 2008)

Met behulp van confirmatieve factoranalyse werd een vijf-factorstructuur van de WAIS-IV gebaseerd op de vijf CHC-vaardigheden onderzocht, als alternatief op het vierfactorenmodel waar de indexscores op gebaseerd zijn. Achterliggend idee hierbij is dat de PRI, anders dan de andere factoren, geen 'CHC-zuivere' factor is, maar een combinatie van zowel Gf als Gv. In het alternatieve vijf factor model is de PRI opgedeeld in een Gv factor bestaande uit de subtests Blokpatronen, Matrix Redeneren, Figuur Leggen, Gewichten en Onvolledige tekeningen en een Gf factor bestaande uit de subtests Matrix Redeneren, Gewichten en Rekenen. Zowel het vier-factorenmodel volgens de indexen als het alternatieve vijf-factoren-CHC-model bleken een goede fit met de gegevens te hebben. Ondanks het principe van zuinigheid werd besloten voorkeur te geven aan het vijf-factorenmodel, omdat dit model opgebouwd is vanuit een theoretisch kader (het CHC-model). Los van de PRI correspondeerden de drie andere indices direct met de veronderstelde gemeten CHCvaardigheden; de VBI, WGI en PSI bleken adequate representaties van respectievelijk Gc, Gsm en Gs. Een opvallend resultaat was dat het aandeel van Gf in de WAIS-IV opmerkelijk laag was. Gf werd gerepresenteerd door drie subtests, maar

slechts twee van deze subtests zijn onderdeel van de kernbatterij. De bijdrage aan de PRI en het TIQ is dan ook beperkt. De poging om meer vloeiende processen in de WAIS-IV te includeren is onvoldoende waargemaakt. Desalniettemin is het huidige vijf-factorenmodel inclusief de factor Gf valide, waarbij het uit elkaar halen van de factoren Gf en Gv bijdraagt aan een beter begrip van test prestaties op de betreffende subtests.

In **hoofdstuk 4** staan twee constructen die aan de basis liggen van het CHC-model centraal; Gf en Gc. Beide constructen zijn, meer dan de andere CHC-vaardigheden, nauw verwant aan elkaar én aan *g* (Benson et al., 2010; Horn & Cattell, 1966; Grégoire, 2013; Schweizer, Troche & Rammsayer, 2011; Schneider & McGrew, 2012). In dit hoofdstuk wordt een neuropsychologisch perspectief gehanteerd, waarbij de veronderstelde relatie tussen Gf en EF nader wordt onderzocht. Op het eerste gezicht vertonen definities van EF en Gf veel overeenkomsten. Beiden beschrijven een efficiëntie in handelen bij de uitvoering van complex gedrag van niet-geautomatiseerde gedragingen in nieuwe of onbekende situaties. Overlap tussen beide constructen is al eerder aangetoond en resultaten uit hoofdstuk 2 suggereren eveneens een relatie tussen EF en Gf. Zoals blijkt uit hoofdstuk 2 en 3 is de representatie van Gf in de Wechslerschalen beperkt. Daarom is nu de Kaufman Adolescent and Adult Intelligence Test (KAIT) gebruikt als maat voor zowel Gf als Gc, waarbij een latent model is ontwikkeld om de relaties tussen EF, Gf en Gc te meten. Drie taken van de Cambridge Automated Neuropsychological Test Battery (CANTAB) zijn geselecteerd als maten voor EF, waarbij onder andere het werkgeheugen, planningsvermogens en mentale flexibiliteit zijn gemeten. De resultaten laten een sterke samenhang zien tussen EF en Gf (correlatie van 0,91), anders dan de samenhang tussen EF en Gc, en Gf en Gc onderling. Werkgeheugen lijkt een cruciale rol te spelen in deze relatie, wat te zien is aan een hoge bijdrage van de werkgeheugentest die wordt geleverd aan de EF-Gf-relatie.

De huidige resultaten komen overeen met eerder onderzoek naar de EF-Gf-relatie. De bijzonder hoge correlatie die werd gevonden lijkt deels gevolg van de geselecteerde taken. Gf kan worden beschouwd als een algemene, domeinonafhankelijke vaardigheid (Duncan, 2012). Er bestaat een grote variatie in EF-taken, waarbij de CANTAB-taken als complex en breed van opzet worden beschouwd in vergelijking met relatief enkelvoudige reactietijdtaken of eenvoudige *shifting*- of inhibitietaken zoals een *go/no-go*-paradigma. Dit zou de hoge correlatie met Gf kunnen verklaren.

