

Handvoorkeur en taaldominantie

JAN VAN STRIEN

Van alle mensen is ongeveer 90% rechtshandig en 10% linkshandig. Hoe kan deze asymmetrische verdeling worden verklaard? Bij dieren komt zo'n sterke laterale voorkeur, over de hele soort gezien, niet voor. Hoewel individuele exemplaren vaak een consistente voorkeur vertonen om bepaalde activiteiten met de ene poot uit te voeren, ontbreekt bij de meeste diersoorten een duidelijke populatievoorkeur. Wel zijn er aanwijzingen dat motorische asymmetrieën zich op de gehele evolutieladder voordoen – van draaivoorkeuren in sommige vissen tot handvoorkeuren bij apensoorten (zie Rogers 2000). De gerapporteerde populatievoorkeuren zijn statistisch significant, maar zwakker dan bij de mens: namelijk 60% tot 70%.

In dit artikel zal eerst worden besproken hoe handvoorkeur kan worden gemeten en in hoeverre handvoorkeur gerelateerd is aan taaldominantie. Vervolgens worden de verschillende theorieën over de oorzaak van handvoorkeur behandeld. Ten slotte zal aan de hand van recente ontwikkelingen in het lateralisatie-onderzoek een formule worden gepresenteerd waarmee per individu de kans op taaldominantie van de rechterhersenhelft kan worden berekend met behulp van handvoorkeur.

Handvoorkeur en taaldominantie

In het dagelijks leven wordt iemand als linkshandig beschouwd als hij of zij de linkerhand gebruikt om mee te schrijven. Een probleem bij deze manier van classificeren is echter dat in aanleg linkshandige kinderen soms op school gedwongen worden om met de rechterhand te schrijven; dit gebeurde vooral in vroeger tijden.

Voor onderzoeksdoeleinden is het dan ook raadzaam niet alleen naar iemands schrijfhand te vragen, maar ook naar de handvoorkeur voor een aantal andere unimanuele activiteiten (zie Van Strien 1992).

Vragenlijsten voor de handvoorkeur (zie kader) zijn betrouwbaar en valide. Bij herhaald testen behaalt men dezelfde score en de overeenstemming tussen opgegeven en actueel gedrag is erg hoog. Bovendien biedt een vragenlijst de mogelijkheid de handvoorkeur uit te drukken in een score van bijvoorbeeld -10 tot $+10$ in plaats van in de dichotomie wel/niet rechtshandig. Op die manier kunnen bijvoorbeeld sterk linkshandigen worden onderscheiden van ambidexters. De verdeling van de scores op een vragenlijst voor handvoorkeur laat een J-vormige curve zien met een kleine piek sterk-linkshandigen en een grote piek sterk rechtshandigen.

Naast handvoorkeur kan ook handvaardigheid worden gemeten, met taken die een beroep doen op de fijne handmotoriek, zoals het plaatsen van pinnetjes op een *pegboard* of het zo snel mogelijk tikken met een of meer vingers op een toets of reeks toetsen (*finger tapping*). Voor handvaardigheid wordt een naar rechts verschoven, normale verdeling gevonden. Gemiddeld vertonen mensen een iets betere prestatie met de rechterhand, terwijl slechts weinig mensen een extreme handvaardigheid laten zien. Handvoorkeur blijkt duidelijker gerelateerd aan taaldominantie dan handvaardigheid. Wellicht is handvoorkeur

Handvoorkeur

Met onderstaande vragenlijst kunt u bepalen hoe uitgesproken links- of rechtshandig u bent. De lijst omvat één vraag over de hand waarmee u bij voorkeur schrijft en tien vragen over uw voorkeurshand voor andere handelingen. Geef voor elke vraag aan met welke hand u de betreffende handeling gewoonlijk uitvoert.

Schrijfhand (niet voor de totaalscore)

Geef aan met welke hand u schrijft: de linker, de rechter of 'op school gedwongen rechts te schrijven'.

Handvoorkeur overige handelingen

Hieronder staan tien activiteiten die u met uw linker- of rechterhand kunt uitvoeren. Omcirkel welke kant u gewoonlijk gebruikt voor elk van deze activiteiten. Als u het antwoord niet meteen weet, voer dan de betreffende handeling in gedachten uit. Heeft u geen duidelijke voorkeur, omcirkel in dat geval 'beide'.

