



# I NEURODIVERSITEIT: IEDER BREIN WORDT UNIEK

*Ken uzelf.*

INSCRIPTIE BOVEN DE TEMPEL VAN APOLLO  
IN DELPHI, GRIEKENLAND

*Scan uzelf.*

COLLEGE DFS



**D**oor de interactie tussen maatschappij en brein tijdens onze evolutionaire menswording zit niet alleen onze samenleving buitengewoon ingewikkeld in elkaar, maar zijn ook onze hersenen ongekend complex geworden. Ze bevatten 80 tot 100 miljard hersencellen, wat twaalf maal zoveel is als er mensen op aarde rondlopen. Deze cellen zijn in de loop van een paar maanden vanaf de plaats waar ze zijn ontstaan, rond de hersenholten, naar de juiste plaats in het brein gekropen, waar ze voor de rest van ons leven blijven, zich differentiëren en hun uitlopers en contacten met andere hersencellen vormen. Iedere hersencel, die op zichzelf al van een adembenemende complexiteit is, maakt vervolgens contact met tussen de 1000 en 100 000 andere hersencellen. Die contactplaatsen, de synapsen, zijn tevens de plaatsen waar de informatie ‘in het geheugen’ wordt opgeslagen.

Een mensenbaby komt onbeholpen en hulpbehoevend ter wereld, met een zeer onrijp brein. Het hersengewicht van een pasgeboren baby is 350 gram. Dat betekent dat 75 procent van het netwerk nog moet worden aangelegd en dat de sociale en culturele omgeving daar een belangrijke en blijvende invloed op kunnen hebben. Deze invloed betreft zover het ‘hogere functies’ aangaat vooral het maken van verbindingen, want de 17 miljard hersencellen

in de hersenschors die verantwoordelijk worden gehouden voor onze typisch menselijke functies, inclusief onze cultuur, zijn voor het grootste deel al in de baarmoeder gevormd.

Na de geboorte moeten er nog wel zo'n 60 miljard hersencellen in het cerebellum, de kleine hersenen, gevormd worden. De kleine hersenen zijn niet alleen bezig met het organiseren van de fijne motoriek en de bewegingen die we aanleren en vervolgens automatisch uitvoeren. Recent onderzoek laat zien dat ook culturele aspecten onbewust geleerd en onthouden worden door het cerebellum, in samenwerking met de hersenschors. Ook de cellen van de gyrus dentatus in de hippocampus, die belangrijk zijn voor geheugenprocessen, moeten na de geboorte nog gevormd worden. Een relatief klein aantal neuronen van de hippocampus kan zelfs nog in volwassenheid nieuw gevormd worden (zie XVI.1).

Het proces van snelle hersenontwikkeling in de eerste jaren van het kind is trouwens simpel te volgen door de schedelomtrek van het kind te meten. Er is een lineair verband tussen de schedelomtrek van het kind en de hoeveelheid DNA in



**FIG.1.1** Pablo Picasso (1881-1973), *Een warme omgeving*: Claude dessinant, François et Paloma (1954).

de hersenen, wat staat voor het aantal hersencellen. Toen ik de schedelomtrek moest meten bij ieder kind dat ik als coassistent op de afdeling Verloskunde ter wereld had geholpen, was dat verband nog net niet bekend. Het is belangrijk om de hersenontwikkeling te volgen, omdat een gestoorde hersenontwikkeling de kans vergroot op psychiatrische problemen later en extra stimulatie de achterstand kan helpen inhalen.

De vorming van vezelverbindingen tussen hersengebieden gaat nog heel lang door, zelfs tot het vierentwintigste jaar in de prefrontale cortex, de structuur waar de morele kaders worden gezet en onze impulsen worden geremd. Dit betekent dat ook de sociale en culturele omgeving waarin het kind opgroeit nog een grote invloed op de hersenontwikkeling van dit gebied kan uitoefenen, zowel ten goede als ten kwade. Factoren ten goede zijn de veilige, warme en stimulerende omgeving waarin een kind hoort op te groeien, met voldoende voedsel van goede kwaliteit. Negatieve factoren zijn een stressvolle omgeving, verwaarlozing, misbruik, een tekort aan voedsel of voedsel van slechte kwaliteit.

30 Voor ieder hersensysteem is er een bepaalde periode waarin de ontwikkeling ervan moet plaatsvinden. Zo is er een periode waarin het kind het best een taal leert, leert lezen en schrijven, of een muziekinstrument leert bespelen. Die 'kritieke' periode is ook uitermate gevoelig voor zowel gunstige als schadelijke factoren. Daarna ligt wat je geleerd hebt in de hiervoor noodzakelijke circuits verankerd in de structuur van de hersenen, en als je het niet hebt geleerd worden die circuits voor andere taken gebruikt en wordt het leren van zulke zaken later veel lastiger of zelfs onmogelijk. Daardoor kunnen een tekort aan voedsel voor of na de geboorte, verwaarlozing, armoede en sociale discriminatie een permanent effect hebben op de hersenontwikkeling, en dus op het gedrag en de vermogens van het kind.