Diamond (2013) en Duncan (2010, 2012) stellen dat inadequate taakuitvoering niet alleen van specifieke vaardigheden afhankelijk is, maar ook bepaald worden door de beoordeling van bepaalde taakvereisten (hoe worden taakvereisten gerangschikt naar belangrijkheid) en door de interactie tussen deze vereisten om zo tot doelgericht gedrag te komen. Deze overwegingen in acht nemend, wordt geconcludeerd dat er onderscheid gemaakt moet worden tussen specifieke versus algemene cognitieve processen bij het meten van EF.

Intelligentieonderzoek is tegenwoordig vaak een standaardonderdeel van neuropsychologisch onderzoek. In **hoofdstuk 5** wordt de relatie tussen veelgebruikte executieve taken en intelligentiematen (als representatie van CHC-constructen) onderzocht. In de eerdere studies werd factoranalyse gebruikt om zowel EF- als CHC-vaardigheden te onderzoeken. Waar de

focus dus eerder op latente constructen lag, gaat hoofdstuk 5 in op de operationalisatie van deze constructen en hun bruikbaarheid op gedragsniveau.

Met behulp van multivariate regressieanalyses werd de voorspellende waarde van Eftaken op CHC-domeinen gemeten. EF-taken bleken gemiddeld 50% van de variantie in de intelligentietests te verklaren. Dit komt overeen met eerder factoranalytisch onderzoek. Er werden relatief lage correlaties tussen EF-taken onderling gevonden, terwijl correlaties tussen CHC-maten onderling hoger waren. Laatstgenoemde kan erop duiden dat CHC-maten 'verzadigd' zijn met g en derhalve weinig onderscheidend vermogen hebben.

De Tower of London (ToL; planningstaak) en de Stroop Kleur-Woord Test (inhibitie taak) bleken CHC-vaardigheden het minst te voorspellen. Dit impliceert dat planningsvaardigheden en inhibitoire processen beperkt worden gemeten met de huidige intelligentietests. Een andere verklaring is dat de ToL en de Stroop over onvoldoende psychometrische kwaliteiten beschikken. Hier draagt ook de beperkte constructvaliditeit van voornamelijk de ToL aan bij. Deze taakonzuiverheid van de ToL wordt ook bij andere executieve taken gezien (Miyake et al., 2000; Salthouse, 2005) en vormt een fundamenteel probleem in het adequaat meten van executieve processen.

Concluderend wijzen resultaten er op dat EF-CHC-relaties zoals die zijn bestudeerd op een latent niveau niet direct zijn te vertalen naar gedragsniveau middels het gebruik van manifeste variabelen, oftewel instrumenten die standaardonderdeel zijn van het neuropsychologisch onderzoek. Dit is het gevolg van moeilijkheden bij de operationalisatie van zowel EF als intelligentieconstructen.

Bovenstaande resultaten kunnen in de volgende drie punten worden samengevat. **Ten eerste**, er is sprake van een grote overlap tussen EF en intelligentie. Voornamelijk Gf lijkt processen te behelzen die overeenkomen met EF. Hoewel de twee constructen overlappen, lijkt deze overlap mede afhankelijk van de complexiteit van de gebruikte instrumenten. **Ten tweede**, de neuropsychologische benadering van EF en de psychometrische CHC-hiërarchie zijn beide succesvol in het beschrijven van cognitief functioneren, maar beide vertonen ook hiaten. De neuropsychologie conceptualiseert adequaat (executieve) processen van informatieverwerking, waarbij echter de vertaling van deze theorieën naar bruikbare instrumenten tot op heden beperkt blijkt. Het CHC-model resulteert in relatief zuivere metingen van latente constructen, maar de vertaling naar hoe deze constructen zich manifesteren en verhouden tot informatieverwerkingsprocessen in het brein, is nog onvoldoende duidelijk gemaakt. Ook is het nog de vraag hoe de onderliggende CHC-factoren samenhangen met het functioneren in de dagelijkse praktijk. **Tot slot**, er bestaat een kloof tussen bekende theorieën over EF en intelligentie enerzijds en de operationalisatie in de klinische praktijk anderzijds. In de interpretatie van (neuro)psychologisch testonderzoek moeten zowel specifieke als algemene cognitieve vaardigheden worden onderscheiden, waarbij de overlap tussen taken in acht wordt genomen. Nu beschrijven neuropsychologen nog vaak een gefragmenteerd beeld van het executief functioneren, waarbij algemene cognitieve vaardigheden buiten beschouwing worden gelaten. Wat intelligentietests betreft, ontbreekt er een duidelijke link naar de beschrijving van cognitieve processen. Executieve vaardigheden worden vooralsnog onvoldoende gemeten door de huidige intelligentietests. In de volgende sectie worden enkele resultaten uitgelicht. De sterke relatie tussen Gf en EF wordt besproken, als ook hoe de neuropsychologische en

