

# Tweelingstudies en intelligentie

M.P.Roeling<sup>1</sup>, T.J.C. Polderman, D.I. Boomsma

April, 2010

## Inleiding

Intelligentie is een van meest onderzochte menselijke eigenschappen in de psychologie en in de gedragsgenetica. Gedragsgenetisch onderzoek houdt zich bezig met de vraag waarom mensen van elkaar verschillen in gedrag of capaciteiten. Bijvoorbeeld: waarom is de een meer neurotisch, muzikaler, sportiever, of slimmer dan de ander? Men gaat er vanuit dat er twee factoren zijn die zorgen voor verschillen tussen mensen. Dat zijn 1) genetische factoren (mensen hebben verschillende genen en daarom verschillen ze van elkaar) en 2) omgevingsfactoren (de omgeving waarin iemand opgroeit en unieke ervaringen). In dit stuk wordt uitgelegd waarom tweelingstudies een goede manier zijn om de invloed van deze factoren van elkaar te onderscheiden. Daarnaast worden de resultaten van gedragsgenetisch onderzoek naar intelligentie besproken. Dit onderzoek heeft laten zien dat de genetische invloeden op het IQ toenemen met de leeftijd. Naast genetische invloeden zijn er echter ook omgevingsfactoren die een rol spelen. Daarbij wordt een onderscheid gemaakt tussen gedeelde en unieke omgevingsfactoren.

## Intelligentie

Waarom wordt er zoveel belang gehecht aan intelligentie? Het antwoord op die vraag is onder anderen dat intelligentie een voorspellende waarde heeft voor een groot aantal domeinen in het dagelijkse leven. Een hoge intelligentie is bijvoorbeeld een voorspeller voor opleiding en academisch succes, succes op het werk, en een hogere levensverwachting. Wat intelligentie precies is, is echter nog steeds een discussiepunt. In 1994 is er een definitie van intelligentie geformuleerd die is ondertekend door 52 prominente psychologen. Vrij vertaald is deze (wetenschappelijke) definitie: `Intelligentie is een zeer algemene mentale vaardigheid die onder andere inhoudt: het redeneervermogen, het planningsvermogen, het vermogen problemen op te lossen, het abstracte redeneervermogen, het vermogen complexe ideeën te begrijpen en het vermogen om snel te leren uit

---

<sup>1</sup> Corresponding author. Department of Biological Psychology, Vrije Universiteit Amsterdam, Van der Boechorststraat 1, 1081 BT, Amsterdam, The Netherlands. Tel.: +31 20 598 89 83; Room 2C-33. E-mail address: [mp.roeling@psy.vu.nl](mailto:mp.roeling@psy.vu.nl) (M.P. Roeling).

ervaring. Intelligentie is niet gelijk aan kennis uit boeken of aan academische vaardigheid. Intelligentie is meer dan het vermogen om intelligentietesten goed te kunnen uitvoeren, het is een bredere, veelomvattende vaardigheid die ons in staat stelt onze omgeving te begrijpen, een betekenis te geven aan dingen en gebeurtenissen en te beslissen wat voor actie we moeten ondernemen (Gottfredson, 1997).'

Als eenmaal duidelijk is wat intelligentie is, kan worden gekeken naar hoe men intelligentie kan kwantificeren. Het kwantificeren of meten van intelligentie, gedrag of persoonlijkheid gebeurt in de psychologie vaak met gestandaardiseerde testen. In 1905 werd de eerste officiële intelligentietest gepubliceerd door Alfred Binet, met als doel kinderen te identificeren die moeite hadden met leren op school. Intelligentie werd in die tijd door Spearman uitgedrukt in 'g' van 'general', wat verwees naar algemene intelligentie. Enkele jaren later werd door William Stern het intelligentiequotiënt (IQ) geïntroduceerd. IQ werd gedefinieerd als een maat voor de mentale leeftijd van een persoon en wordt berekend op basis van de formule '100 x de mentale leeftijd gedeeld door de chronologische leeftijd'. Hiermee kan een IQ score worden vergeleken met de score van leeftijdsgenoten. Een IQ van 100 is gemiddeld, een score lager dan 70 kan worden vertaald naar zwakbegaafdheid, 70-85 naar minderbegaafdheid, 85-115 is een gemiddeld niveau, 115-130 is een bovengemiddeld niveau en een score boven de 130 duidt op hoogbegaafdheid. Voorbeelden van testen die veel worden gebruikt zijn de Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS), de Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC) en de RAKIT (Revisie Amsterdamse Kinderintelligentie Test). De eerste twee testen zijn internationale tests, de laatste is speciaal ontwikkeld voor Nederlandse kinderen.