Er zijn nieuwe inzichten in de epigenetische veranderingen van het DNA die voor die permanente omgevingseffecten verantwoordelijk zijn. Dit zijn chemische veranderingen van het DNA die geïnduceerd zijn door de omgeving waardoor genen voorgoed het zwijgen wordt opgelegd of juist geactiveerd worden. Sommige van zulke effecten kunnen mogelijk zelfs overerven. Kinderen van Holocaust-overlevenden hebben wellicht daardoor later meer kans op een angststoornis. Epigenetische effecten zijn momenteel een focus voor de relatief nieuwe disciplines van de sociale en culturele neurowetenschap. De combinatie van hersenonderzoek en maatschappijwetenschappen heeft de laatste tijd een enorme vlucht genomen.

# 1. DE ONTWIKKELING VAN ONS KARAKTER

*Als iemand zich gedraagt op een manier die ons ergert denken we dat bij slecht is, en we weigeren het feit onder ogen te zien dat zijn vervelende gedrag het gevolg is van voorafgaande oorzaken die, als je ze lang genoeg volgt, teruggaan tot voor zijn geboorte, en dus tot gebeurtenissen waarvoor bij op geen enkele wijze verantwoordelijk kan worden gehouden.*

BERTRAND RUSSELL

Ons karakter kan beschreven worden door van de vijf dimensies, die in de psychologie bekendstaan als de 'Big Five', aan te geven of ze meer of minder van toepassing zijn. Deze vijf dimensies zijn:

- 1) openheid tegenover introversie
- 2) mildheid tegenover bazigheid
- 3) ordelijkheid tegenover wanordelijkheid
- 4) emotionele stabiliteit tegenover emotionele instabiliteit
- 5) intellectuele autonomie tegenover afhankelijkheid.

31

Ook als mensen het karakter van hun huisdieren, zelfs van een paard, beschrijven komen dezelfde vijf factoren naar boven. De erfelijkheid van elk van de vijf persoonlijkheidskenmerken wordt geschat op tussen de 33 en 65 procent. De rest van het karakter wordt gevormd tijdens de vroege ontwikkeling. Wil je succes hebben in het leven, dan moet je behalve een redelijk hoog IQ en nieuwsgierigheid ambitie en motivatie ook een goede mix van de Big Five hebben.

Je zou wat mij betreft aan de Big Five nog andere kenmerken kunnen toevoegen die bij ons karakter horen, zoals mannelijkheid tegenover vrouwelijkheid, heteroseksualiteit tegenover homoseksualiteit, het IQ, creativiteit tegenover een gebrek aan creativiteit, en de aan- of afwezigheid van spiritualiteit. Het woord 'karakter' komt uit het Grieks en betekent 'ingeslepen'. De persoonlijkheidskenmerken veranderen dan ook slechts weinig tijdens het leven en stabiliseren zich geheel op middelbare leeftijd. Genetische factoren bepalen de persoonlijkheidskenmerken vooral bij jongeren, terwijl omgevingsfactoren gedurende het hele leven een effect kunnen hebben. De relatieve bijdrage van erfelijkheid neemt daardoor af met de leeftijd.



**FIG. 1.2.** Gustav Klimt, Zeus komt bij Danaë (1907-1908). Links de gouden spermatozoa van Zeus, rechts cellen en vroege embryo's die de conceptie symboliseren. Klimt las Darwin en werd gefascineerd door de structuur van de cel als bouwsteen van het leven. Hij volgde in Wenen ook ontleding van het menselijk lichaam door de patholoog-anatoom Emil Zuckerkandl, die op zijn verzoek een serie lezingen gaf over biologie en anatomie voor een groep artiesten, schrijvers en musici (Kandel, 2012). Klimt bracht zijn kennis ook in praktijk: hij had ten minste veertien kinderen bij verschillende vrouwen.

De 'resting state' is de hersenactiviteit in een functionele scan als men wakker is maar er geen taak wordt uitgevoerd. Het is eigenlijk een ongelukkige term, omdat de hersenen nooit in rust zijn. Maar in deze toestand is te zien welke gebieden en verbindingen tussen hersengebieden zeer actief zijn, omdat die gebieden op hetzelfde moment dezelfde fluctuaties in activiteit vertonen. Dit bepaalt hoe ons brein zal interacteren met de buitenwereld.

