

Hersenletsel: begrijpen en begeleiden



# Hersenletsel: begrijpen en begeleiden

Rachèl Kemps  
Niels Farenhorst  
Peter Vrancken

Boom Lemma uitgevers  
Amsterdam  
2015

# Voorwoord

De historische ontwikkeling van de zorg voor en begeleiding van mensen met hersenletsel is af te lezen aan de terminologie die in de loop van de tijd is gebruikt. Aanvankelijk was hersenletsel een term die alleen gebruikt werd in een ziekenhuis, bijvoorbeeld op de intensive care. Daarbuiten sprak men over een beroerte, hersenkneping, verlamming (halfzijdig of algeheel) enzovoort, dus ofwel over de oorzaken van hersenletsel ofwel over de duidelijk zichtbare gevolgen.

Toen met de komst van bromfietsen (zonder helmverplichting) het aantal ongevallen met hersenletsel tot gevolg sterk toenam en duidelijk werd dat mensen daardoor blijvend gehandicapt konden raken, ontstond de term 'verworven hersenletsel', als zodanig te onderscheiden van aangeboren hersenletsel. De mensen die erdoor werden getroffen waren niet blij met die term, omdat het klonk als iets positiefs. Dus werd de term 'niet-aangeboren hersenletsel' geïntroduceerd. Tot op heden bestaat er discussie over vanaf welke leeftijd je kunt spreken van 'niet-aangeboren'. Ook bestaat er discussie over de afkorting NAH, die voor sommigen gesneden koek is, terwijl het voor anderen een raadsel is waar dat nu voor staat. In dit boek wordt een duidelijke keuze gemaakt: hersenletsel.

Behandeling en begeleiding van mensen met hersenletsel bestond vroeger uit afwachten en de zichtbare problemen aanpakken. Eerst alleen met fysiotherapie, later kwam daar logopedie en ergotherapie bij. Pas in de zeventiger jaren van de vorige eeuw kwam er een heel belangrijke dimensie bij: met de ontwikkeling van de neuropsychologie bleek het mogelijk zicht te krijgen op de niet direct zichtbare gevolgen van hersenletsel. Mensen met hersenletsel konden een neuropsychologisch onderzoek ondergaan, waarmee men kon verklaren waarom iemand met hersenletsel in alle opzichten zo veranderd was. Volgens de omgeving was hij/zij een ander persoon geworden, en de psycholoog kon dat nu duiden. Maar daarmee waren we er niet, want nu moest de hele wijze van behandelen en begeleiden op de schop. In de zorg werkzame mensen, die voorheen hielpen waar ze helpen konden en later in de revalidatiebehandeling patiënten stimuleerden om zoveel mogelijk praktische handelingen zelfstandig uit te voeren, moesten nu veel meer kennis en kunde in huis hebben om op passende wijze de persoon met hersenletsel te ondersteunen in het ontwikkelen van een leefwijze die past bij de actuele mogelijkheden. Door hersenletsel ontstaat er een breuk in de levenslijn en de kunst is een nieuwe levenslijn vorm te geven, voor de getroffen en allen die erbij betrokken zijn. Als hulpverlener vergt dat specifieke kennis en vaardigheden, maar ook speciale competenties op het gebied van omgaan met mensen.

In 1991 werd het Landelijk Coördinatiepunt Hersenletsel opgericht. Er werd geïnventariseerd hoe in de diverse sectoren van de gezondheidszorg werd omgegaan met deze doelgroep. Toen bleek dat er zowel in kwantiteit als kwaliteit veel ontwikkeld moest worden, werd het Coördinatiepunt omgedoopt tot Nederlands Centrum Hersenletsel, dat haar aandacht richtte op scholing en samenwerking. AXON Leertrajecten verzorgt, gedragen door deskundigheid in het zorgveld, vele cursussen en houdt de knowhow op peil met het jaarlijkse HersenletselCongres (opvolger van nascholingsdagen). Voor de ontwikkeling van samenwerking in de vorm van ketenzorg en zorgstandaarden is de Hersenstichting Nederland een belangrijke steun geworden.

Voor u ligt de derde editie van het boek dat dient als ondersteuning bij de cursussen van AXON Leertrajecten. De eerste editie had als titel *Ze zeggen dat ik zo veranderd ben*, waarmee werd aangegeven hoe de perceptie van veranderingen in functioneren bij een getroffene anders kan zijn dan bij diens omgeving. In de tweede editie, met de titel *Hersenletsel: achtergronden en aanpak*, werd een duidelijk accent gelegd op de mogelijkheden die hulpverleners hebben om passende zorg te verlenen. In deze derde editie is, naast veel kennis en kunde, ruimte voor de hulpverlener als mens, inclusief de ethische dilemma's waar men voor kan komen te staan. Met andere woorden: hoe kun je als begeleider naast iemand gaan staan, met respect voor zijn unieke mens-zijn en met begrip voor de dingen die door het hersenletsel zijn veranderd.

Pauline Hoenderdaal  
Revalidatiearts n.p.