### **Tweelingstudies en erfelijkheidsonderzoek**

Hetzelfde jaar dat Mendel (1865) zijn theorie over overerving voorlegde in een lezing voor collega's, publiceerde Francis Galton zijn eerste boek over erfelijkheid en intelligentie. Galton verwees toen al naar tweelingonderzoek en adoptiestudies om de genetische invloeden op intelligentie te onderzoeken, maar het was in 1922 dat de eerste tweelingstudies naar intelligentie werden uitgevoerd. Een overzicht in het wetenschappelijke tijdschrift *Science* over intelligentie toonde aan dat verschillen tussen mensen in intelligentie in belangrijke mate worden verklaard door genetische verschillen (Erlenmeyer-Kimling & Jarvik, 1963).

Tweelingstudies zijn een goede manier om onderzoek te doen naar de rol van genetische invloeden op menselijke eigenschappen zoals intelligentie. Wat maakt tweelingen geschikt voor medisch en gedragsgenetisch onderzoek? Het antwoord op die vraag ligt in het feit er twee soorten tweelingen zijn: eeneiige en twee-eiige tweelingen. Eeneiige (of monozygote) tweelingen zijn genetisch (vrijwel) identiek terwijl twee-eiige (dizygote) tweelingen net als gewone broertjes en zusjes gemiddeld 50% van hun genen delen. Dit belangrijke verschil in genetische overeenkomst vormt de basis van het tweelingonderzoek. Stel dat Jan en Gerrit een eeneiig tweelingpaar zijn en allebei een IQ van 110 hebben, terwijl Joost en Hans een twee-eiige tweeling zijn waarbij Joost een IQ heeft van 107, en Hans een IQ van 98. Dan is de overeenkomst tussen de eeneiige tweelingen duidelijk groter dan de twee-eiige tweelingen. Als IQ gegevens beschikbaar zijn bij grote groepen een- en twee-eiige tweelingen, kan deze overeenkomst worden uitgedrukt in correlaties waarbij '0' staat voor geen enkele gelijkenis en '1' voor perfecte gelijkenis. De correlatie tussen de IQ scores van eeneiige tweelingen wordt dan vergeleken met de correlatie tussen twee-eiige tweelingen. Als de samenhang tussen de IQ scores voor de identieke tweeling hoger is dan die van de twee-eiige tweelingen, spelen genetische factoren waarschijnlijk een rol bij IQ. Anders gezegd: verschillen in IQ worden ten dele verklaard door genetische verschillen tussen mensen. Op basis van het patroon van tweelingcorrelaties kan iets worden gezegd over de erfelijkheid van een bepaalde eigenschap zoals intelligentie. Over het algemeen geldt dat: hoe groter het verschil tussen de overeenkomsten (correlatie) in IQ tussen eeneiige en twee-eiige tweelingen, hoe groter de invloed van genen.

In Nederland worden tweelingstudies gedaan bij het Nederlands Tweelingen Register (NTR). In dit grote register dat is opgericht aan de Vrije Universiteit van Amsterdam zijn de onderzoeksgegevens opgenomen van bijna 40.000 Nederlandse tweelingfamilies (zie [www.tweelingenregister.org](http://www.tweelingenregister.org)).