Er is in de resting state een duidelijke relatie tussen de scores van een persoon op de categorieën van de Big Five en de hersenactiviteit in verschillende hersengebieden. Het kenmerk 'openheid' gaat gepaard met activiteit tussen andere gebieden dan nauwgezetheid. De mogelijkheid creatieve ideeën te genereren gaat samen met het kenmerk openheid en met een verhoogde functionele activiteit van het onderste deel van de prefrontale cortex en het defaultnetwerk (het systeem dat sterk actief is in 'rust').

De resting state geeft dus eigenschappen van ons karakter weer. Ook met de genderidentiteit en de seksuele oriëntatie worden er in de resting state duidelijke relaties gevonden met de activiteit van een aantal hersengebieden. Zo zijn er bij homoseksualiteit man-vrouwomkeringen in de connecties met de linker-amygdala. Ook bij pedoseksualiteit worden er in de resting state veranderingen in de functionele connectiviteit tussen hersengebieden gezien.

Onze persoonlijkheidskenmerken zijn gelokaliseerd op een aantal chromosomen en in de structuur van een aantal hersengebieden. De individuele verschillen in de structuur en functie van het volwassen brein ontstaan op basis van genetische achtergrond en ontwikkelingsprocessen in interactie met de omgeving. Vanaf de conceptie werkt een groot aantal factoren en processen in op de hersenontwikkeling, zoals zelforganisatie, geslachtshormonen, stress, voeding, chemische stoffen die de placenta passeren of waaraan het brein van het jonge kind na de geboorte wordt blootgesteld, en vervolgens een veelheid aan sociale en culturele factoren, zoals de taalomgeving, de veiligheid, warmte, intellectuele stimulatie en de financiële situatie van het milieu waarin je opgroeit, je scholing en je relaties.

Deze processen maken ieder brein uniek, zelfs dat van identieke tweelingen. De verschillen die zo tussen mensen ontstaan, uiten zich in al onze functies, zoals in ons karakter, genderidentiteit, seksuele oriëntatie, belangstelling voor kunst en muziek, in cognitie en gedrag, intelligentie, de mate van empathie en andere aspecten van moreel gedrag, politieke oriëntatie, en ook in de kans op lichamelijke en psychiatrische ziekten. De hersenontwikkeling in al haar complexiteit wordt in de volgende hoofdstukken verder toegelicht.

## 2. VOOR DE CONCEPTIE

*In de testes van de volwassen man vormen zich dagelijks 200-300 miljoen zaadcellen. Waarom is nou net die ene zaadcel mij geworden?*

DFS

Het evolutionaire voordeel van de geslachtelijke voortplanting is de enorme toename in variatie tussen individuen door de combinatie van moederlijk en vaderlijk DNA. Variatie was de motor voor de evolutie en stelde ons in staat om ons als soort aan te passen aan een veranderende omgeving.

De verschillen tussen mensen beginnen al met het DNA, dat van ieder persoon uniek is. Er zijn talloze kleine variaties in de loop van de evolutie in ons DNA ontstaan, die de basis waren voor onze menswording. Deels zijn dit oude mutaties die we van onze ouders meekrijgen, die slechts bijdragen tot de variatie tussen mensen; deels zijn het ziekteveroorzakende mutaties, of mutaties die aanleiding geven tot kwetsbaarheid voor een stoornis.

Gemiddeld krijgt ieder kind één nieuw foutje in zijn DNA mee. Meestal zijn dat onschuldige mutaties. Maar toch wordt meer dan 60 procent van alle aangeboren zwakzinnigheid veroorzaakt door zulke nieuwe mutaties. Er zijn mutaties die ontstaan aan de moederlijke kant, waardoor er met de toenemende leeftijd van de moeder een sterk vergrote kans op het downsyndroom bij het kind ontstaat, en mutaties aan de vaderlijke kant, die met de toenemende leeftijd van de vader de kans op psychiatrische ziektebeelden vergroten.

Er ontstaan meer genetische fouten in de mannelijke dan in de vrouwelijke lijn. Vrouwen maken al hun eitjes voordat ze geboren worden; die liggen in rust in de eierstok en iedere maand rijpt er één. Mannen maken vanuit stamcellen almaar spermatozoa. Zo zijn er ongeveer 20 celdelingen tussen het ei waaruit de vrouw is ontstaan en het ei dat ze doorgeeft, terwijl er bij een man als hij eind twintig is al ongeveer 300 celdelingen zitten tussen het spermatozoön dat hem gemaakt heeft en de spermatozoa die hij doorgeeft. Daardoor is er van de kant van de vader meer kans op mutaties. Dit probleem is vanzelfsprekend nog groter bij oude mannen dan bij jonge mannen. Kinderen van oudere vaders hebben daardoor meer kans op psychiatrische ziekten. Vruchtbaarheidsproblemen bij de ouders gaan samen met een derde meer kans op psychiatrische ziekten bij het kind. Psychiatrische ziekten en vruchtbaarheidsproblemen hebben namelijk een gemeenschappelijke genetische achtergrond.