# Inhoud

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Inleiding</b>                                | <b>11</b> |
| <b>Inleiding casuïstiek</b>                     | <b>13</b> |
| <b>1 De hersenen: anatomie en functies</b>      | <b>17</b> |
| 1.1 Zenuwcellen en steuncellen                  | 17        |
| 1.2 Bloedvaten                                  | 19        |
| 1.3 Centraal zenuwstelsel                       | 19        |
| 1.3.1 Het ruggenmerg                            | 20        |
| 1.3.2 De hersenstam                             | 20        |
| 1.3.3 De tussenhersenen                         | 21        |
| 1.3.4 De grote hersenen                         | 24        |
| 1.3.5 De kleine hersenen                        | 28        |
| 1.3.6 Hersenholttes                             | 28        |
| 1.4 Ontwikkeling                                | 29        |
| 1.5 Complex en kwetsbaar                        | 29        |
| <b>2 Hersenletsel</b>                           | <b>31</b> |
| 2.1 Wat is hersenletsel?                        | 31        |
| 2.2 Oorzaken                                    | 32        |
| 2.2.1 Traumatisch hersenletsel                  | 33        |
| 2.2.2 Niet-traumatisch hersenletsel             | 35        |
| 2.3 Aantallen en risicoleeftijden               | 38        |
| 2.3.1 Aantallen                                 | 38        |
| 2.3.2 Risicoleeftijden en andere risicofactoren | 40        |
| 2.4 Herstel                                     | 41        |
| 2.4.1 Neurologisch herstel                      | 41        |
| 2.4.2 Psychologisch herstel                     | 43        |
| 2.4.3 Verloop van herstel                       | 44        |
| <b>3 Gevolgen van hersenletsel</b>              | <b>47</b> |
| 3.1 Bewustzijn                                  | 48        |
| 3.2 Kennis en begripsvermogen (intelligentie)   | 49        |
| 3.3 Cognitie                                    | 49        |
| 3.4 Emotie                                      | 53        |
| 3.5 Gedrag                                      | 54        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>4</b> | <b>Ordering en interventiemogelijkheden op basis van het ICF-model</b>    | <b>59</b> |
| 4.1      | Het ICF-model   | 59        |
| 4.2      | Interventiemogelijkheden  | 61        |
| 4.2.1    | Interventies op functieniveau   | 62        |
| 4.2.2    | Interventies op activiteitsniveau   | 62        |
| 4.2.3    | Interventies op participatieniveau  | 64        |
| 4.2.4    | Interventies gericht op externe en persoonlijke factoren                  | 64        |
| <b>5</b> | <b>Ordering en interventiemogelijkheden op basis van de gedragscirkel</b> | <b>71</b> |
| 5.1      | Gedrag  | 71        |
| 5.2      | Leren   | 72        |
| 5.2.1    | Leertheorieën   | 72        |
| 5.2.2    | Foutloos leren  | 74        |
| 5.3      | De gedragscirkel  | 75        |
| 5.4      | Interventiemogelijkheden  | 77        |
| 5.4.1    | Interventies op het niveau van de aanleiding                              | 78        |
| 5.4.2    | Interventies op het niveau van het mentale proces                         | 79        |
| 5.4.3    | Interventies op het niveau van de consequenties                           | 80        |
| 5.4.4    | Interventies op het niveau van het gedrag                                 | 81        |
| 5.4.5    | Toepassen van interventies  | 82        |
| 5.5      | Agressief gedrag  | 82        |
| <b>6</b> | <b>Begeleiden van cliënten met hersenletsel</b>                           | <b>91</b> |
| 6.1      | Begeleiden  | 91        |
| 6.1.1    | Visie   | 92        |
| 6.1.2    | Dilemma's   | 92        |
| 6.1.3    | Normen en waarden   | 93        |
| 6.1.4    | Uitgangspunten  | 94        |
| 6.1.5    | Aandachtspunten voor de begeleider  | 94        |
| 6.2      | Seksualiteit  | 95        |
| <b>7</b> | <b>Begeleiden van naastbetrokkenen</b>                                    | <b>97</b> |
| 7.1      | Visie op het begeleiden van naastbetrokkenen                              | 97        |
| 7.2      | Gevolgen voor de partner  | 98        |
| 7.2.1    | Acute fase  | 98        |
| 7.2.2    | Behandelfase  | 99        |
| 7.2.3    | Chronische fase   | 100       |
| 7.3      | Gevolgen voor kinderen  | 103       |
| 7.4      | Gevolgen voor ouders  | 104       |
| 7.5      | Gevolgen voor broertjes en zusjes   | 106       |
| 7.6      | Algemene aandachtspunten in de begeleiding van naastbetrokkenen           | 107       |

|          |                              |            |
|----------|------------------------------|------------|
| <b>8</b> | <b>Verwerking en coping</b>  | <b>109</b> |
| 8.1      | Schokverwerking              | 109        |
| 8.2      | Verliesverwerking            | 110        |
| 8.3      | Coping                       | 113        |
|          | <b>Afsluiting casuïstiek</b> | <b>117</b> |
|          | <b>Afsluiting</b>            | <b>121</b> |
|          | <b>Literatuur</b>            | <b>123</b> |
|          | <b>Register</b>              | <b>125</b> |
|          | <b>Over de auteurs</b>       | <b>129</b> |



# Inleiding

Begeiden van mensen met niet-aangeboren hersenletsel vraagt naast kennis over de achtergronden en gevolgen van hersenletsel ook veel creativiteit. Ieder mens is uniek, en ook de hersenbeschadiging leidt tot een uniek samenstel van gevolgen. In dit boek word je meegevoerd in de complexe problematiek van niet-aangeboren hersenletsel.

In hoofdstuk 1 bespreken we de complexiteit van onze hersenen als samenhangend systeem met een verrassend herstel- en aanpassingsvermogen. In de hoofdstukken daarna gaan we in op de oorzaken en gevolgen van hersenletsel en op de diverse interventiemogelijkheden. Bij de bespreking van de interventiemogelijkheden gebruiken wij het ICF-model (International Classification of Functioning, Disability and Health) en de gedragscirkel als uitgangspunt. Een en ander wordt geïllustreerd aan de hand van drie denkbeeldige cliënten: Tim, Jan en dhr. Sietsma. Behalve bij de begeleiding van de cliënt met hersenletsel zelf staan wij ook uitvoerig stil bij de gevolgen van hersenletsel voor zijn naastbetrokkenen. We besteden aandacht aan de diverse rollen van naastbetrokkenen (partner, ouder, kind, broertje/zusje) en de verschillende begeleidingsmogelijkheden daarbij; de begeleiding van gezinnen met een ouder met hersenletsel vraagt een andere aanpak dan de begeleiding van gezinnen met een kind met vergelijkbaar letsel. Ten slotte gaan we in op verwerking en coping na hersenletsel.

In dit boek proberen wij de aangeboden informatie direct te vertalen naar de praktische betekenis hiervan voor het dagelijks contact met de cliënt en zijn systeem. We spreken over begeleiding omdat het accent ligt op hulpverlening in de chronische fase. Dat wil zeggen dat de cliënt niet langer in een behandelinstelling verblijft, maar ontslagen is naar huis of een meer beschermde vorm van wonen. Medewerkers van een behandelinstelling zoals een revalidatiecentrum of verpleeghuis kunnen echter ook profiteren van dit boek, omdat het verschil tussen 'behandelen' en 'begeiden' eerder een definitiekwestie is dan een totaal verschillende manier van omgaan met de cliënt (patiënt).