1. Met welke hand tekent u?
linker rechter beide
2. Welke hand gebruikt u om met een tandenborstel te poetsen?
linker rechter beide
3. In welke hand houdt u een flesopener vast?
linker rechter beide
4. Met welke hand gooit u een bal ver weg?
linker rechter beide
5. In welke hand heeft u een hamer vast als u ermee op een spijker moet slaan?
linker rechter beide
6. Met welke hand houdt u een (tennis)racket vast?
linker rechter beide
7. Welke hand gebruikt u om met een mes een touw door te snijden?
linker rechter beide
8. Welke hand gebruikt u om met een lepel te roeren?
linker rechter beide
9. Welke hand gebruikt u om met een gummetje iets uit te vlakken?
linker rechter beide
10. Met welke hand strijkt u een lucifer aan?
linker rechter beide

Scoring handvoorkeur overige handelingen

Om uw totaalscore op de tien items te bepalen, geeft u aan elk antwoord 'linker' de score -1, aan 'beide' de score 0 en aan elk antwoord 'rechter' de score +1. Uw score kan variëren van -10 voor extreme linkshandigheid tot +10 voor extreme rechtshandigheid. De schrijfhandvoorkeur wordt niet in de totaalscore betrokken. De overgrote meerderheid van de rechtsschrijvers zal in de range van +8 tot +10 vallen.

Taaldominantie

De kans (in %) dat u een taaldominante rechterhersenhelft heeft, is grofweg te berekenen als 15% minus de totaalscore van de handvoorkeur (in %). De kans op anomale taaldominantie is dan bij extreme linkshandigheid $15\% - (-10\%) = 25\%$; bij tweekhandigheid 15%; en bij extreme rechtshandigheid $15\% - (+10\%) = 5\%$.

basaler dan handvaardigheid. De voorkeur voor bijvoorbeeld de rechterhand heeft tot gevolg dat deze hand meer oefent en dus vaardiger wordt. Handvoorkeur is één van de vele uitingvormen van lateralisatie. Naast

motorische lateralisatie is er ook sensorische lateralisatie, zoals oogvoorkeur, en lateralisatie van de informatieverwerking, zoals de waarneming van gezichtsuitdrukkingen. Deze vormen van lateralisatie zijn te relateren

aan de functionele lateralisatie van de hersenhelften. Het verschil in functioneren tussen de linker- en rechterhersenhelft is niet in een simpele dichotomie uit te drukken, maar globaal kan worden gesteld dat bij ongeveer 92% van de mensen de linkerhersenhelft betrokken is bij taal en sociale emoties en de rechterhersenhelft bij ruimtelijk informatieverwerking en primaire emoties.

De linkerhersenhelft ontvangt sensorische informatie uit de rechterlichaamshelft en controleert de spieren aan die kant. Voor de rechterhersenhelft geldt het omgekeerde. Waarom deze contralaterale organisatie van het zenuwstelsel zich door de hele evolutie heen heeft voorgedaan is een raadsel. Het feit dat veruit de meeste mensen rechtshandig zijn en een linkerhersenhelft bezitten die dominant is voor taalfuncties, zou kunnen doen vermoeden dat er een directe relatie tussen handvoorkeur en taaldominantie bestaat. In wat wel 'de wet van Broca' is genoemd, werd gesteld dat er bij linkshandigen sprake is van een omgekeerde dominantie, waarbij de taalfuncties zich in de rechterhersenhelft bevinden. Hoewel Broca zelf deze wet nooit expliciet schijnt te hebben beschreven, bleef het idee van de taaldominante hersenhelft contralateraal aan de voorkeurshand de heersende doctrine tot het midden van de twintigste eeuw. Dit idee is echter onjuist gebleken: we weten nu dat bij ongeveer 75% van de linkshandigen, net als bij 95% van de rechtshandigen, de linkerhersenhelft dominant is voor taalfuncties.

