



# Dutch Summary

omgevingsfactoren

omgeving  
genetische  
invloeds  
verklaren  
tussen  
elkaar  
genetisch  
gemiddeld  
twee  
zoals  
data  
schaal  
vrouwen  
opvoeding  
gelijkenis  
familieleden  
ouders  
samen spel  
mate  
zoektocht  
onderzoeken  
deel  
waar  
relatieve  
motivaties  
materiaal  
helft  
mannen  
laten  
spanningsbehoefte  
invloeden  
minder  
toegeschreven  
gegevens  
kindertijd  
grote  
twee-eiige  
familied  
bleek  
omgevingseffecten  
algemeen  
algemene  
algemeen  
proefschrit  
hoeverre  
tweelingpaar  
aantallen  
vergelijking  
eerste  
selectie  
grondslag  
schattingen  
pensiolen  
effect  
processen  
levensgebeurtenissen  
beschreven  
lieten  
hoofdstuk  
tweelingen  
eeneiige  
bestudeerd  
omgevingsinvloeden  
delen  
liepen  
bijvoorbeeld  
unieke  
individuele

Dutch summary

De onderzoeken beschreven in dit proefschrift zijn onderdeel van een grootschalig onderzoek naar individuele verschillen in algemene cognitieve vaardigheden. Algemene cognitieve vaardigheden is een verzamelnaam voor concentratie, geheugen, redeneren en denkvermogen. Het is al lange tijd bekend dat een belangrijk deel van de verschillen tussen mensen in algemene cognitieve vaardigheden wordt verklaard door verschillen tussen mensen op genetisch niveau. Bij kinderen op de leeftijd van 5 jaar verklaren genen ongeveer een kwart van de geobserveerde individuele verschillen, bij kinderen van 10 jaar oud is dit ongeveer twee keer zo veel. De invloed van genen stijgt verder tot ongeveer het 18<sup>e</sup> levensjaar (80%), waarna de invloed van genen ongeveer stabiel blijft.

Deze gegevens zijn gebaseerd op een groot aantal tweelingstudies. Met behulp van tweelingstudies kan op basis van de gelijkenis van eeneiige tweelingparen en de gelijkenis van twee-eiige tweelingparen een uitspraak worden gedaan over de mate waarin geobserveerde verschillen tussen mensen kunnen worden verklaard door genen of door omgevingsinvloeden. Hierbij worden twee typen omgevingsinvloeden onderscheiden: omgevingsinvloeden die een individu deelt met zijn of haar familieleden, de *gedeelde omgeving* (bijvoorbeeld dezelfde woonomgeving, dezelfde opvoeding) en omgevingsinvloeden die een individu niet deelt met zijn of haar familieleden, de *unieke omgeving* (bijvoorbeeld eigen vrienden, eigen hobby's).

Eeneiige tweelingen zijn genetisch identiek, twee-eiige tweelingen daarentegen, delen gemiddeld de helft van hun genetisch materiaal. Per definitie delen zowel eeneiige als twee-eiige tweelingen 100% van hun gedeelde omgeving en delen zij niets van hun unieke omgeving. Uit tweelingonderzoek naar individuele verschillen in algemene cognitieve vaardigheden blijkt dat de scores op een intelligentietest van twee leden van een eeneiig tweelingpaar over het algemeen veel dichterbij elkaar liggen dan scores van twee leden van een twee-eiige tweelingpaar. Met de kennis die we hebben over de mate van genetische gelijkenis tussen eeneiige en twee-eiige tweelingparen, kunnen we berekenen in hoeverre verschillen in scores op een intelligentietest kunnen worden toegeschreven aan genetische invloeden, gedeelde omgevingsinvloeden en unieke omgevingsinvloeden.