Wij hebben gekozen voor de term 'hersenenletsel' in plaats van de meer omslachtige term 'niet-aangeboren hersenenletsel' of 'NAH'. Essentieel is dat het gaat om hersenenletsel dat op latere leeftijd is ontstaan met als een van de belangrijkste gevolgen een 'breuk in de levenslijn'. Voor de leesbaarheid gebruiken wij 'hij' waar ook 'zij' bedoeld kan worden. Zoveel mogelijk gebruiken wij de neutrale term 'cliënt', maar afhankelijk van de context gebruiken we ook af en toe de term 'patiënt'.

Het huidige boek is de opvolger van *Hersenletsel: achtergronden en aanpak* (Eilander, Van Belle-Kusse & Vrancken, 2006). Evenals de vorige uitgave is deze editie een momentopname, gebaseerd op de kennis van medio 2015. In de afgelopen jaren hebben we een forse toename gezien van onderzoek naar de

hersenen, soms met als resultaat direct praktisch toepasbare inzichten, vaker echter met veelbelovende ontwikkelingen waar de cliënt nu nog niet direct van kan profiteren. Dit kan voor zowel hoop als onrust bij alle betrokkenen zorgen. We kunnen stellen dat meer weten van de hersenen niet automatisch leidt tot een beter begrip van dit complexe orgaan.

# Inleiding casuïstiek

In deze inleiding maak je kennis met de drie hoofdpersonen van dit boek: Tim, Jan en dhr. Sietsma. Deze personen hebben alle drie hersenletsel opgelopen. In onderstaande vignetten geven we je alvast een inkijkje in hun leven na het hersenletsel. In de volgende hoofdstukken zullen we verder ingaan op het soort hersenletsel dat zij hebben opgelopen, de gevolgen daarvan en de diverse interventiemogelijkheden.

---

## Casus

Tim



Tim is 12 jaar als hij een ernstig verkeersongeval krijgt. Als hij na een kinderfeestje wordt thuisgebracht, komt de auto waarin hij zit in frontale botsing met een andere auto. Tim zit op de bijrijdersstoel en slaat met zijn hoofd hard tegen het dashboard. Als de ambulance ter plekke komt, is Tim buiten bewustzijn. Met veel moeite wordt Tim uit de verwrongen auto bevrijd en vervolgens met spoed naar het ziekenhuis gebracht. Bij aankomst in het ziekenhuis is Tim inmiddels weer bij bewustzijn, al reageert hij wel nog wat suf en verward. Zijn rechterbeen blijkt op meerdere plaatsen gebroken. Omdat Tim geopereerd moet worden aan zijn been, moet hij een paar dagen in het ziekenhuis blijven. In die dagen wordt Tim ook verder neurologisch onderzocht. Uit een scan van zijn hersenen blijkt dat er, als gevolg van de klap tegen het dashboard, aan de rechtervoorkant van zijn hersenen een kleine bloeding heeft plaatsgevonden. In zijn functioneren worden er echter – afgezien van de problemen met zijn been – geen bijzonderheden gezien. Na een week mag Tim dan ook, met zijn been in het gips, naar huis. Zijn been herstelt redelijk, maar de verwachting is dat hij blijvend rekening moet houden met een verminderde kracht en mobiliteit. Tim gaat al snel na ontslag uit het ziekenhuis weer terug naar school (hij zit in groep 8 van een kleine basisschool) en doet het na korte tijd qua leerprestaties weer net zo goed als voorheen. Tim rondt succesvol de basisschool af en maakt de overstap naar de eerste klas van het vmbo-tl. De ouders van Tim zijn enorm opgelucht: hun zoon lijkt aan zijn ongeluk niet meer dan een wat minder goed functionerend rechterbeen overgehouden te hebben, terwijl het zoveel slechter had kunnen aflopen! Op de middelbare school gaat het echter al snel helemaal mis. Tim heeft nooit de juiste boeken en materialen in zijn schooltas zitten, vergeet om de haverklap zijn gymspullen, maakt zijn huiswerk niet of heel slordig en toont weinig tot geen doorzettingsvermogen. Hij verschijnt vaak te laat in de lessen, of hij verschijnt in de verkeerde lessen. Tim lijkt totaal niet gemotiveerd voor school. Thuis in zijn kamer is het één grote chaos. Maar wat Tims ouders nog het meest zorgen baart, is dat Tim door zijn gedrag jegens met name één leraar regelmatig in de problemen komt. Tegen deze leraar, dhr. Marc, is hij brutaal en soms ronduit agressief. Tim is zelfs al eens een paar dagen geschorst geweest omdat hij dhr. Marc geslagen had. De ouders van Tim begrijpen er niets van; zo kennen zij Tim helemaal niet. Pogingen van ouders om Tim te motiveren voor school en zijn gedrag te verbeteren, leveren veel spanningen in het gezin op. Aan Tims hersenletsel wordt nooit meer gedacht.

---



## Casus

Jan

Jan is een stevige, stoere man van 34 jaar oud. Hij is getrouwd en heeft twee kinderen, een dochtertje van vijf en een zontje van drie jaar oud. Jan woont met zijn gezin in een twee-onder-een-kapwoning in een provinciestad. Hij werkt als timmerman in de bouw, waar hij op een dag een ernstig bedrijfsongeval krijgt: een vracht schiet los uit de kraan en komt op zijn hoofd terecht. Jan loopt hierbij hersenletsel en een fractuur van zijn rechterschouder op. Hij ligt vijf dagen in coma en wordt daarna korte tijd gesedeerd met het medicijn Haldol vanwege agitatie (onrust). Na drie maanden klinische revalidatie gaat hij naar huis. Jan is op dat moment nog allesbehalve de oude. Werkhervatting verloopt moeizaam: Jan is snel moe, kan weinig hebben en heeft veel pijnklachten. Zijn werkgever twijfelt soms aan zijn inzet en zijn collega's vinden hem soms net iets te snel aangebrand. Thuis probeert Jan het klussen – zijn hobby – weer op te pakken, maar hij ergert zich aan zijn eigen traagheid en onhandigheid. Hij vergeet wat hij wilde doen en hoe hij het wilde doen. Hij raakt voorwerpen kwijt en de schuur wordt snel een puinhoop. Jan komt vaak moeilijk op gang en als hij dan eenmaal lekker bezig is, kan hij er absoluut niet tegen om gestoord te worden. Hij kan dan heel geïrriteerd reageren. Enkele vrienden en familieleden zijn Jan gaan mijden vanwege zijn explosieve gedrag: Jan wordt snel boos en bedient zich dan van nogal krachtig taalgebruik. Hij is zich hiervan bewust. Soms schaamt hij zich voor zijn eigen gedrag, maar vaak is hij vooral boos over het onbegrip van anderen. Ook zijn vrouw en kinderen hebben in toenemende mate moeite met het gedrag van Jan en voelen zich soms zelfs bedreigd. De rek is er bij alle betrokkenen volledig uit.