psychometrische benaderingen van elkaar kunnen profiteren. Daarnaast zullen implicaties van bovenstaande resultaten voor de klinische praktijk worden bediscussieerd.

Algemene discussie

De Gf-EF-relatie

Het wordt breed aanvaard dat Gf de kern is van complex en intelligent gedrag. Echter, ondanks de prominente plek die Gf heeft in het CHC-model en de sterke overlap met EF die gevonden wordt in hoofdstuk 4, is het aandeel van Gf in de Wechslerschalen beperkt (zie hoofdstuk 2 en 3).

Gf is zowel aan executieve processen als aan *g* gerelateerd. Het CHC-model beschrijft Gf als een algemene vaardigheid die, onafhankelijk van de cognitieve domeinen die tijdens een handeling worden aangesproken (Schneider & McGrew, 2012), betrokken is bij nieuwe en complexe situaties waar aangeleerde en automatische responsen niet volstaan. Een vergelijkbare beschrijving wordt gegeven door Duncan (2010; 2012) wanneer hij schrijft over het *Multiple Demand System* (MDS; zie de algemene inleiding voor een toelichting). In het MDS wordt Gf gezien als de *efficiëntie* waarmee men zich een nieuwe of complexe taak eigen maakt, los van het type taak en de specifieke (executieve) vaardigheden die worden aangesproken tijdens de uitvoering ervan. Het MDS vertoont dus samenhang met EF, omdat executieve processen ook betrokken zijn bij taken die gecontroleerde responsen vragen (in tegenstelling tot automatisch handelen). De bemoeienis van het MDS met de uitvoer van taken wordt groter bij complexe taken. Hoe complexer een EF taak is opgebouwd, hoe meer de betrokkenheid van het MDS, dus hoe groter de overlap met Gf.

De zienswijzen van zowel Schneider e McGrew (2012) als Duncan (2010; 2012) impliceren dat elk type cognitieve test een Gf-component bezit die groter is al naar gelang de complexiteit en/of nieuwheid van de test. De moeilijkheid zit in het identificeren van deze vloeiende component. Want hoewel Gf als 'domeinonafhankelijk' (dus los van domeinen als geheugen, aandacht, taal of motoriek) kan worden beschouwd, is het onmogelijk om een taak te ontwikkelen die alleen maar vloeiende vaardigheden aanspreekt (Grégoire, 2013). Elke taak bestaat dus uit algemene vloeiende vereisten (namelijk de efficiëntie om met complexiteit om te gaan), naast specifieke cognitieve vereisten zoals het *switchen* van de aandacht of impulsen onderdrukken. Een logisch gevolg is dan ook dat uitkomstmaten van een taak hierop ingericht worden. Nu worden taken veelal ingezet als maat van één specifieke vaardigheid, waarna prestaties op verschillende taken vervolgens met elkaar worden vergeleken. Er dient echter binnen taken meer aandacht te zijn voor de simultane cognitieve processen, waarbij onderscheid gemaakt zou moeten worden tussen algemene cognitieve vaardigheden en specifieke cognitieve vereisten. Op deze manier kan ook samenhang tussen cognitieve constructen vanuit een ander perspectief worden geïnterpreteerd.

Het CHC-model en executieve functies

Neuropsychologische theorieën over EF beschrijven pathologisch gedrag in termen van cognitief disfunctioneren en bijbehorende klinisch-relevante gedragingen. Het CHC-model stamt uit de academische psychologie en streeft naar een zuivere beschrijving van alle mogelijke cognitieve vaardigheden. Idealiter smelten de twee benaderingen samen, waarbij alle mogelijke cognitieve factoren worden geïdentificeerd die een voorspellende waarde hebben