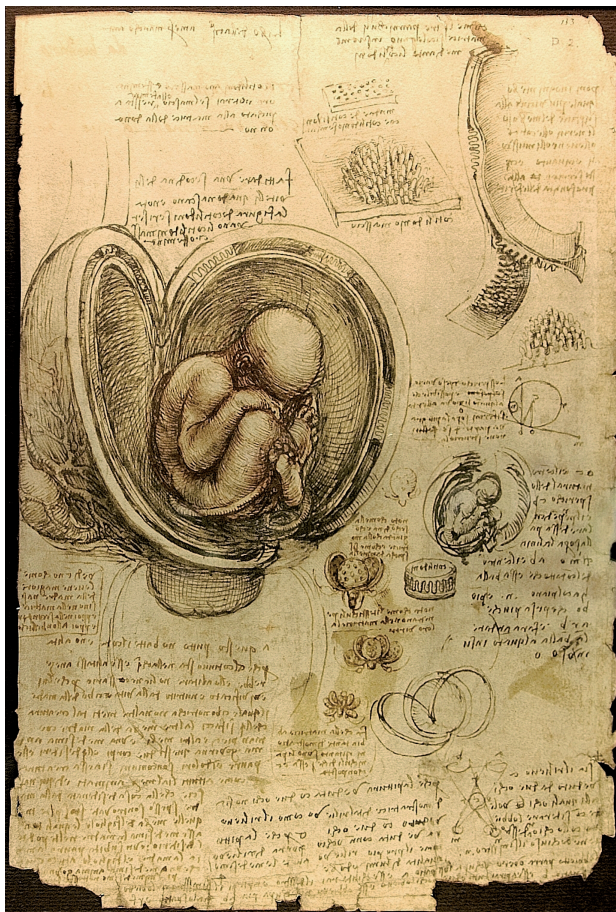


FIG. I.3. Leonardo da Vinci, ca. 1510.

### 3. INTRA-UTERIENE ONTWIKKELING

Na de conceptie ontwikkelt het bevruchte ei zich in de baarmoeder tot een kind. Telkens weer laait in dit verband de discussie op of een van onze eigenschappen door 'aanleg' of 'omgeving' bepaald is. Pure aanleg komt bijvoorbeeld tot uiting in intuïtief gedrag bij een pasgeboren baby. Als we niet intuïtief de tepel van de moederborst hadden kunnen vinden en zuigen, waren wij er niet geweest.

Intuïtie speelt ook een rol bij angst. Het is voor ons veel gemakkelijker om bang te zijn voor een slang dan voor een bloem. Bij apen die nog nooit een slang hebben gezien zijn hersencellen gevonden die hard gaan 'vuren' – dat

wil zeggen dat ze elektisch actief worden en informatie met andere hersencellen uitwisselen – wanneer de aap met zo'n beest wordt geconfronteerd. Die angst lijken primaten dus meegenomen te hebben uit de evolutie. We hebben inderdaad veel gedrag, inclusief de bouwstenen voor onze morele regels (zie IV.7), genetisch meegekregen vanuit onze evolutionaire ontwikkeling.

Cruciaal is echter dat onze hersenen vanaf het allereerste begin voornamelijk tot ontwikkeling komen door een intensieve *interactie* tussen 'aanleg' en 'omgeving'. Onze genetische achtergrond interacteert tijdens de hersenontwikkeling intensief met de omgeving. De omgeving van een zenuwcel wordt gevormd door de miljarden zenuwcellen eromheen, door de chemische stoffen die deze zenuwcellen afgeven, door de hormonen van het kind, de hormonen en voedingsstoffen van de moeder, en de chemische stoffen die vanuit het milieu komen en de placenta passeren. Onze geïndustrialiseerde maatschappij heeft al een permanente invloed op het kind in de baarmoeder, bijvoorbeeld doordat chemicaliën in fijnstof, afkomstig uit auto's en industrie, de placenta passeren, op de hersenontwikkeling inwerken en zo de kans op autisme vergroten. Ook informatie die via de zintuigen binnenkomt beïnvloedt de hersenontwikkeling al vanaf de intra-uteriene periode. Knoflook in het vruchtwater beïnvloedt de smaak van het kind later, muziek die het kind in de tweede helft van de zwangerschap hoort kent het maanden na de geboorte nog.

Gen-omgevingsinteracties blijken bijvoorbeeld uit de observatie dat de gevoeligheid van de hersenen van het kind voor omgevingsfactoren afhankelijk is van de genetische achtergrond. Als de vrouw rookt tijdens de zwangerschap en het kind heeft twee varianten van de dopaminereceptor als genetische achtergrond, dan heeft het negenmaal meer kans op ADHD dan zonder deze genetische varianten.