## Casus

Dhr. Sietsma

Dhr. Sietsma, 66 jaar, is een jaar geleden met pensioen gegaan. Daarvoor was hij jarenlang directeur van een autodealer met verschillende vestigingen in een middelgrote stad. Hij was een directeur van de oude stempel die het liefst zelf beslissingen nam, zonder al te veel inspraak van zijn werknemers.

Zes maanden geleden kreeg hij tijdens de fitness in de sportschool een hartinfarct als gevolg van een ritmestoornis. Hij werd door omstanders gereanimeerd en per ambulance overgebracht naar een academisch ziekenhuis. Daar werd de diagnose gesteld: hartstilstand (*out of hospital cardiac arrest*) op basis van een ritmestoornis met onder andere als gevolg zuurstoftekort in de hersenen (*postanoxische encefalopathie*). Na aanvullend onderzoek werd besloten een interne defibrillator (ICD) te plaatsen en dhr. voor een aanvullende klinische of poliklinische behandeling te verwijzen naar een revalidatiecentrum.

Op advies van de revalidatiearts werd het klinische revalidatie. Dhr. Sietsma was het daar in eerste instantie eigenlijk helemaal niet mee eens. Hij was ervan op de hoogte dat hij een hartstilstand had gehad, maar kon zich daar zelf niets meer van herinneren. Ook de opname in het ziekenhuis was grotendeels aan hem voorbij gegaan. Hij ervoer bij ontslag uit het ziekenhuis weinig klachten en was vanuit het ziekenhuis dan ook het liefst meteen naar huis gegaan. Zijn vrouw en kinderen wisten hem echter over te halen om toch in te stemmen met een periode klinische revalidatie. Wat dhr. zelf betrof lag het accent daarbij op die zaken die volgens hem nodig waren om zijn oude activiteiten weer op te kunnen pakken: werken aan zijn balans, fysieke conditie en spraak- en taalstoornissen. Hij ging ervan uit dat als die zaken voldoende verbeterd zouden zijn, hij weer zou

kunnen wandelen, fietsen en autorijden. Ook zou hij dan zijn vrijwilligerswerk (voor zijn oude bedrijf en voor de kerk), de wekelijkse bridgeavonden met zijn oud-collega's en het oppassen op de kleinkinderen weer kunnen oppakken. Met die doelen voor ogen begon dhr. Sietsma aan zijn klinische revalidatie.

---

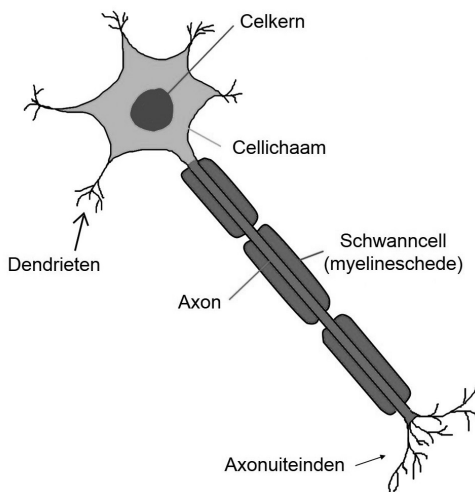


# De hersenen: anatomie en functies

# 1

## 1.1 Zenuwcellen en steuncellen

Wij beschikken over miljarden zenuwcellen of neuronen in onze hersenen. De meeste onderzoekers gaan uit van honderd tot duizend miljard neuronen die maken dat wij in ons hoofd ongeveer anderhalve kilo hersenweefsel mee moeten sjouwen met een volume van zo'n anderhalve liter. Iedere zenuwcel functioneert zelfstandig en is voortdurend actief. Uitlopers, de zogenaamde axonen en dendrieten, zorgen voor de onderlinge verbindingen. Die uitlopers kunnen heel kort zijn (enkele millimeters) of behoorlijk lang (tot twee meter). Een zenuwcel bestaat uit een cellichaam, een axon en dendrieten. Zie figuur 1.1 voor een schematische weergave van een zenuwcel.



Figuur 1.1 Schematische weergave van een zenuwcel  
(Wikipedia, bewerkt door de auteurs)

Het *cellichaam* bestaat uit een celkern waarin het erfelijk materiaal is opgeslagen en een orgaan dat energie opwekt voor elektrische prikkels. Ook is er een orgaan dat eiwitten vormt die een rol spelen bij het doorgeven van prikkels. Via het *axon* (zenuwvezel) geeft een zenuwcel prikkels door aan andere zenuwcellen. Iedere zenuwcel heeft één axon dat aan het uiteinde veel vertakkingen kan hebben. De *dendrieten* ontvangen de prikkels van andere zenuwcellen. Hun aantal varieert per zenuwcel; sommige zenuwcellen hebben er honderduizenden. Afhankelijk van hun taak staan de zenuwcellen verder in verbinding met zintuigen, klieren of spieren.

De zenuwcellen liggen niet willekeurig verspreid door de hersenen. Je kunt de hersenen zien als twee boven elkaar liggende platen. Iedere plaat bevat aan de bovenkant zenuwcellen en aan de onderkant zenuwbanen (bundels van zenuwvezels). Het laagje zenuwcellen is anderhalf tot drie millimeter dik. Door de beperkte ruimte in onze schedel zijn die platen in elkaar gevouwen, waardoor de hersenen eruitzien als een berg kronkels met plooiingen. In de hersenschors of *cortex* liggen de zenuwcellen voornamelijk aan de buitenkant en de zenuwbanen aan de binnenkant van deze kronkels.