voor klinisch relevante pathologische gedragingen. Zo ver is het echter nog niet, zoals moge blijken uit hoofdstuk 5. Dit komt mede door het feit dat veel tests sterk leunen op *g*, terwijl ze vaak als domeinspecifieke taken worden geïnterpreteerd. De samenhang tussen de theoretische constructen en de instrumenten die deze constructen pogen te meten is echter vaak beperkt. Met andere woorden, op dit gebied bestaat een kloof tussen theorie en praktijk. Taakonzuiverheid in de operationalisatie van EF heeft sommigen doen concluderen dat EF overbodig is in het huidige CHC-model en dat EF volledig verklaard kan worden door Gf, Gv, Gs en Gsm (Jewsbury et al., 2016). Dit is enigszins bevreemdend, omdat er in het CHC-model geen theoretische overwegingen over informatieverwerking zijn opgenomen. Anderen bekritisieren de interpretatie van intelligentietests op het niveau van de indices, aangezien de unieke verklaarde variantie van de indices bovenop (de verklaarde variantie van) het TIQ te verwaarlozen is (Canivez & Watkins, 2010; Gignac, 2008; Gignac & Watkins, 2013). In de klinisch-neuropsychologische praktijk is de interpretatie van enkel het TIQ als maat niet valide als het gaat om het beschrijven van pathologisch gedrag, bijvoorbeeld in het geval van 'disharmonische profielen' bij mensen met niet aangeboren hersenletsel.

De heldere en overzichtelijke conceptualisatie van het CHC-model vormt een verleidelijk uitgangspunt voor testontwikkeling. Echter, hoewel dit psychometrisch model uitstekend verschillende aspecten of factoren van het cognitief functioneren kan *identificeren*, is het onvoldoende *verklarend* voor het begrip van de complexiteit van (pathologisch) gedrag. In dat opzicht biedt de neuropsychologische benadering van EF een beter theoretisch kader. De vertaling van EF in valide instrumenten blijkt echter gemakkelijker gezegd dan gedaan; sommige neuropsychologische theorieën (e.g. PASS model van Luria, 1980) hebben nog niet of onvoldoende hun weg gevonden in de neuropsychologische testbatterijen. Daar komt bij dat de meest gebruikte executieve taken dateren uit de eerste helft van de twintigste eeuw, gebaseerd op verouderde of achterhaalde ideeën over individuele verschillen en cognitieve functies. Deze tests meten bijvoorbeeld alleen de eindscore van een opgelost probleem, zonder dat ze inzicht geven in het doorgelopen proces. De kloof tussen theorie en praktijk zal blijven bestaan zolang neuropsychologen enkel vasthouden aan oude tradities. Hetzelfde geldt overigens voor psychometrici en latente modellen.

Klinische implicaties en overwegingen

Het is duidelijk dat de vertaling van theoretisch construct naar een test score complex is. Dit heeft implicaties voor het meten van EF en intelligentie in de dagelijkse praktijk, als ook voor het ontwikkelen van nieuw test materiaal.

Executief disfunctioneren kan leiden tot een verlaagde POI bij de WAIS-III, resulterend in een 'disharmonisch profiel'. Een afwijkende POI geeft daarom aanleiding voor verder executief onderzoek, zeker omdat het aandeel van EF in de intelligentietest zelf klein is. Hetzelfde geldt voor de WAIS-IV, waar het kleine aandeel van Gf ervoor zorgt dat aanvullend neuropsychologisch onderzoek nodig is om cognitieve processen verder in kaart te brengen. Tegelijkertijd bestaan er geen neuropsychologische taken die in een adequate Gf meting voorzien. Gezien de essentiële rol van Gf in het verklaren van complex gedrag, is het aan te bevelen dat het aandeel van Gf in de ontwikkeling van nieuwe intelligentietests worden vergroot. Ook het opnemen van executieve processen in intelligentietests draagt bij aan de klinische bruikbaarheid en mogelijkheden tot neuropsychologische interpretatie.

In hoofdstuk 3 wordt een alternatief vijf-factormodel van de WAIS-IV gepresenteerd, gebaseerd op het CHC-model. Als clinicus moet men zich er bewust van zijn dat de PRI bestaat uit zowel Gv als Gf wanneer men de WAIS-IV volgens het CHC model interpreteert. Ook het feit dat indices met elkaar samenhangen en ook op theoretisch niveau overlap vertonen, moet in acht worden genomen bij de profielinterpretatie. Daarnaast zijn tests vaak onvolledige vertalingen van theoretische constructen. Neem bijvoorbeeld de WGI van de WAIS-IV. Hoewel dit op zichzelf een valide en betrouwbare meting van het construct werkgeheugen is (of Gsm in CHC-terminologie), is het geen *volledige* representatie van dit construct; zo is de mate van manipulatie van informatie gering en er wordt geen beroep gedaan op visuospatiële vaardigheden (Egeland, 2015).