Afgezien van de schat aan informatie die klassieke tweelingmodellen heeft opgeleverd is het mogelijk dat schattingen voor bepaalde eigenschappen, waaronder algemene cognitieve vaardigheden, vervormd zijn omdat voldaan is aan bepaalde aannamen van het klassieke tweelingmodel. Ten eerste wordt er aangenomen dat partners elkaar willekeurig uitkiezen terwijl onderzoek heeft aangetoond dat partners elkaar selecteren op basis van enigszins vergelijkbare cognitieve vaardigheden. In de literatuur worden er twee processen genoemd die ten grondslag kunnen liggen aan deze partner selectie: sociale homogeniteit en actieve partner selectie op basis van het fenotype. Bij sociale homogeniteit ontmoeten partners elkaar in een omgeving die correleert met algemene cognitieve vaardigheden. In het geval van actieve partner selectie zoeken partners elkaar uit op basis van geobserveerde gelijkenis. Ten tweede wordt in de klassieke tweeling methode de gelijkenis die ouders en kinderen vertonen volledig toegeschreven aan het gegeven dat zij gemiddeld 50% van hun genetisch materiaal delen, terwijl invloeden van bijvoorbeeld opvoeding worden verwaarloosd. Ten derde wordt aangenomen dat de invloed van genetische effecten en omgevingseffecten additief zijn. Het is echter mogelijk dat genetische effecten en omgevingseffecten elkaar beïnvloeden en dat dit samenspel

van invloed is op individuele verschillen in algemene cognitieve vaardigheden. Zo is het mogelijk dat een bepaald onderwijsstelsel niet voor iedereen dezelfde weerslag heeft op cognitieve ontwikkeling, maar dat dit effect afhangt van een bepaalde genetische aanleg van de leerling. In het geval dat deze aannamen niet houdbaar zijn zullen schattingen van de invloed van genen en omgeving zoals verkregen in een klassieke tweelingstudie mogelijk niet accuraat zijn.

Om een beter beeld te krijgen van de mate waarin genetische invloeden en omgevingsinvloeden de verschillen tussen mensen in algemeen cognitief functioneren bepalen, zijn data verzameld in een grote groep tweelingen en hun broers en zussen, partners, en ouders of kinderen. Al deze mensen hebben een aantal cognitieve taken uitgevoerd, waaronder een IQ test (Wechsler, 1997). Daarnaast hebben zij de Levens Ervaringen Lijst (LEL) ingevuld. In deze lijst worden vragen gesteld over verscheidene omgevingsfactoren die van invloed kunnen zijn, of zijn geweest, op cognitieve ontwikkeling, zoals type school of soort werk, het bespelen van een muziekinstrument, of het beoefenen van een sport.

Deze gegevens maakten het mogelijk te onderzoeken in hoeverre processen als actieve partnerselectie en het samenspel tussen genen en omgeving verklaren waarom mensen van elkaar verschillen in algemene cognitieve vaardigheden.

In het eerste empirische hoofdstuk van dit proefschrift (hoofdstuk 3) zijn IQ-scores geanalyseerd van tweelingen en hun familieleden. De aanwezigheid van partners en ouders maakte het mogelijk om te onderzoeken in hoeverre partners gelijkenis vertonen in algemene cognitieve vaardigheden, de aanwezigheid van ouders maakte het tevens mogelijk om invloeden van genetische dominantie te schatten. Dominantie is de genetische invloed die ontstaat door interactie tussen allelen van een gen. We vonden, zoals al in eerdere studies is aangetoond, dat IQ scores van partners inderdaad enigszins op elkaar lijken. Het was echter moeilijk statistisch onderscheid te maken tussen de twee onderliggende processen: sociale homogeniteit en actieve partner selectie. Een model waarin actieve partner selectie het onderliggende proces was leek net iets beter te passen bij de geobserveerde data. Daarnaast lieten de analyses zien dat als je deze gelijkenis door actieve partner selectie mee modelleert, dat behalve additieve genetische factoren (de genetische invloed die ontstaat door een optelsom van het effect van beide allelen van een gen) en unieke omgevingsfactoren, ook genetische dominantie van belang is. Deze resultaten laten zien dat in voorgaande klassieke tweelingstudies de invloed van genetische dominantie in volwassenen is onderschat. Additieve genetische factoren verklaren 44%, genetische dominantie 27%, actieve partner selectie 11% en unieke omgevingsfactoren verklaren 18% van de geobserveerde individuele verschillen in algemene cognitieve vaardigheden.