Naast de zenuwcellen bestaan de hersenen uit steuncellen (*gliacellen*). Daarvan zijn er meer dan tien keer zoveel als zenuwcellen. Deze steuncellen zijn bij verschillende processen betrokken. Ze zorgen voor de voeding van de hersenen en spelen een rol bij de ontwikkeling van de hersenen. In het herstelproces spelen deze cellen een belangrijke rol en bij beschadigingen ruimen zij de afvalstoffen op. Ook zijn ze van belang voor de overdracht van boodschappen. Waarschijnlijk spelen ze ook een rol bij de vorming van nieuwe cellen. Daarnaast vormen de steuncellen de *myeline*, de beschermende en isolerende laag rondom de meeste axonen. Deze laag zorgt voor een sneller transport van de elektrische signalen die een zenuwcel uitzendt. De myeline is wit, wat maakt dat wij in de hersenen naast de grijze stof (zenuwcellen) een witte stof (zenuwvezels) kunnen zien. De grijze stof is overigens oorspronkelijk een roze stof die buiten de schedel na preparatie meer grijs gekleurd is.

Zenuwcellen geven informatie door met behulp van heel korte elektrische stroomstootjes, die wij kunnen registreren met een elektro-encefalogram (EEG). Het opwekken van die elektriciteit kost veel energie, wat de reden is dat de hersenen ongeveer twintig procent van alle zuurstof gebruiken die wij inademen. Met een gewicht van anderhalve kilo, ongeveer twee procent van ons totale lichaamsgewicht, gebruiken ze dus tien keer zoveel als je zou verwachten. Dat komt omdat zenuwcellen ook actief zijn als ze geen informatie doorgeven. Het overbrengen van de elektriciteit van de ene naar de andere cel gaat via chemische stoffen (*neurotransmitters*); de zenuwcellen raken elkaar nergens rechtstreeks. Neurotransmitters vormen een verzameling van verschillende stoffen zoals bijvoorbeeld dopamine, adrenaline en serotonine.



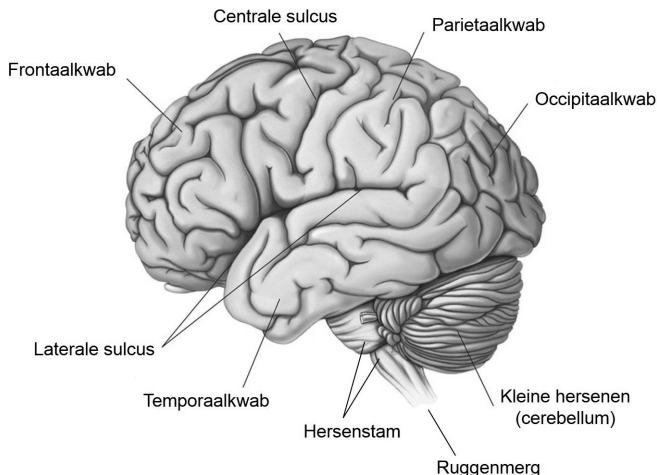
## 1.2 Bloedvaten

In de hersenen treffen we ook bloedvaten aan die onder andere nodig zijn voor de energievoorziening. Via de bloedbaan worden de benodigde suikers en zuurstof aangevoerd. Het bloed komt via vier grote slagaders naar het hoofd: de linker en rechter halsslagader en wervelslagaders. Onder tegen de hersenen vertakt het systeem zich in drie hoofdstromen. Elke hoofdstroom voorziet een bepaald gebied van de hersenen van bloed. Verstopping van een bloedvat heeft tot gevolg dat achterliggende hersencellen geen zuurstof en suikers meer krijgen, waardoor ze heel snel afsterven.

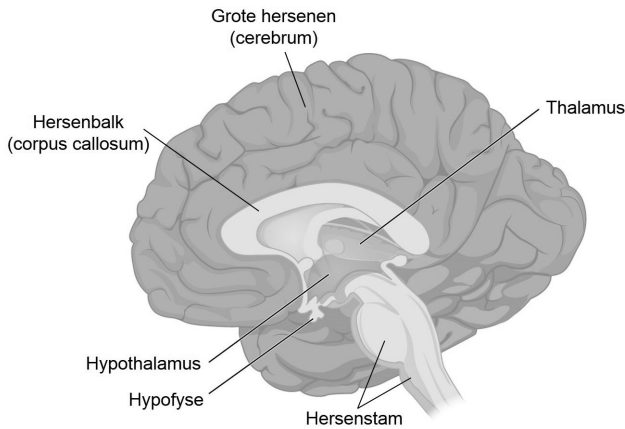
Bloed kan niet zomaar door de vaatwand de hersenen binnenstromen. De bloed-hersenbarrière voorkomt dat allerlei giftige stoffen zomaar de hersenen kunnen bereiken. Sommige stoffen zoals alcohol en nicotine gaan wel makkelijk door de barrière heen, andere zoals glucose niet. Omdat glucose, een bloedsuiker, wel door de wand heen moet kunnen zijn daarvoor speciale transporteiwitten nodig.

## 1.3 Centraal zenuwstelsel

Ons centrale zenuwstelsel bestaat uit vijf delen met ieder een eigen functie: het ruggenmerg, de hersenstam, de tussenhersenen, de grote hersenen en de kleine hersenen. Het zenuwstelsel is omgeven door een dun laagje vocht dat zich bevindt in een systeem van holtes in en rondom het zenuwstelsel. Zie figuur 1.2 en 1.3 voor een schematische weergave van het centrale zenuwstelsel.



Figuur 1.2 Schematische weergave van het centrale zenuwstelsel (zijaanzicht) (Wikimedia Commons, bewerkt door de auteurs)



Figuur 1.3 Schematische weergave van het centrale zenuwstelsel (doorsnede)  
(Wikimedia Commons, bewerkt door de auteurs)

### 1.3.1 *Het ruggenmerg*

Het ruggenmerg bevindt zich in een holte in het midden van de wervelkolom die uit 33 wervels bestaat. Tussen die wervels door lopen aan beide kanten zenuwbanden: vanuit het ruggenmerg naar de spieren en organen, en vanuit de verschillende gevoelszintuigen naar het ruggenmerg. Gevoelszintuigen zijn: tast, pijn, temperatuur, beweging, gevoel en houding. De banen naar de spieren en organen liggen in het voorste deel van het ruggenmerg, de banen vanuit de verschillende gevoelszintuigen naar de hersenen liggen in het achterste gedeelte. Zenuwcellen die binnenkomende informatie verwerken geven niet alleen informatie door naar de hersenen, maar ook naar nabijgelegen zenuwcellen die bewegingen aansturen. Zo is het mogelijk om snel te reageren op bedreigingen en te voorkomen dat er beschadigingen ontstaan aan het lichaam. Een voorbeeld hiervan is de kniepeesreflex.