In tabel 1 worden de belangrijkste modellen voor het ontstaan van handvoorkeur opgesomd. Deze modellen zullen hier kort worden besproken. Voor een uitgebreidere beschouwing over de oorzaken van de menselijke

Model	Referentie
Pathologische invloeden	
Geboortestress	Bakan, Dibb & Reed (1975)
Pathologische linkshandigheid	Satz, Orsini, Saslow & Henry (1985)
Intra-uteriene invloeden	
Testosteronhypothese	Geschwind & Galaburda (1987)
Positie in utero	Previc (1991)
Genetische invloeden	
Enkelvoudig-genmodel	Annett (1985)
Polygenetisch model	Gangestad & Yeo (1994)
Culturele invloeden	
Culturele invloeden	Collins (1975)

Tabel 1 Theorieën met betrekking tot handvoorkeur

handvoorkeur wordt verwezen naar Van Strien (2000).

Pathologische invloeden

Pathologische invloeden tijdens de geboorte of in de vroege jeugd kunnen de hersenen zodanig beschadigen dat er een reorganisatie van de hersenanatomie plaatsvindt waarbij de controle voor de fijne handmotoriek verschuift van de linker- naar de rechterhersen helft. Bakan, Dibb & Reed (1973) stellen dat zuurstofgebrek als gevolg van complicaties bij de geboorte de oorzaak is van linkshandigheid. Bakan et al. vonden dat linkshandige studenten tweemaal vaker dan rechtshandige studenten op een vragenlijst aangaven dat er bij hen sprake was geweest van geboortestress.

Ook uit ons eigen onderzoek (Van Strien, Bouma & Bakker 1987) bleek dat linkshandigen tweemaal zo vaak complicaties rond zwangerschap en geboorte rapporteerden. Anders dan bij de ideeën van Bakan et al. hadden de klachten niet zozeer met mogelijk zuurstofgebrek te maken, maar veeleer met intra-uteriene complicaties zoals een laag geboortegewicht, hoge bloeddruk bij de moeder of geelzucht bij de pasgeborene. In ons onderzoek werd geen steun gevonden voor de hypothese dat eerstgeborenen of laatgeborenen (vierde kind en later), als ook kinderen van zeer jonge of relatief

oude moeders, vaker linkshandig zouden zijn als gevolg van een grotere kans op complicaties tijdens de bevalling.

Waar Bakan et al. er van uit gaan dat alle linkshandigheid het gevolg is van pathologie, gaan Satz, Orsini, Saslow en Henry (1985) er van uit dat er een aparte groep pathologische linkshandigen bestaat naast de groep natuurlijke linkshandigen. In deze laatste groep is de handvoorkeur erfelijk bepaald en is er sprake van een normale ontwikkeling. Pathologische linkshandigheid is het resultaat van een vroege pathologie (voor het zevende levensjaar) in de linkerhersen helft en komt voor in klinische groepen zoals patiënten met epilepsie of patiënten met mentale retardatie. Satz et al. hebben een pathologische linkshandigheid beschreven die wordt gekenmerkt door verminderde visueel-ruimtelijke functies, relatief intacte verbale functies, onvolkomen ontwikkeling van de rechterhersen helft en een afwijkende taaldominantie.

Intra-uteriene invloeden

Andere theorieën gaan er van uit dat de lateralisatie op een subtiele wijze wordt beïnvloed door intra-uteriene factoren, zonder dat er sprake is van duidelijk pathologische veranderingen. De invloedrijkste theorie is de testosteronhypothese van Geschwind

en collega's (zie Geschwind & Galaburda 1987). Geschwind neemt aan dat de functionele lateralisatie van de hersenhelften gebaseerd is op anatomische asymmetrieën van deze hersenhelften.

Voor de taaldominantie is de asymmetrie van een gebied achteraan de bovenkant van de temporaalkwab, het planum temporale, van belang. Bij 65% van de mensen is het deze structuur links groter dan rechts. Volgens Geschwind is de linkerhersen helft gevoeliger voor intra-uteriene invloeden, omdat de linkerhersen helft zich langzamer ontwikkelt dan de rechter. Vooral verhoogde foetale testosteron-niveau's zouden de ontwikkeling van de posterieure delen van de linkerhersen helft vertragen. Deze vertraagde ontwikkeling links, gevoegd bij een compenserende groei van homologe locaties rechts, resulteert in een reductie van de planum temporale asymmetrie.