Van factoren zoals opleiding, opvoeding en levensgebeurtenissen die mogelijk verband hebben met algemeen cognitief functioneren wordt over het algemeen gezegd dat ze kunnen worden toegeschreven aan de 'omgeving'. Om te toetsen of dit ook werkelijk 'omgeving' is hebben we in hoofdstuk 4 gekeken in hoeverre genetische factoren van invloed zijn op de mate waarin mensen blootgesteld worden aan deze omgevingsfactoren. Hierbij hebben we ons gericht op vier domeinen: omgeving in de kindertijd, sociale omgeving en gedrag, vrijetijdsbesteding, en belangrijke levensgebeurtenissen (zoals geboorte

van een kind, of het verlies van een familielid of dierbare). Het blijkt dat geobserveerde verschillen in de mate waarin mensen blootgesteld worden aan deze omgevingsfactoren, gemiddeld voor bijna de helft (49%) wordt verklaard door genetische factoren. Genetische factoren verklaren gemiddeld 66% van de individuele verschillen in blootstelling aan omgevingsfactoren in de kindertijd, voor vrijetijdsbesteding gemiddeld 52%, voor sociale omgeving en gedrag 36%, en voor levensgebeurtenissen 29%. Dit betekent dat invloeden die over het algemeen puur worden toegeschreven aan de omgeving, voor een deel kunnen worden toegeschreven aan verschillen op genetisch niveau. Het is mogelijk dat mensen actief hun omgeving uitzoeken op basis van hun genotype; mensen die makkelijk leren zullen bijvoorbeeld vaker naar de bibliotheek gaan of een hoge opleiding volgen dan mensen die minder makkelijk leren. De blootstelling aan opvoeding of onderwijs is daardoor gerelateerd aan genen die van invloed zijn op individuele verschillen in algemene cognitieve vaardigheden.

In hoofdstuk 5 hebben we bestudeerd in hoeverre de Prestatie Motivatie Test (Hermans, 2004) dezelfde latente factoren meet bij mannen en bij vrouwen. In de LEL zijn twee subschalen van de Prestatie Motivatie Test opgenomen, de Academische Prestatie Motivatie schaal en de Algemene Prestatie Motivatie schaal. Het bleek dat vijf van de 28 vragen sekse-bias lieten zien, wat betekent dat de scores van mannen en vrouwen op deze vragen niet direct vergelijkbaar zijn. In vervolganalyses waarin de Prestatie Motivatie Test een rol speelde, zijn deze vragen verwijderd. Tevens vonden we dat mannen en vrouwen gemiddeld verschillend scoorden op sommige onderliggende factoren van de beide schalen. Bijvoorbeeld, vrouwen gaven aan minder toekomstgericht te zijn dan mannen, terwijl vrouwen op school meer toewijding aan de dag legden met betrekking tot hun schoolwerk.

In hoofdstuk 6 is onderzocht in hoeverre genetische factoren en omgevingsfactoren individuele verschillen in opleidingsniveau verklaren. Hierbij hebben we ook bestudeerd of de invloed van deze factoren afhangt van het niveau van algemeen cognitief functioneren en/of van het niveau van academische prestatie motivatie. Dit onderzoek liet zien dat de relatieve invloed van gedeelde omgevingsfactoren iets groter was voor mensen die laag of juist hoog scoorden op een intelligentietest. Schattingen van de relatieve invloed van gedeelde omgevingsinvloeden liepen van 0% tot 15%. De relatieve invloed van unieke omgevingsfactoren nam behoorlijk toe bij mensen met een hoog opleidingsniveau. Schattingen van de unieke omgevingsinvloeden liepen van 22% tot 58%.