Bij een beschadiging van de wervelkolom kan de continuïteit van de zenuwbanden geheel of gedeeltelijk verbroken zijn; dat noemen we een complete of incomplete dwarslaesie, met gevolgen voor de informatieoverdracht vanuit het lichaam naar de hersenen (bijvoorbeeld gevoelsstoornissen) en/of de aansturing van het lichaam vanuit de hersenen (bijvoorbeeld verlamming).

### 1.3.2 *De hersenstam*

Bovenin gaat het ruggenmerg over in de hersenstam die onder andere bestaat uit groepen zenuwcellen, oftewel celkernen. Deze celkernen hebben ieder een eigen taak, bijvoorbeeld het verwerken van binnenkomende informatie of het

activeren van spieren, organen of klieren. Hun belangrijkste functie is het in leven houden van het lichaam en dat doen zij door onder andere het volgende te regelen:

- ademhaling;
- lichaamstemperatuur;
- bloeddruk;
- zweten;
- hartritme;
- waken en slapen;
- slokdarm- en darmwerking;
- aanmaken van neurotransmitters.

Daarnaast regelt de hersenstam allerlei autonome (buiten de vrije wil om) motorische reacties die nodig zijn om het lichaam te beschermen. Die reacties zijn meestal reflexen, zoals:

- de pupilreflex, het vernauwen van de pupil bij meer licht;
- de corneareflex, het dichtknijpen van de ogen bij aanraken;
- knipperen om het oog vochtig te houden;
- meebewegen van de ogen met bewegende voorwerpen;
- slikken en hoesten bij verslikken.

De hersenstam verwerkt informatie van buitenaf zodanig dat het lichaam in een gelijkmatige toestand blijft: bij een verstoring treedt een van de beschreven reacties op met als doel de toestand weer te normaliseren. De activiteiten van de hersenstam voltrekken zich buiten het bewustzijn om.

De hersenstam is altijd actief en zorgt ervoor dat de rest van de hersenen al naargelang nodig 'aan' of in de 'stand-by'-stand staan. Zo kan de hersenstam bij vermoeidheid de informatievoorziening uitschakelen, waardoor je in slaap kunt vallen. Na herstel geeft de hersenstam een seintje dat je weer actief kunt zijn: je bent weer helder of wakker. Daarnaast houdt de hersenstam in de gaten of er bedreigingen zijn. In dat geval krijgen de hersenen een seintje om extra alert te zijn. Zo kan iemand zitten suffen in de klas en direct klaarwakker zijn bij het horen van zijn naam. Of de moeder van een baby slaapt overal doorheen, maar wordt wel direct wakker van een geluidje van haar kind.

### 1.3.3 De tussenhersenen

De tussenhersenen werken op een hoger niveau en zijn in staat complexere taken uit te voeren dan de hersenstam. De tussenhersenen bestaan uit gebieden met verschillende taken die in een aantal gevallen elkaar beïnvloeden. Het is een complex geheel van gebieden die op een ingewikkelde manier met elkaar in verbinding staan. We onderscheiden gebieden met de volgende taken:

- verwerking van zintuiglijke informatie;
- beïnvloeding van de stofwisseling;

- beïnvloeding van het bewegen;
- verwerking van emoties;
- bijdrage aan geheugenprocessen.

Net zoals bij de hersenstam zijn wij ons niet bewust van de activiteiten in de tussenhersenen. Omdat de tussenhersenen echter in nauwe verbinding staan met de grote hersenen (waar het bewuste denken plaatsvindt), kan de informatie uit de tussenhersenen indien nodig wel snel doordringen in ons bewuste denken en andersom.

#### *Verwerking van zintuiglijke informatie*

In het midden van de tussenhersenen zitten de twee *thalami* (meervoud van *thalamus*). De thalamus is een schakelcentrum dat binnenkomende informatie uit alle zintuigen, met uitzondering van de reuk, doorschakelt naar de grote hersenen. Uit alle binnenkomende zintuiglijke informatie maken de hersenen echter eerst een keuze. Wat belangrijk is wordt doorgeschakeld, al het andere wordt tegengehouden. Dit voorkomt dat wij alles bewust moeten waarnemen en zo veel energie verspillen.

Geurinformatie gaat niet via hersenstam en thalamus naar de grote hersenen, maar komt rechtstreeks terecht in twee gebieden in de tussenhersenen. Het eerste gebied herkent en interpreteert de geur. In de grote hersenen wordt de informatie verder verwerkt samen met de smaakwaarneming. Daarnaast komt de geurinformatie terecht in gebieden in de tussenhersenen die emoties verwerken, waardoor het mogelijk is dat emoties en motivatie (onbewust) beïnvloed worden door middel van geur.

#### *Beïnvloeding van de stofwisseling*

In de tussenhersenen wordt onder andere de hormoonhuishouding geregeld. De *hypofyse* speelt hierin een belangrijke rol. De hypofyse bevindt zich aan de onderkant van de hersenen en stuurt alle organen aan die hormonen produceren. Voorbeelden van hormonen zijn: geslachtshormonen, groeihormonen en het hormoon dat ervoor zorgt dat de bijniere cortisol gaan aanmaken.

In de tussenhersenen bestaat verder een samenstel van diverse celkernen, de *hypothalamus* genoemd. Deze heeft de controle over diverse complexe biologische processen. Zo regelt de hypothalamus verschillende biologische ritmes die van belang zijn voor het in stand houden van het lichaam. Enkele van die ritmes zijn:

- Het dag-en-nachtritme: in een periode van 24 uur is het lichaam wisselend actief en passief.
- Het jaarritme: in een periode van 365 dagen is het lichaam in voorjaar en zomer meer actief dan in herfst en winter.
- Het 28-dagenritme bij vrouwen in de vruchtbare leeftijd.

Ons lichaam heeft honderden van dit soort biologische ritmes die alle een bijdrage leveren aan het in stand houden van het evenwicht in de lichaamsfuncties.