Mensen met een planum temporale symmetrie hebben volgens Geschwind een gelijke kans om links- of rechtshandig te zijn. Zij vormen de groep met wat Geschwind *anomale dominantie* noemt. Mensen met links een groter planum temporale dan rechts vormen de groep met *standaard dominantie*. Dit zijn mensen met een sterke voorkeur voor de rechterhand en een linker taaldominante hersen helft. De resultaten van onderzoek met moderne beeldvormende technieken ondersteunen Geschwinds hypothese dat er een relatie bestaat tussen planum temporale asymmetrie en handvoorkeur (Foundas, Leonard & Heilman 1995).

Voor de hypothese dat testosteron de ontwikkeling van de linkerhersen helft vertraagt, bestaat minder steun. Het blijkt dat symmetrie niet zozeer het gevolg is van een verkleind linker pla-

num temporale als wel van een toegenomen omvang van deze structuur rechts. Wellicht dat testosteron eerder een trofische invloed heeft op het rechter planum temporale dan een remmende invloed op het linker (Habib, Touze & Galaburda 1990). Een heel andere benadering van de intra-uteriene invloeden komt van Previc (1991). Previc meent dat de handvoorkeur bepaald wordt door de positie van de foetus in de baarmoeder. Gedurende de laatste drie maanden van de zwangerschap ligt ongeveer tweederde van de foetussen met het hoofd naar beneden en met het rechteroor naar voren. Bij het naar voren bewegen van de moeder zorgt deze houding ervoor dat met name het linker foetale evenwichtsorgaan wordt gestimuleerd door de tegengestelde, voor de foetus naar links gerichte traagheid. Zo ontstaat links een beter ontwikkeld evenwichtsorgaan dan rechts. De linkerkant van het lichaam zal dientengevolge meer betrokken zijn bij houding en evenwicht en de rechterkant meer bij vrijwillige, gecontroleerde bewegingen. Previc's theorie is niet direct onderzocht. Het gegeven dat de beschreven positie bij tweederde van de foetussen voorkomt, kan niet goed verklaren waarom 90% van de mensen rechtshandig is. Previc geeft als verklaring dat ouderlijk voorbeeld en culturele druk het percentage rechtshandigheid opschroeven.

Genetische invloeden

Indien beide ouders linkshandig zijn, is de kans dat zij linkshandige kinderen zullen hebben ongeveer driemaal hoger dan indien beide ouders rechtshandig zijn. Dit doet een genetische invloed vermoeden. Een simpel Mendeliaans model kan de percentages linkshandigen echter niet verklaren.

Stel dat er een dominant allel (R) is voor rechtshandigheid en een recessief allel (l) voor linkshandigheid. Linkshandige ouders zouden dan homozygote ll-individueen zijn en al hun kinderen zouden per definitie linkshandig moeten zijn.

Het invloedrijkste genetische model is dat van Annett (1972, 1985, 1995). Annett stelt dat rechtshandigheid erfelijk bepaald is en dat linkshandigheid op toeval berust. In de jaren zeventig heeft zij de *right-shift*-factor gepostuleerd. Uitgangspunt is het gegeven dat er een normaalverdeling is voor het verschil in handvaardigheid. De *right-shift*-factor zorgt ervoor dat deze verdeling naar rechts is opgeschoven. Bij individuen waar de *right-shift*-factor ontbreekt, ligt het midden van deze verdeling precies tussen links en rechts in. Met andere woorden: bij afwezigheid van deze factor is de kans op linkshandigheid gelijk aan de kans op rechtshandigheid. Haar idee dat linkshandigheid de uitkomst is van een probabilistisch proces is van invloed geweest op andere genetische modellen en op het model van Geschwind.

Annett heeft haar model meermalen bijgesteld. Recentere formuleringen van het model stellen dat er een *right-shift*-allel (RS+) is dat codeert voor taaldominantie in de linkerhersenhelft. Rechtshandigheid wordt hierbij gezien als een gevolg van de taaldominantie links. Is er geen *right-shift*-allel (RS-), dan worden zowel taaldominantie als handvoorkeur door het toeval bepaald. Bovendien is er in recentere publicaties sprake van onvolledige dominantie: in homozygote (RS++) genotypes is de taaldominantie meer uitgesproken dan in de heterozygote (RS+-) genotypes.