In hoofdstukken 7 en 8 is bestudeerd in hoeverre levensgebeurtenissen (zoals geboorte van een kind, of het verlies van een familielid of dierbare) en spanningsbehoefte (gemeten met de Spanningsbehoefte lijst; Feij & van Zuilen, 1984) van invloed zijn op de relatieve invloed van genen en omgeving op individuele verschillen in algemeen cognitief functioneren. Het bleek dat zowel het meemaken van levensgebeurtenissen als de mate van spanningsbehoefte van invloed zijn op de mate waarin genen en omgevingsfactoren individuele verschillen in algemeen cognitief functioneren verklaren. Bijvoorbeeld, de relatieve genetische invloed is veel kleiner bij mensen die met pensioen zijn in vergelijking met mensen die nog niet met pensioen zijn. Relatieve invloeden van gedeelde omgevingsfactoren zijn echter juist van groter belang bij mensen die met pensioen zijn. Schattingen van de relatieve invloed van genen liepen van 32% tot boven de 90%,

afhankelijk van de levensgebeurtenis. De relatieve genetische invloed neemt ook af bij mensen met een zeer hoge spanningsbehoefte (schattingen liepen van 16% tot 98%), terwijl de relatieve invloed van de unieke omgeving bij deze mensen juist heel groot is (schattingen liepen van 2% tot 84%). Het gegeven dat de relatieve invloed van genen en omgevingsfactoren afhankelijk is van blootstelling aan verschillende omgevingsfactoren, zou van belang kunnen blijken te zijn in de zoektocht naar de daadwerkelijke genen die ten grondslag liggen aan individuele verschillen in cognitie.

In hoofdstuk 9 is op basis van vragenlijstgegevens van adolescente tweelingen bestudeerd wat de relatieve invloed van genen en omgevingsfactoren is op individuele verschillen in prestatie op een normaal niveau en in prestatie op een zeer hoog niveau. De tweelingen werd gevraagd aan te geven hoe goed hun prestatie was in vergelijking met andere mensen op intellectueel, kunstzinnig en sportieve vlak. De resultaten lieten zien dat genetische factoren een groot deel van de individuele verschillen in prestatie op een normaal niveau bepalen (schattingen lopen van 32% tot 71%) en dat dit aandeel nog groter is als prestatie op een normaal niveau vergeleken wordt met prestatie op een uitzonderlijk hoog niveau (schattingen lopen van 50% tot 92%).

Uit de onderzoeken gebundeld in dit proefschrift blijkt dat de welbekende grote invloed van additieve genetische factoren (~80%) deels wordt verklaard door complexe processen zoals actieve partner selectie, genetische dominantie, en het samenspel tussen genen en omgevingsfactoren.

Deze uitkomsten kunnen van groot belang zijn voor toekomstige studies naar individuele verschillen in algemeen cognitief functioneren. De substantiële invloed van genetische factoren suggereert dat er specifieke genen zijn die individuele verschillen in algemene cognitieve vaardigheden verklaren. De zoektocht naar deze genen is echter veel moeilijker dan gedacht; de genen die tot nu toe zijn gevonden bepalen maar een heel klein deel van de genetische variantie. Mogelijk zal het complexe samenspel tussen genen en omgeving een deel van deze niet-verklaarde variatie bepalen. De resultaten die zijn beschreven in dit proefschrift laten zien dat genetische invloeden en omgevingsinvloeden niet onafhankelijk zijn van elkaar. Bij de zoektocht naar oorzaken van individuele verschillen in algemene cognitieve vaardigheden zullen onderzoekers zich daarom meer op het samenspel van deze twee componenten moeten richten.