#### *Beïnvloeding van het bewegen*

De tussenhersenen regelen alle gerichte bewegingen waarover we niet bewust na hoeven te denken. Dat kunnen instinctieve bewegingen zijn als slikken en zuigen. Veel bewegingen moeten we eerst aanleren voordat we deze automatisch kunnen uitvoeren, zoals lopen en fietsen of het bedienen van apparaten. We kunnen bewegingen en handelingen die de tussenhersenen geautomatiseerd hebben wel bewust beïnvloeden, mits we heel goed opletten. Zo is het heel moeilijk een ander looppatroon aan te leren, dat in te slijpen en voorgoed toe te passen. Verandering van een gewoonte vraagt extra oefening.

#### *Verwerking van emoties*

Het *limbisch systeem* is het systeem dat emoties regelt als angst, woede en blijdschap. Dit systeem stuurt voor een belangrijk deel emoties en motivatie tot handelen aan, waarvoor het een directe verbinding met de hypothalamus onderhoudt. Dat is nodig omdat er een relatie bestaat tussen het regelen van emoties en het in stand houden van het organisme. Denk aan emoties als angst, agressie en verliefdheid die een bijdrage leveren aan de bescherming van het organisme en het voortbestaan van het soort.

De grote hersenen spelen ook een rol bij het regelen van emoties. Zij herkennen en benoemen de objecten en mensen die emoties oproepen om vervolgens ook die emoties zelf te herkennen en te benoemen. Waar het mogelijk is proberen ze die emotie te beïnvloeden, maar dat lukt niet altijd. Soms raakt daardoor een evenwicht verstoord, waardoor het onderdrukken van stress bijvoorbeeld kan leiden tot fysieke reacties.

#### *Bijdrage aan geheugenprocessen*

De tussenhersenen spelen ook een rol in het geheugen. Informatie ligt op verschillende plaatsen in de hersenen opgeslagen. In de tussenhersenen wordt opgeslagen waar in de hersenen welke informatie te vinden is (als in een 'kaartenbak'). Zowel bij het vastleggen van informatie als bij het terugvinden zijn de tussenhersenen betrokken. Het limbisch systeem zorgt ervoor dat wij informatie met een emotionele lading beter onthouden dan neutrale informatie. Informatie met een emotionele lading is belangrijker voor het handhaven van het evenwicht en het voortbestaan van de soort. Ook het geheugenproces vindt grotendeels plaats zonder dat we er bewust over hoeven na te denken. Via de voorste delen van de grote hersenen kunnen we er wel invloed op uitoefenen, zodat het mogelijk is met extra nadenken toch die informatie boven te halen die verloren leek te zijn gegaan. Het geheugenproces is ingewikkeld omdat veel hersengebieden betrokken zijn bij het opslaan van informatie. Onthouden is eigenlijk niets anders dan het leggen van verbindingen tussen groepen zenuwcellen.

### 1.3.4 De grote hersenen

De grote hersenen (*cerebrum*) omvatten twee hersenhelften of *hemisferen* die verbonden zijn door de hersenbalk (*corpus callosum*): een dikke bundel zenuwbanen. Via deze balk geven de hersenhelften informatie aan elkaar door, zodat het mogelijk is de taken van beide helften precies op elkaar af te stemmen. De indruk bestaat dat de dikte van de balk deels samenhangt met de mate van intelligentie.

De grote hersenen bestaan uit windingen (*gyri*; enkelvoud *gyrus*) en groeven (*sulci*; enkelvoud *sulcus*) waardoor de oppervlakte fors vergroot is. De grote hersenen stellen ons in staat bewust na te denken over binnenkomende informatie en daar iets mee te doen. Dat verloopt volgens een geordend proces waarvoor de beide hersenhelften opnieuw in tweeën zijn gedeeld: een voor- en een achterkant. De voorkant noemen we de *frontaalkwab*. De achterkant bestaat uit drie delen: de *pariëtaalkwab*, de *temporaalkwab* en de *occipitaalkwab*. Deze kwabben zijn niet precies van elkaar te onderscheiden. De achterkant is groter dan de voorkant en neemt ongeveer twee derde van het totaal van de grote hersenen in beslag.

Binnenkomende informatie wordt verwerkt in de achterkant van de grote hersenen. Binnenkomende informatie vanuit de zintuigen komt via de thalamus als volgt binnen:

- Visuele informatie vanuit de ogen komt binnen in de occipitaalkwab.
- Auditieve informatie vanuit de oren komt binnen in de temporaalkwab.
- Somato-sensorische informatie vanuit de tong en lippen, huid, spieren en gewrichten komt binnen in de pariëtaalkwab.

De binnenkomende informatie wordt in onderdelen opgesplitst en doorgegeven aan belendende gebieden. Pas na een aantal volgende stappen krijgt de informatie betekenis voor ons en vindt er een bewuste waarneming plaats.

Het is mogelijk vrij nauwkeurig aan te geven welk deel van de hersenen verantwoordelijk is voor welk lichaamsdeel. Dat noemen we lokalisatie. Sommige lichaamsdelen nemen een veel grotere plaats in dan andere; dat zijn de lichaamsdelen waarmee je complexere taken kan uitvoeren en die daarvoor meer hersencellen nodig hebben. Een voorbeeld is je hand, die meer doet dan je voet. Tenzij je zonder handen geboren bent en je voet gebruikt als een vervanging van je handen. In dat geval zal je voet meer ruimte innemen in de grote hersenen. Dit is een bewijs van de plasticiteit van onze hersenen, met andere woorden het vermogen van de hersenen om zich aan te passen aan de actuele omstandigheden.

De voorkant van onze hersenen is verantwoordelijk voor alle uitvoeringsprocessen. Daar vinden de besluiten plaats over wat we wel of niet moeten doen, worden de spieren aangestuurd en wordt al ons gedrag geregeld. Er valt veel voor te zeggen dat in de voorkant onze persoonlijkheid zetelt en dat van daaruit ons sociaal handelen wordt gestuurd. De voorkant controleert eigenlijk een groot deel van de rest van de hersenen.

We zetten nog een keer op een rij bij welke processen de grote hersenen een belangrijke rol spelen:

- Het bepalen welke zintuiglijke informatie de thalamus wel of niet doorgeeft.
- Het registreren en sturen van gevoelens en emoties.
- Het ordenen van de ‘kaartenbak’ van ons geheugen.