McManus (1985) heeft Annetts ideeën toegepast op handvoorkeur in plaats

van op handvaardigheid. Handvoorkeur en taaldominantie worden volgens hem bepaald door een autosomale locus, waar twee allelen mogelijk zijn: D (*dextral*) en C (*chance*). Het D-allel codeert voor rechtshandigheid en taaldominantie links. Het C-allel codeert voor toeval van zowel handvoorkeur als taaldominantie. Ook hier is sprake van additie: van de DC-individueen is 75% rechtshandig.

Omdat de bovengenoemde genetische modellen uitgaan van toeval bij het ontstaan van linkshandigheid, kunnen deze modellen mede verklaren waarom bij eenige tweelingen de concordantie voor handvoorkeur relatief laag is (ongeveer 80%). Bij tweelingen kunnen verder ook prenatale, perinatale en pathologische factoren een rol spelen.

Gangestad en Yeo (1994) menen dat er een sterke polygenetische basis is voor wat zij ontwikkelingsinstabiliteit noemen, in de vorm van een minder gunstige combinatie van erfelijke factoren. Onder normale omstandigheden is er sprake van een universeel ontwikkelingsontwerp dat resulteert in matige rechtshandigheid. Ontwikkelingsinstabiliteit kan dit universele ontwerp echter verstoren, wat tot linkshandigheid of extreme rechtshandigheid leidt.

Volgens de hypothese van Gangestad en Yeo zullen twee linkshandige ouders niet alleen meer linkshandige kinderen, maar ook meer extreem rechtshandige kinderen voortbrengen. De auteurs vinden hiervoor in hun eigen onderzoek steun. In vergelijking tot studenten met een minder uitgesproken asymmetrie in handvaardigheid, rapporteerden zowel studenten met extreme handvaardigheid links als studenten met een extreme handvaardigheid rechts vaker dat zij linkshandige ouders hadden.

Culturele invloeden

Volgens een puur culturele theorie zou handvoorkeur een gevolg moeten zijn van sociale conditionering en van oefening. Een linkshandige moeder zou haar kind leren linkshandig te zijn, een rechtshandige moeder zou haar kind leren rechtshandig te zijn. Er zijn echter geen aanwijzingen dat handvoorkeur door de ouders is aangeleerd. Onder kinderen die door linkshandige pleegouders zijn opgevoed wordt geen verhoogd percentage linkshandigen gevonden (Carter-Saltzman 1980).

Volgens Collins (1975) wordt handvoorkeur niet door sociale druk bepaald, maar door omgevingsbias. We leven in een rechtshandige wereld, waarin gereedschap, gebruiksvoorwerpen en apparatuur zijn ontworpen voor rechtshandigen. Collins testte een grote groep muizen op pootvoorkeur. Door inteelt bezaten deze muizen nauwelijks genetische variatie. De meeste van deze muizen waren of sterk linkspotig of sterk rechtspotig. Vervolgens werd een omgevingsbias aangebracht door een voedselkokerkje links of rechts in de kooi op te hangen. Hierop vertoonde 90% van de muizen een pootvoorkeur die in overeenstemming was met de omgevingsbias. Toen daarna de omgevingsbias werd omgedraaid, veranderde één groep muizen van pootvoorkeur in overeenstemming met de anti-bias, terwijl de andere groep vast bleef houden aan de eerder ontwikkelde voorkeur. Volgens Collins bestond de groep die zich aanpaste aan de anti-bias uit in aanleg linkspotige muizen die eerst in een rechtshandige omgeving waren geplaatst en uit in aanleg rechtspotige muizen die eerst in een linkshandige omgeving waren geplaatst. De groep die zich niet aanpaste aan de anti-bias bestond uit muizen bij wie de eerste

omgevingsbias consistent was met hun pootvoorkeur. Het onderzoek toonde dus aan dat een in aanleg fifty-fifty verdeelde populatie door omgevingsbias verschuift naar 90% voorkeur in de richting van de bias. En ook dat een in aanleg rechtshandige populatie zich, na blootstelling aan rechtshandige bias, niet zal aanpassen aan een linkshandige bias.