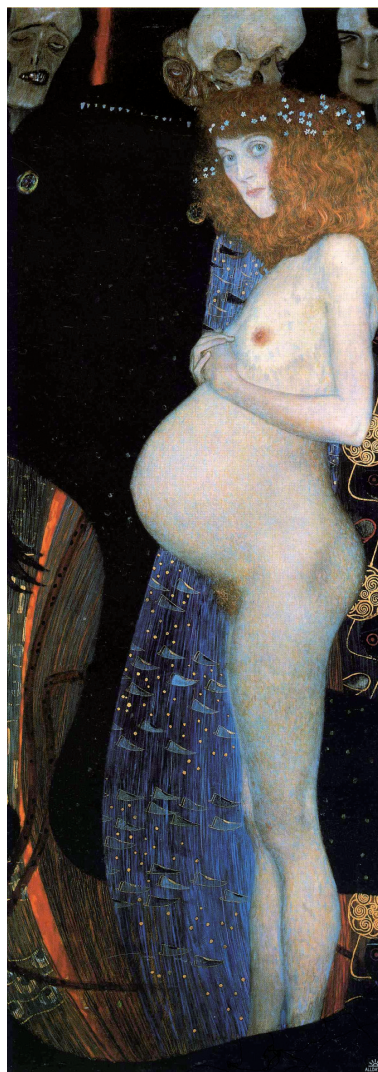
Prenatale stress van de zwangere vrouw kan later bij het kind leiden tot gedrags- en temperamentproblemen, autisme, ADHD, depressie en angst. Stressvolle gebeurtenissen tijdens de zwangerschap, zoals ziekten, financiële problemen en geweld van de partner, kunnen een blijvende invloed op de hersenontwikkeling van het kind hebben. Op de leeftijd van zeven jaar werden de kinderen onderzocht met MRI-DTI (diffusion tensor imaging, een techniek die verbindingen tussen hersenstructuren in de scan zichtbaar maakt). Stressvolle gebeurtenissen tijdens de zwangerschap correleerden bij de kinderen met structurele veranderingen in de verbindingen tussen de amygdala en de prefrontale cortex. Hierdoor zullen deze kinderen anders met stress en angst omgaan.

Op het moment van de geboorte zijn de hersenen van ieder kind al verschillend. Dit komt door de interactie tussen genetische aanleg, de omgevingsfactoren die op het zich ontwikkelende brein in de baarmoeder inwerken, de lokale zelforganisatie in hersengebieden, en het toeval dat daarbij een grote rol speelt. Dit betekent ook dat ieder mens andere talenten en beperkingen heeft, en dat ieder mens zich anders gedraagt, anders op de buitenwereld reageert en zich onder andere omstandigheden plezierig voelt. Dit is een onderdeel van de enorme variatie tussen individuen die er tijdens de evolutie altijd geweest is en ook altijd zal blijven, en we kunnen dus maar beter de verschillen tussen mensen accepteren, zoals het boeddhisme altijd heeft verkondigd en ook Paus Franciscus in zijn kerstboodschap van 2013 heeft gezegd, overigens zonder naar de evolutie te verwijzen.

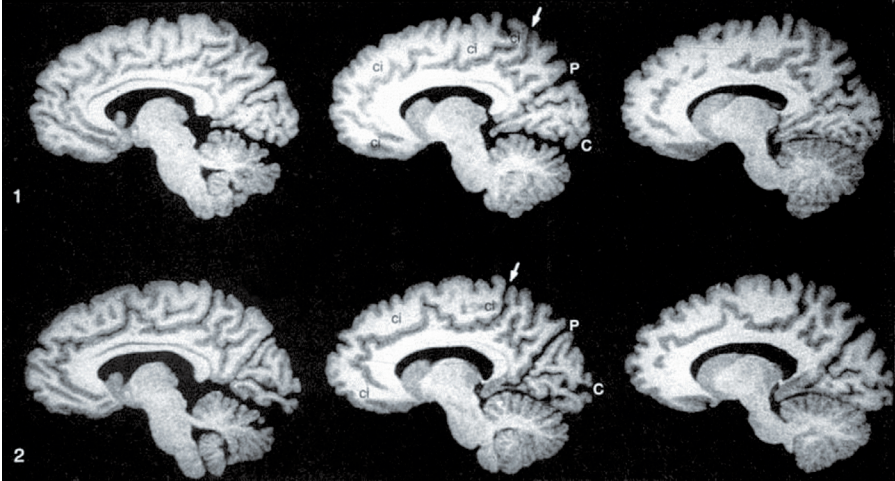
#### 4. TWEELINGSTUDIES

Tweelingstudies laten zien dat genetische factoren een grote rol spelen bij de hersenontwikkeling. Voor dit onderzoek worden identieke tweelingen, bij wie 100 procent van hun genen identiek is, vergeleken met niet-identieke tweelingen, die 50 procent van hun genen gemeenschappelijk hebben. Uit tweelingonderzoek blijkt bijvoorbeeld dat ons geluksgevoel voor 40 procent genetisch bepaald is en ons volwassen IQ voor meer dan 80 procent.