### **Resultaten van tweelingonderzoek naar intelligentie**

Al decennialang is intelligentie het onderwerp geweest van gedragsgenetisch onderzoek. Schattingen voor de erfelijkheid van intelligentie lopen uiteen van 40% bij kinderen tot wel 80% bij volwassenen. Dit betekent dat 40% van de verschillen in intelligentie bij kinderen wordt verklaard door genetische verschillen tussen kinderen. Bij volwassenen is de invloed van genetische factoren sterker dan bij kinderen en loopt de erfelijkheidsschatting op tot wel 80%. De trend dat bij intelligentie de invloed van genetische factoren toeneemt met de leeftijd is er een die inmiddels in verschillende

onderzoeken is gerapporteerd, en wereldwijd voorkomt (Verenigde Staten, Australië en West Europa, Rusland, voormalig Oost Duitsland, Japan, en India). Een tweede belangrijke bevinding is dat wanneer de genetische invloeden toenemen met de leeftijd, de invloed van gedeelde omgevingsfactoren afneemt. De erfelijkheid van intelligentie in de kindertijd wordt op 5 jarige leeftijd geschat rond 25%. De invloed van gedeelde omgevingsfactoren, zoals ouderlijk milieu is dan belangrijker dan genotype en verklaart ongeveer 50% van de intelligentie verschillen tussen kinderen. De erfelijkheid van intelligentie op 7 jarige leeftijd wordt geschat op ongeveer 60% en in de late adolescentie op 80%. In de kindertijd wordt de intelligentie naast genetische factoren dus in belangrijke mate verklaard door gedeelde omgevingsfactoren. Op latere leeftijd is er een duidelijke stijging van erfelijkheid. Onderzoek bij hoogbejaarde Zweedse tweelingen heeft aangetoond dat ook op hoge leeftijd de invloed van genetische factoren groot blijft.

### **Waarom deze stijging?**

Het feit dat de gedeelde omgeving een steeds kleinere rol gaat spelen kan samenhangen met de toenemende zelfstandigheid van kinderen als ze naar school gaan. Wanneer kinderen naar school gaan brengen ze veel minder tijd door in de thuissituatie waardoor de verschillen in 'gedeelde omgeving' afnemen en genetische verschillen duidelijker een rol kunnen gaan spelen. Tijdens de adolescentie neemt deze invloed van de gedeelde omgeving nog meer af en gaan genen de belangrijkste rol spelen. Voor deze toenemende rol van genetische factoren zijn verschillende verklaringen, die elkaar mogelijk allemaal aanvullen. Eén daarvan stelt dat nieuwe genen van belang zijn en tot expressie komen tijdens ingewikkelde cognitieve processen bij de ontwikkeling. Een andere hypothese verklaart de toename van erfelijkheid door kleine genetische effecten die vroeg in de ontwikkeling zorgen voor een sneeuwbaaleffect en daardoor op latere leeftijd grotere effecten in gedrag veroorzaken, bijvoorbeeld wanneer individuen zelf hun omgeving kunnen kiezen. Anders gezegd kan een klein verschil in gedrag veroorzaakt door genen op jonge leeftijd zorgen voor grote effecten op latere leeftijd. Bijvoorbeeld, kinderen en volwassenen zoeken op basis van hun genotype de omgeving die het beste bij hen past: het slimme kind heeft een voorkeur voor technisch lego, het muzikale kind voor pianoles en het sportieve kind voor voetbal. Als kinderen de kans krijgen te doen waar ze goed in zijn, krijgen zij de kans hun genotype tot expressie te brengen. De toename in erfelijkheid gaat ten koste van de invloed van gedeelde omgevingsfactoren. In een studie waarbij meer dan 200 paren geadopteerde broers en zussen, die opgroeiden in hetzelfde gezin, werden getest op IQ was de

correlatie tussen broers en zussen op 8 jaar 0.26. Tien jaar later was de correlatie vrijwel gelijk aan nul (Loehlin et al., 1989). Ook deze adoptiestudie toont dus aan dat wanneer de leeftijd toeneemt, de invloed van gedeelde omgevingsfactoren op IQ afneemt.