Het model van Collins kan echter niet verklaren waarom in alle menselijke samenlevingen rechtshandigheid ooit de standaard is geworden.

Sekseverschillen

Mannen zijn vaker linkshandig dan vrouwen. In Nederland is 12% van de mannen en 10% van de vrouwen linkshandig. Verschillende modellen bieden een verklaring. Het culturele model beweert dat linkshandige vrouwen meer dan mannen bereid zijn zich aan te passen en rechtshandig te worden (zie Harris 1990). Geschwinds testosteronhypothese stelt dat de hormonale invloeden op de ontwikkeling van de hersenlateralisatie sterker zijn bij mannelijke dan bij vrouwelijke foetussen. Volgens de geboortestress-hypothese zijn mannen vaker linkshandig dan vrouwen omdat pasgeboren jongetjes groter zijn dan pasgeboren meisjes en dus meer vatbaar zijn voor geboortestress.

Om in een genetisch model sekseverschillen te verklaren moet het model worden aangepast. McManus en Bryden (1992) hebben een recessief *modifier* gen (*m*) bedacht, dat op het X-chromosoom is gelegen en dat de werking van het D-allel inhijbeert. Bij m-mannen en mm-vrouwen is er dus sprake van toeval in de handvoorkeur. Omdat er op grond van kansberekening meer m-mannen zullen zijn dan mm-vrouwen, komt linkshandigheid in verhoogde mate voor bij mannen.

De relatie tussen handvoorkeur en taaldominantie

De mate en de richting van de handvoorkeur lijken vooral door genetische, intra-uteriene en perinatale factoren te worden beïnvloed.

Zowel de modellen van Annett en McManus als het model van Geschwind gaan uit van een standaard dominantie, waarbij de rechterhand de voorkeurshand is en de linkerhersen helft dominant is voor taal. Door het ontbreken van een *right-shift*-factor of onder hormonale invloed ontstaan afwijkingen van dit patroon, waarbij zowel de handvoorkeur als de taaldominantie door het toeval wordt bepaald. Het model van McManus voorspelt op grond van kansberekening dat ongeveer 6% van de rechtshandigen en ongeveer 29% van de linkshandigen een taaldominantie rechts zal vertonen.

Recentelijk hebben Knecht et al. (2000) de directe relatie tussen handvoorkeur en taaldominantie onderzocht. Door middel van een vragenlijst werd de mate van handvoorkeur bepaald van 326 proefpersonen. Taaldominantie werd bepaald met behulp van functionele, transcraniale Doppler-ultrasonografie. Hiermee werden veranderingen in de snelheid van de cerebrale doorbloeding in de linker en rechter *arteria cerebri media* gemeten ter hoogte van potentiële taalgebieden. De proefpersoon moest in stilte zoveel mogelijk woorden vinden die met een bepaalde op een computerscherm gepresenteerde letter begonnen. Na 15 seconden moest de proefpersoon de woorden rapporteren. Deze procedure werd twintig keer herhaald en de signalen werden gemiddeld. De taaldominantie werd uitgedrukt in het aldus gevonden maximale verschil in doorbloedingssnelheid tussen beide hersenhelften geduren-

de de periode van 15 seconden woordgeneratie.

Knecht et al. vonden een lineaire toename in de taaldominantie van de rechterhersenhelft met de mate van linkshandigheid. De rechterhersenhelft was taaldominant bij 4% van de sterk rechtshandigen, bij 15% van de ambidexters en bij 27% van de sterk linkshandigen. Deze getallen komen aardig overeen met de voorspellingen volgens het model van McManus. In hun artikel presenteren Knecht et al. een formule waarmee per individu de kans op taaldominantie van de rechterhersenhelft kan worden berekend met behulp van een kwantificering van handvoorkeur (zie kader).

Ten slotte

Uit een aantal van de besproken modellen wordt duidelijk dat er een waarschijnlijkheidsrelatie tussen handvoorkeur en taaldominantie bestaat. Hierbij is handvoorkeur oorzaak noch gevolg van een afwijkende

taaldominantie. Wel gaat linkshandigheid samen met een grotere kans op een taaldominantie van de rechterhersenhelft.