Uit tweelingonderzoek blijkt verder dat de hoeveelheid grijze stof (hersencellen en contacten) en witte stof (zenuwvezels) voor 82 tot 90 procent erfelijk bepaald is. Voor het volume van de verschillende her-



**FIG. 1.4.** *Gustav Klimt,*  
*De verwachting I. (1903).*



**FIG. 1.5.** MRI-scan van een eenige tweeling. Tussen de P en de pijl heeft het bovenste kind drie hersenwindingen en het kind daaronder vier (Steinmetz et al., 1994). Het patroon van hersenwindingen en -groeven ontstaat voornamelijk in de laatste drie zwangerschapsmaanden. De oorzaak van deze niet-genetische verschillen moet zich dus in deze periode hebben gemanifesteerd.

38

sengebieden is de erfelijke factor echter zeer verschillend en deze blijkt tussen de 17 en 88 procent te liggen.

Tweelingonderzoek heeft weliswaar aangetoond dat de dikte van de prefrontale hersenschors voor meer dan 80 procent onder genetische invloed staat, maar ook dat de dikte van de schors van de pariëtale associatiegebieden voor meer dan 80 procent onder invloed van de omgeving staat. De sterkte van de omgevingsinvloeden varieert dus ook sterk per hersengebied. Op de vooronderstellingen van tweelingonderzoek is tegenwoordig wel iets af te dingen. Zo is er altijd gedacht dat eenige tweelingen genetisch identiek zouden zijn. Maar onderzoek met behulp van het Nederlandse Tweelingen Register heeft laten zien dat er ook na de bevruchting, in de baarmoeder, nog genetische verschillen kunnen ontstaan.

Onze hersenstructuur en ons gedrag zijn echter zeker niet alleen maar door de genetica bepaald. De basis voor de verschillen in karakter van identieke tweelingen is dat hersenen al met het blote oog verschillend kunnen zijn. Dit betekent dat de hersenontwikkeling die zich uit in het patroon van de hersenwindingen en -groeven al tijdens de zwangerschap ook sterk onder invloed moet hebben gestaan van niet-genetische factoren, zoals de iets andere omgeving in de baarmoeder en de lokale processen van de zelforganiserende principes. Dit is het proces waarbij hersencellen lokaal concurreren om de

beste verbindingen (zie II.1). Na de geboorte speelt leren ook een rol in het ontstaan van structurele en functionele hersenverschillen, zoals blijkt uit de beroepsgerelateerde verschillen bij musici en taxichauffeurs (zie XV.2).

.....

Ieder brein is uniek. Dit wordt indrukwekkend geïllustreerd door de Amerikaanse Siamese tweeling Abby en Brittany Hensel. Zij hebben dezelfde genetische achtergrond, hebben een gemeenschappelijk lichaam, en hebben ieder moment van hun leven vanaf de conceptie in dezelfde omgeving gezeten en hetzelfde meegemaakt. Ze hebben ieder één arm en ieder één been, en moesten dus nauw samenwerken om te leren autorijden. Toen ze zestien waren en hun rijbewijs moesten halen, werd er door de autoriteiten gediscussieerd over de vraag of ze één of twee rijbewijzen zouden krijgen. Vanuit het hersenonderzoek bekeken is de juiste beslissing genomen: het zijn twee breinen, dus twee personen, dus moesten ze tweemaal afrijden.



Aan het einde van een bijzonder filmpje over hun leven zeggen ze: ‘Wij zijn ook twee totaal verschillende personen!’ Ook ouders van een eeneiige tweeling vertellen al wanneer de tweeling een paar maanden oud is dat de twee kinderen weliswaar sprekend op elkaar lijken, maar zich anders gedragen en een ander karakter hebben.

**FIG. 1.6.** *De Siamese tweeling Abby en Brittany Hensel. ‘We are totally different persons!’*

.....