### **Andere cognitieve vaardigheden**

Zoals in de definitie van intelligentie al naar voren kwam, bestaat intelligentie uit verschillende aspecten. Verschillende onderzoeken hebben laten zien dat vrijwel alle cognitieve vaardigheden in meer of mindere mate worden beïnvloed door erfelijke factoren. Eén van de aspecten die in onderzoek veel aandacht heeft gekregen is reactiesnelheid. Galton was degene die in eerste instantie voorstelde dat mensen met een snellere reactietijd een hogere intelligentie hebben dan mensen met een relatief lage reactiesnelheid. Omdat correlatie alleen de samenhang van variabelen weergeeft, en niet de specifieke richting, kan het zijn dat een hoger IQ leidt tot een hogere reactiesnelheid, of dat een hogere reactiesnelheid leidt tot een hoger IQ. Een andere verklaring is dat beide eigenschappen worden beïnvloedt door een derde factor. Inmiddels heeft onderzoek naar die specifieke causale relatie bij 2012 Nederlandse en Australische tweelingen aangetoond dat dezelfde genen van invloed zijn op zowel inspectietijd (de tijd die iemand nodig heeft om een simpele beslissing te nemen) als IQ. Naast onderzoek naar algemeen IQ is er onderzoek gedaan naar verbaal IQ (voor 85% erfelijk) en perfoormaal IQ: wat de ruimtelijke vaardigheden meet (voor 69% erfelijk). Andere cognitieve vaardigheden zoals de tijd die iemand nodig heeft om een makkelijke beslissing te maken (46%). Reactietijd (43%) en werkgeheugen (43% - 56%) lijken iets minder sterk erfelijk bepaald.

Er is een aantal gedragsproblemen bij kinderen dat samenhangt met een lager IQ, met name aandachtsproblemen en ADHD (Attention Deficit Hyperactive Disorder). Bij deze aandoening staan impulsiviteit, hyperactiviteit en aandachtstekortproblemen centraal. Onderzoek met Nederlandse tweelingen liet zien dat aandachtsproblemen stabiel zijn over de kindertijd en bovendien hoog erfelijk (75%). De genen die intelligentie beïnvloeden blijken ook een rol te spelen bij aandachtsproblemen en overactiviteit.

### **Genen en omgeving**

Als verschillen tussen mensen in intelligentie in belangrijke mate worden verklaard door verschillen in de genetische aanleg, betekent dat echter niet dat omgevingsfactoren geen rol spelen. De invloed die genen kunnen hebben is uiteindelijk afhankelijk van de omgeving waarin het genotype

tot expressie moet kunnen komen, net als een plant die alleen kan groeien met voldoende zonlicht, of de plant nu goede genen heeft of niet. Als het slimme kind boeken of lego wordt ontzegd krijgt het genotype niet de kans om maximaal tot expressie te komen. Bovendien zijn genotype en omgeving vaak geassocieerd. De omgeving van het kind wordt ten dele door de genen van de ouders bepaald en die ouders geven ook hun genen door aan hun kinderen (passieve gen-omgevingscorrelatie). Een ander voorbeeld is een kind wat van nature leergierig is en op school wordt gestimuleerd om iets extra's te doen (reactieve gen-omgevingscorrelatie). Een derde voorbeeld is een leergierig persoon die vanuit zichzelf vaker een boek of krant leest (actieve gen-omgevingscorrelatie).

### **Genvarianten.**

Nu is vastgesteld dat intelligentie hoog erfelijk is, richt het moleculair genetische onderzoek zich op welke genvarianten een rol spelen bij intelligentie. Met studies die het hele menselijke DNA kunnen scannen op genetische varianten kan worden nagegaan welke varianten verschillen tussen personen en welke varianten van belang zijn bij intelligentie. Er wordt verwacht dat een zeer groot aantal genen een rol spelen zullen spelen bij IQ (net zoals bij lichaamslengte, diabetes of depressie). Uit een eerste onderzoek naar de locatie van genen die bij intelligentie zijn betrokken kwamen twee plaatsen op het genoom naar voren die een rol speelden bij algemene intelligentie; chromosoom 2 en chromosoom 6. Bepaalde delen van die chromosomen worden ook in verband gebracht met aandoeningen zoals autisme, dyslexie en schizofrenie. Onderzoek naar specifieke genvarianten suggereert dat het CHRM2 (cholinergic muscarinic receptor 2) gen, het SNAP-25 (synaptosomal-associated protein of 25 kDa) gen, het ALDH5A1 (aldehyde dehydrogenase 5 family member A1) gen en het APOE-gen betrokken zijn bij cognitie. Dit onderzoek staat echter nog in de kinderschoenen en er is meer onderzoek nodig om te kunnen bepalen welke genen een rol spelen bij intelligentie, hoe deze genen samenwerken en hoe deze genen in de hersenen tot expressie komen. Tweelingonderzoek zal daarbij in de toekomst mogelijk een even grote rol gaan spelen als het in de afgelopen decennia reeds heeft gedaan.