Aan de operationalisatie van EF zitten nog andere haken en ogen. Executieve taken zijn vaak te versnipperd. Het gebruik van losse taken voor vaardigheden als *shifting*, updaten en inhiberen van informatie doet lijken alsof alle tests unieke en onafhankelijke theoretische constructen meten, waardoor de interpretatie ervan te strikt is en samenhang tussen taken over het hoofd wordt gezien.

Zoals besproken in hoofdstuk 5, hangt de intensiteit van de Gf-EF-relatie af van de complexiteit van de gebruikte taken om deze relatie mee te meten. Wanneer executieve taken heel complex zijn, is de bemoeienis van Gf (oftewel activiteit van het MD systeem) vele malen groter, resulterend in een grotere gemeten samenhang tussen Gf en EF. Hieruit kan men concluderen dat taken die specifieke cognitieve vaardigheden meten (niet betrokken bij het MD systeem) niet zo nauw zullen samenhangen met Gf. Dit klopt in theorie, echter taken zoals de WCST en de Fluency blijken voornamelijk een meting van *g*, terwijl ze veelal geïnterpreteerd worden als specifieke maten voor mentale flexibiliteit en responsgeneratie. Het is aan het neuropsychologisch vakgebied om tests te ontwikkelen waarin zowel generieke als specifieke cognitieve processen kunnen worden geïdentificeerd en gemeten. Wanneer bij deze taken ook een 'complexiteitsgradiënt' kan worden ingebouwd, kunnen generieke processen (of Gf) en specifieke executieve functies beter onderscheiden worden. Ook dient er gebruik gemaakt te worden van procesdiagnostiek (zie ook Resing, 2016), naast het gebruik van statische uitkomstmaten waar tegenwoordig nog veel mee wordt gewerkt.

De neuropsychologie kan profiteren van de uitgebreidheid van het CHC-model en de externe validiteit kan toenemen door het gebruik van eensgezinde naamgeving van constructen. Anderzijds kan het CHC-model uitgewerkt worden tot een geïntegreerde theorie inclusief executieve processen. Een eerste poging hiertoe is gedaan door Schneider en McGrew (2012), die een model introduceren waarin CHC-vaardigheden in termen van informatieverwerking worden toegelicht.

Samenvattend, het bestuderen van cognitieve informatieverwerking op gedragsniveau dient te worden gedaan in termen van generiek en specifiek cognitief (dis)functioneren, wat leidt tot een meer gerichte differentiële diagnostiek en meer verfijnde indicatiestelling.

Beperkingen

Een mogelijke beperking van de huidige studies is het gebruik van heterogene neuropsychiatrische groepen middels *convenience sampling*. Gemiddelde scores en subtestspreiding liggen in deze groep lager dan bij de gemiddelde bevolking. Psychopathologie, medicatie, mentale belastbaarheid, motivatie en faalangst zijn allemaal factoren die invloed

hebben op testprestaties. Bij patiënten met frontale pathologie worden bijvoorbeeld hogere correlaties gevonden tussen EF en intelligentiematen (Friedman et al., 2006; Rabbit. Lowe & Shilling, 2001). Het is dus niet duidelijk in hoeverre de huidige resultaten gegeneraliseerd kunnen worden naar een gezonde populatie, of naar specifieke klinische groepen of naar de volledige leeftijdsrange. Gelijke variantie tussen gezonde en klinische groepen is echter aangetoond voor zowel de WAIS-III (Van der Heijden & Donders, 2003a) als de WAIS-IV (Weiss et al., 2013a). De gevonden factorstructuren in hoofdstuk 2, 3 en 4 zijn vergelijkbaar met de factorstructuren in de normatieve data van de tests. Ook werden er geen groepsverschillen gevonden in de verhoudingen tussen correlaties (tussen EF, Gf en Gc) in hoofdstuk 3. Deze resultaten, samen met de heterogeniteit van de populatie, lijken de robuustheid van de gevonden factorstructuren te bevestigen. Daar komt bij dat het essentieel is om deze structuren in een klinisch setting te onderzoeken, juist omdat CHC weinig is onderzocht binnen dit bereik, terwijl we het wel dagelijks toepassen door middel van intelligentie onderzoek bij patiënten. Eerste studies hiernaar zijn veelbelovend, daar er geen groepsverschillen tussen gezonde en klinische groepen worden gevonden wat betreft variantie (Jewsbury et al., 2016). In de toekomst dienen deze thema's verder onderzocht te worden, in het bijzonder door het bestuderen van de relatie tussen EF en intelligentie binnen het CHC model door gebruik te maken van andere patiëntgroepen en door het vergelijken van deze verschillende groepen.