# INHOUD



Inleiding 15

## DE ONTWIKKELING VAN ONS BREIN IN DE CULTURELE OMGEVING

### I Neurodiversiteit: ieder brein wordt uniek 28

1. *De ontwikkeling van ons karakter* 31
2. *Voor de conceptie* 34
3. *Intra-uteriene ontwikkeling* 35
4. *Tweelingstudies* 37

### II Ontwikkeling en organisatie van ons brein 40

1. *Het brein als zelforganiserend systeem* 40
2. *Competitie om de beste contacten: neuronaal darwinisme* 44
3. *Kritieke ontwikkelingsfasen: nu of nooit* 46
4. *Chemische stoffen en hersenontwikkeling: 'functionele teratologie'* 47
5. *Zintuiglijke informatie differentieert de hersenschors* 50

### III Ontwikkeling en omgeving 55

1. *Seksuele differentiatie van de hersenen* 55
2. *Geslachtsverschillen bij het opgroeien* 63
3. *Intelligentie* 67
4. *Oefening versus talent* 72

### IV Onze sociale ontwikkeling 74

1. *Sociale factoren: individuele variaties in sociaal gedrag* 74
2. *De ontwikkeling van ons sociale brein* 75
3. *Culturele kennisoverdracht* 77
4. *Spiegelneuronen* 78
5. *Emoties spiegelen* 80

6. *Moreel gedrag* 82
7. *Oxytocine, vasopressine en sociaal gedrag* 86
8. *Oxytocine, vasopressine en psychiatrie* 89
9. *Kindermisbandeling* 91
10. *Seksueel misbruik* 94
11. *Armoede en socio-economische status* 95

## **V Ontwikkeling en cultuur 99**

1. *Culturele factoren* 99
2. *Taal en hersenontwikkeling* 103
3. *Spiritualiteit en geloof* 106
4. *Een stimulerende, verrijkte omgeving en scholing* 107
5. *Adolescentie: een periode van aanpassing aan een nieuwe maatschappij* 110
6. *Partnerkeuze* 112
7. *Politieke voorkeur* 117
8. *Stopt de evolutie van de mens?* 119

## **KUNST EN HET BREIN**

### **VI Kunst en de evolutie van het brein 124**

1. *Het ontstaan van kunst tijdens de evolutie van ons brein* 124
2. *Vroege voorlopers van de grotkunst* 132
3. *Het evolutionaire voordeel van kunst* 133
4. *Kunst als een uniek menselijke verworvenheid* 134

### **VII Kunst waarnemen 138**

1. *Esthetische principes in de beeldende kunst* 138
2. *Het visuele systeem* 146
3. *Synesthesie* 161
4. *Abstracte kunst* 163

### **VIII Hersenen en hersenziekten in de kunst 169**

1. *Afbeelding van hersenen, hersenziekten en hun behandeling in de kunst* 169
2. *Hersenziekten bij kunstenaars* 175

## **IX Ontstaan en stimulatie van creativiteit 182**

1. *Creativiteit en betrokken hersengebieden* 182
2. *Creativiteit, muziek en dans* 185
  3. *Intuitieve ideeën* 185
  4. *Hersenen als filter* 187
  5. *Improvisatie* 188
  6. *Neurotransmitters* 189
7. *Creativiteit en psychiatrische ziekten* 190
8. *Kunst als therapie en therapie bij kunstenaars* 195

## **X Neuro-esthetica 197**

1. *Is schoonheid iets objectiefs of iets subjectiefs?* 197
2. *Universele componenten van schoonheid in de kunst* 199
  3. *Wetenschap en schoonheid* 202
  4. *Hersenstructuren en perceptie van schoonheid* 203
  5. *Belonende hersengebieden* 204
  6. *Emoties* 205

## **MUZIEK EN HET BREIN**

### **XI Muziek en ontwikkeling 208**

1. *Aanleg versus oefening* 213
2. *Muziek stimuleert de hersenontwikkeling* 216
3. *Langetermijneffecten van muzikale training op hersenstructuren en -functies* 218

### **XII Muziek en evolutie 223**

1. *Zijn dieren muzikaal?* 223
2. *Evolutionair voordeel van muziek?* 225
3. *Relatie tussen muziek en taal* 229

### **XIII De werking van muziek op het brein 231**

1. *Momentane effecten van muziek op hersenenstructuren en -systemen* 231
  2. *Muziek en emoties* 234
3. *Effecten van muziek op stemming, angst en pijn* 235
4. *Chemische boodschappers en muziek* 237



## **XIV Muziek ervaren, gebruiken en misbruiken 239**

1. *Hersenziekten en muziek* 239
2. *Muziektherapie* 244
3. *Neuro-esthetica van dans* 257

## **BREIN, BEROEP EN AUTONOMIE**

### **XV Brein en beroep 264**

1. *Aanleg kan je beroep bepalen* 266
2. *Je beroep, training en hobby veranderen je brein* 267
3. *Beroepskeuze in relatie tot gender en seksuele oriëntatie* 269
4. *Beroepskeuze en psychiatrie* 274
5. *Schade aan het brein door je beroep en leefomgeving* 275

### **XVI Stress- en karaktergerelateerde beroepsziekten 281**

1. *Het posttraumatisch stress-syndroom (PTSS)* 282
2. *Psychopathie bij CEO's, bankiers en soldaten* 287