## **Meer lezen?**

Dorret Boomsma, *Tweelingonderzoek. Wat meerlingen vertellen over de mens.*, VU uitgeverij

Vesuvius, 2008, IBSN: 9789086590803.

Mark Patrick Roeling is student psychologie en werkzaam als onderzoeksassistent bij de afdeling biologische psychologie van de Vrije Universiteit Amsterdam.

Dr. Tinca Polderman is als postdoc verbonden aan de afdeling biologische psychologie van de Vrije Universiteit Amsterdam.

Prof. dr. Dorret Boomsma is hoogleraar biologische psychologie en afdelingshoofd van de afdeling biologische psychologie van de Vrije Universiteit Amsterdam.

Department of Biological Psychology, Vrije Universiteit Amsterdam, Van der Boechorststraat 1, 1081 BT, Amsterdam, The Netherlands. Tel.: +31 20 598 89 83; Room 2C-33. E-mail address: [mp.roeling@psy.vu.nl](mailto:mp.roeling@psy.vu.nl) (M.P. Roeling).

## **Literatuur**

- Bartels, M., Rietveld, M.J.H., Baal, G.C.M., & Boomsma, D.I. (2002). Genetic and Environmental influences on the Development of Intelligence. *Behavioral Genetics*, *22*, 237-249.
- Boomsma, D.I., & Van Baal, G.C.M. (1998). Genetic influences on Childhood IQ in 5- and 7- year-old Dutch Twins. *Developmental Neuropsychology*, *14*, 115-126.
- Boomsma, D.I., Busjahn, A., & Peltonen, L. (2002). Classical twin studies and beyond. *Nature Reviews Genetics*, *3*, 872-882.
- Deary, I.J., Johnson, W., & Houlihan, L.M. (2009). Genetic foundations of human intelligence. *Human Genetics*, *126*, 215-232.
- Erlenmeyer-Kimling, L., & Jarvik, L.F. (1963). Genetics and Intelligence: A review. *Science*, *142*, 1477-1479.
- Gotfredson, L.S. (1997). Mainstream science on intelligence: an editorial with 52-signatories, history and bibliography. *Intelligence*, *24*, 13-23.
- Mendel, G. (1865). *Experiments in Plant Hybridization*. Read at the February 8th, and March 8th, 1865, meetings of the Brünn Natural History Society.
- Loehlin, J.C., Horn, J.M., & Willerman, L. (1989). Modeling IQ change: Evidence from the Texas Adoption Project. *Child development*, *60*, 993-1004.
- Plomin, R., & Spinath, F.M. (2004). *Intelligence: Genetics, Genes, and Genomics*. Journal of Personality and Social Psychology, *86*, 112-129.
- Polderman, T.J.C., Gosso, M.F., Posthuma, D., Van Beijsterveldt, C.E.M., Heutink, P., Verhulst, F.C., & Boomsma, D.I. (2006a). A longitudinal twin study on IQ, executive functioning, and attention problems during childhood and early adolescence. *Acta Neurologica Belgica*, *106*, 191-207.
- Posthuma, D., de Geus, E.J.C., & Deary, I.J. (2009). The Genetics of Intelligence. In T.E. Goldberg & D.R. Weinberger (Eds), *The Genetics of Cognitive Neuroscience*, 97-121. Cambridge MA: The MIT Press.