Theorieën over intelligentie zijn veelal gebaseerd op factoranalytisch onderzoek. Deze techniek vormt tevens de basis van de huidige these. Factoranalyse is een pragmatische aanpak en het abstraheren van factoren uit grote groepen data betekent niet dat deze factoren ook daadwerkelijk onderliggende dimensies representeren. De laatste jaren lijkt het gebruik van factoranalyse te hebben geleid tot een wildgroei aan factoren, mede omdat door de gebruikte statistische technieken vaak onnodig veel factoren worden geïdentificeerd (Frazier & Youngstrom, 2007). Een groter aantal factoren draagt echter niet noodzakelijkerwijs bij aan een beter begrip van pathologisch gedrag (Blair, 2010).

Clinici zullen gebruik blijven maken van (het classificeren) van factoren zolang factoranalyse de meest gebruikte techniek blijft. Hoewel de discussie over de voor- en nadelen van factoranalyse buiten het bereik van dit proefschrift ligt, raakt het wel aan de getrokken conclusie dat we meer onderscheid moeten maken tussen generieke en specifieke cognitieve processen. Het gaat er niet alleen om dat alle mogelijke factoren in kaart worden gebracht, maar vooral *hoe* deze met elkaar samenhangen en interacteren. Alternatieve technieken naast factoranalyse zijn nodig voor een beter begrip van deze processen. Te denken valt aan regressieanalyse zoals in hoofdstuk 5 is gedaan, of andere benaderingen zoals het beschrijven van gedrag in netwerkanalyses (zie ook Borsboom & Cramer, 2013).

Tot besluit

Onze klinische methodes moeten gebaseerd zijn op theoretische kaders. Psychologisch onderzoek lijkt te zijn afgedreven van het gebruik van theorieën, resulterend in een overvloed aan hypothetische constructen en een veelvoud aan neuropsychologische tests om deze te meten. Interpretatie van cognitief functioneren wordt derhalve meer bepaald door de gebruikte taken dan vanuit een theoretisch perspectief. Het lijkt alsof door de bomen het bos niet meer wordt gezien. Patiënten zijn echter gebaat bij een theoretisch denkkader, waarbij de clinicus bij de interpretatie rekening houdt met sterktes en zwaktes van de gebruikte

referentiekaders. Dit zou ons moeten stimuleren om de tekorten van onze theorieën en tests te onderkennen en aan te pakken.

Zowel het CHC-model als de neuropsychologische theorieën dragen bij aan ons begrip van cognitieve functies. Over het algemeen lijkt het één niet meer of minder te verklaren dan het ander. Psychometrie is superieur in het identificeren van latente factoren en het operationaliseren ervan. Deze latente constructen dragen echter lang niet altijd bij aan het begrip van cognitieve informatieverwerking. Cognitieve theorieën uit de neuropsychologie daarentegen, geven een duidelijke beschrijving van informatieverwerkingsprocessen. Ze doen dit wellicht te zuinig, waardoor de operationalisatie ervan tot problemen leidt. Dit beperkt het gebruik van beide benaderingen en een oplossing is niet helaas niet eenvoudig voorhanden.

De afstand tussen executieve processen en CHC-vaardigheden zal waarschijnlijk blijven bestaan en groter worden wanneer de verschillende benaderingen zich los van elkaar verder ontwikkelen. Bijvoorbeeld, psychologen werken traditioneel met lineaire technieken, terwijl het overduidelijk is dat gedrag, pathologisch gedrag bij uitstek, een niet-lineair fenomeen is. De gebruikte lineaire modellen zijn nodig om begrip te krijgen van constructen en onderliggende dimensies en hun samenhang op groepsniveau, maar dragen maar tot op zekere hoogte bij aan het begrip van afwijkend gedrag van verschillende individuen. Nietlineaire statistische methoden en technieken kunnen behulpzaam zijn in het anders leren begrijpen van latente constructen, met meer begrip van de informatieverwerking in individuen tot gevolg.