### **XVII Functioneren zonder autonomie 291**

1. *De mens als superorganisme* 291
2. *De autonomie van het autonome zenuwstelsel doorbreken* 296
3. *Genetische afwijkingen van het autonome zenuwstelsel als kermisattractie* 299

## **DE OMGEVING EN HET BESCHADIGDE BREIN**

### **XVIII Gezonde hersenveroudering versus de ziekte van Alzheimer 302**

1. *Gezonde hersenveroudering* 303
2. *Het verouderingsproces* 305
3. *De ziekte van Alzheimer en andere vormen van dementie* 309
4. *De stadia van de ziekte van Alzheimer* 312
5. *Genetische achtergrond* 319
6. *Voorkom extra schade* 322
7. *Bouw extra reserves op door stimulatie* 325
8. *Use it or lose it* 331
9. *Spontane activatie en reactivatie van hersencellen bij Alzheimer* 335
10. *Alzheimertherapieën* 337
11. *Spontane afname van Alzheimer in de laatste twintig jaar* 339

## **XIX Hersenziekten en omgeving 340**

1. *Depressie* 341
2. *Zelfdoding* 343
3. *Schizofrenie* 350
4. *Neonaticide* 356
5. *Amyotrofische Laterale Sclerose (ALS)* 358
6. *Parkinson* 359
7. *Omgeving als risicofactor* 360

## **XX Herstel van hersenziekten: de omgeving als medicijn 363**

1. *Volwassen neurogenese* 363
2. *Neuropsychotherapie* 366
3. *Placebowerking en dwangmedicatie* 370
4. *Plasticiteit en een simpele behandeling tegen fantoompijn* 371
5. *EMDR* 374
6. *Neurorehabilitatie* 375

## **HET DENKEN OVER ONS BREIN EN ONSZELF**

### **XXI Veranderingen in het denken over hersenen 380**

1. *Teleologie: het 'doel' van ons leven* 380
2. *Geest versus ziel* 382
3. *De geest is materieel (objectief)* 384
4. *Onbewust reageren en bewust vooruitdenken* 387

### **XXII Het altijd actieve brein 389**

1. *Hersenen in 'rust'* 389
2. *Verstoord lichaamsbeeld* 393
3. *Hallucineren en dromen* 396

### **XXIII Lokalisatie van hersenfuncties en vrije wil 402**

1. *Lokalisatie van hersenfuncties* 402
2. *Lokaal bewustzijn* 405
3. *Vrije wil?* 410
4. *Neurodeterminisme?* 417

### **XXIV Agressie en criminaliteit 424**

1. *Afname van geweld* 424
2. *Goed en kwaad* 428
3. *Vrije wil en straf* 429
4. *Hersenontwikkeling en verantwoordelijkheid* 432
5. *Toerekeningsvatbaarheid* 434
6. *Morele verantwoordelijkheid?* 437

## **NIEUWE ONTWIKKELINGEN EN MAATSCHAPPELIJKE CONSEQUENTIES**

### **XXV Hersenziekten voorkomen en behandelen 442**

1. *De complexe hersenontwikkeling* 443
2. *Vroege opsporing en behandeling van hersenziekten* 444
3. *Voorzorgsmaatregelen vóór de conceptie en tijdens de zwangerschap* 446
4. *Voedsel en eetcultuur* 450
5. *De omgeving na de geboorte* 453
6. *Effecten van chemische stoffen en anesthesie op de hersenontwikkeling* 455
7. *Schoolkinderen* 456
8. *Niet-aangeboren hersenletsel* 459
9. *Hersenvloedingen en -infarcten* 460
10. *Plasticiteit* 461
11. *Suicide* 462
12. *Het recente huwelijk tussen neuro- en maatschappijwetenschappen* 465
13. *Neuroarchitectuur* 466
14. *Kijken in het brein* 470

### **XXVI Het criminele brein 472**

1. *Psychiatrie bij delinquenten* 472
2. *Hersenscans in de rechtszaal* 473
3. *Er is meer mogelijk dan repressie* 477

4. *Werk voor mentaal geretardeerden* 478
5. *Verbetering van gedrag door socialisering* 479
6. *Preventie van criminaliteit bij jongeren* 480
7. *Probleemjeugd met psychische stoornissen* 482
8. *TBS* 483

## **XXVII Levensindeproblematiek 484**

1. *Euthanasie/bulp bij zelfdoding* 485
2. *Psychiatrie* 487
3. *Voltooid leven* 489
4. *Behandelverbod en niet reanimeren* 491

## **XXVIII Een vooruitblik 493**

1. *Computer versus Brein* 493
2. *Waarom hersenonderzoek?* 497
3. *Stigma's en taboes* 502

## **XXIX Dankwoord 504**

## **XXX Begrippen 506**

## **XXXI Illustratieverantwoording 517**

## **XXXII Literatuur 519**

## **XXXIII Register 543**