Op de vraag of er bij de mens al dan niet sprake is van een natuurlijke populatiebias voor rechtshandigheid is nog geen definitief antwoord gegeven. Volgens Annett en McManus zijn er specifieke allelen nodig om de populatievoorkeur naar rechts te laten verschuiven. Volgens anderen, zoals Geschwind en Gagestad & Yeo, is er juist sprake van een natuurlijke populatiebias naar rechts, die door hormonale invloeden of door ontwikkelingsinstabiliteit wordt gemoduleerd.

Mocht binnenkort het gen voor rechtshandigheid worden gevonden, dan blijken uiteraard Annett en McManus gelijk te hebben.

Literatuur

- Annett M. (1972). The distribution of manual asymmetry. *British Journal of Psychology*, 63, 343-358.
- Annett M. (1985). *Left, right, hand and brain: The right shift theory*. Erlbaum, Londen.
- Annett M. (1995). The right shift theory of a genetic balanced polymorphism for cerebral dominance and cognitive processing. *Cahiers de Psychologie*, 14, 427-480.
- Bakan P., Dibb G. & Reed P. (1973). Handedness and birth stress. *Neuropsychologia*, 11, 363-366.
- Carter-Saltzman L. (1980). Biological and sociocultural effects on handedness: Comparison between biological and adoptive families. *Science*, 209, 1263-1265.
- Collins R.L. (1975). When left-handed mice live in a right-handed world. *Science*, 187, 181-184.
- Foundas A.L., Leonard C.M. & Heilman K.M. (1995). Morphologic cerebral asymmetries and handedness: The pars triangularis and planum temporale. *Archives of Neurology*, 52, 501-508.
- Gangestad S.W. & Yeo R.A. (1994). Parental handedness and relative hand skill: A test of the developmental instability hypothesis. *Neuropsychologia*, 8, 572-578.
- Geschwind N. & Galaburda A.M. (1987). *Cerebral lateralization: biological mechanisms, associations and pathology*. MIT press, Cambridge (MA, VS).
- Habib M., Touze F. & Galaburda A.M. (1990). Intra-uterine factors in sinistrality: A review. In: *Left-handedness: behavioral implications and anomalies*. S. Coren (red.), Amsterdam.
- Harris L.J. (1990). Cultural influences on handedness: Historical and contemporary theory and evidence. In: *Left-handedness: behavioral implications and anomalies*. S. Coren (red.), Amsterdam.
- Knecht S., Dräger B., Deppe M., Bobe L., Lohmann H., Floël A., Ringelstein E.-B. & Henningsen H. (2000). Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. *Brain*, 123, 2512-2518.
- McManus I.C. (1985). Handedness, language dominance and aphasia: A genetic model. *Psychological Medicine*, Monograph Supplement no. 8, 1-40.
- McManus I.C. & Bryden M.P. (1992). The genetics of handedness, cerebral dominance and lateralization. In: *Handbook of neuropsychology*, Vol. 6: *Child neuropsychology*. Rapin I. & Segalowitz S.J. (red.), Elsevier, Amsterdam.
- Previc F.H. (1991). A general theory concerning the prenatal origins of cerebral lateralization in humans. *Psychological Review*, 98, 299-334.
- Rogers L.J. (2000). Evolution of side biases: Motor versus sensory lateralization. In: *Side-bias: A Neuropsychological Perspective*. Mandal M.K., Bulman-Fleming M.B. & Tiwari G. (red.), Kluwer, Dordrecht.
- Satz P., Orsini D.L., Saslow E. & Henry R. (1985). The pathological left-handedness syndrome. *Brain & Cognition*, 4, 27-46.
- Van Strien J.W. (1992). Classificatie van links- en rechtshandige proefpersonen. *Nederlands Tijdschrift voor de Psychologie en Haar Grensgebieden*, 47, 88-92.
- Van Strien J.W., Bouma A. & Bakker D.J. (1987). Birth stress, autoimmune diseases and handedness. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 9, 775-780.
- Van Strien J.W. (2000). Genetic, intra-uterine and cultural origins of human handedness. In: *Side-bias: A Neuropsychological Perspective*. Mandal M.K., Bulman-Fleming M.B. & Tiwari G. (red.), Kluwer, Dordrecht.