Door een ingewikkeld systeem van verbindingbanen tussen alle hersenonderdelen zijn we in staat te denken, te leren, te communiceren en allerlei andere taken te verrichten waarbij we met informatie moeten kunnen omgaan. Dat allemaal samen noemen wij de cognitie: het denk- en handelingsvermogen.

#### *Linker- en rechterhersen helft*

De linkerhersen helft zorgt vooral voor de rechterlichaamshelft en de rechterhersen helft voor de linkerlichaamshelft. De meeste verbindingbanen tussen het lichaam en de hersenen kruisen van links naar rechts of omgekeerd. Voor de taken die niets met de linker- of rechterkant van het lichaam te maken hebben, bestaat ook een taakverdeling tussen de linker- en rechterhersen helft. Die taakverdeling is niet voor iedereen hetzelfde en kan afhankelijk zijn van rechts- of linkshandigheid. Bij ongeveer een kwart van de linkshandigen kan de hieronder beschreven taakverdeling óf andersom óf minder duidelijk links-rechts verdeeld zijn.

Taken van de linkerhersen helft zijn:

- *Begrijpen en uiten van woorden*  
In de linkerhersen helft ligt de betekenis van woorden en zinnen opgeslagen. Dat hebben we nodig voor het begrijpen van gesproken en geschreven taal en voor het spreken en schrijven. Nu we dit weten, is het begrijpelijk dat we met onze rechterhand leren schrijven. Die hand wordt vanuit de linkerhersen helft bestuurd zodat er een directe verbinding bestaat tussen het taalgebied en de aansturing van de hand. Dat bespaart tijd.
- *Denken in taal en bewust redeneren*  
De linkerhersen helft gebruiken we wanneer we in woorden nadenken over iets. Vaak in flarden van zinnen of losse woorden, soms in mooie volzinnen.
- *Het beleven van tijd en het verwerken van opeenvolgende gebeurtenissen*  
De linkerhersen helft kan de tijd waarnemen en verwerken. Daardoor is het mogelijk gebeurtenissen die na elkaar plaatsvinden als één geheel te beleven in plaats van als losstaande activiteiten.
- *Ontdekken en analyseren van gedetailleerde informatie*  
De linkerhersen helft is in staat uit veel informatie de belangrijkste onderdelen te halen. Zo pikt deze hersen helft bij het lezen van een tekst de woorden op met een speciale betekenis. De meeste woorden worden niet echt gelezen, wel de speciale woorden.
- *Het gebruikmaken van oude, bekende informatie*  
De linkerhersen helft is actief bij taken waarbij het nodig is oude kennis in te schakelen. Het kan zowel gaan om feitenkennis als om het oplossen van een

probleem waarbij je gebruikmaakt van aangeleerde regels en procedures. Je kan ook zeggen dat in deze hersenhelft allerlei routines vastliggen die je in bekende situaties kan oproepen.

- *Het activeren van het eigen denken en handelen*  
In de linkerhersen helft denken wij in taal na over wat we horen, zien en voelen, over wat we willen gaan doen en nemen we het initiatief tot handelen. Dit speelt bij alle activiteiten die we uitvoeren een rol.

Taken van de rechterhersen helft zijn:

- *Begrijpen en uiten van intonatie, mimiek en gebaren*  
Communiceren is meer dan praten. Het gebruik van gebaren, gezichtsuitdrukkingen en intonatie is minstens even belangrijk voor het doorgeven van een boodschap als woorden. Iets vervelends over iemand zeggen, krijgt een andere betekenis wanneer je dat op een plagerige toon doet en daarbij lacht. Naast het kunnen interpreteren van intonatie ligt in deze hersenhelft het vermogen muziek te begrijpen. Met name timbre en klankkwaliteit worden hier verwerkt.
- *Emoties*  
In de rechterhersen helft krijgen emoties en gevoelens die via de tussenhersenen zijn doorgestuurd een betekenis. Ook het regelen van het gedrag naar aanleiding van de opgewekte emoties vindt in deze hersenhelft plaats. Het geven van een betekenis en het daaropvolgende gedrag kan weer leiden tot een versterking of verzwakking van de emoties.
- *Ruimtelijke informatie*  
De rechterhersen helft heeft ook het verwerken van ruimtelijke informatie als taak. Het gaat om vorm, plaats van een object in de ruimte, de weg naar een bestemming, afbeeldingen en het herkennen van gezichten. Bij het waarnemen en onthouden van een route kunnen visuele kenmerken zoals een boom of de kenmerken van een huis een belangrijke rol spelen.
- *Synthetiseren en het overzien van gehelen*  
Waarnemen en verwerken van visuele informatie gebeurt in één blik, waarbij de rechterhersen helft meer het totaal verwerkt dan het detail. Je kijkt niet eerst naar de onderdelen van iemands gezicht om hem te herkennen. Ook bij talige informatie is het de taak van de rechterhersen helft om het grote geheel te overzien. Wanneer je veel informatie achter elkaar moet verwerken, bijvoorbeeld de weg afleggen van huis naar je werk, doet de linkerhersen helft mee. Die plakt alle plaatjes die de rechterhelft van de weg maakt aan elkaar.
- *Exploratie, het verwerken en aanleren van nieuwe informatie*  
Onderzoek toont aan dat de rechterhersen helft belangrijker is voor het reageren op nieuwe informatie dan de linkerhelft. Hetzelfde geldt voor het aanleren van nieuwe kennis. Waarschijnlijk kan de rechterhersen helft makkelijker verbanden leggen met eerder opgedane kennis door het vermogen het geheel te kunnen overzien.



– *Onbewust, intuïtief denken*

Veel denkprocessen verlopen onbewust. Vaak hebben we heel snel een oplossing voor een probleem zonder dat we over alle details hebben nagedacht. Dat is waarschijnlijk de verdienste van de rechterhersenhelft.

– *Het afremmen van het eigen denken en handelen*

De rechterhersenhelft bezit het vermogen af te wegen wat in een situatie wel en niet kan. Hierdoor heeft deze een controlerende invloed op het gedrag. Ook het vermogen in één keer het geheel te overzien zal hierbij een rol spelen. De linkerhersenhelft bouwt dit in gedeeltes op en kan daardoor te laat zijn met reageren.

*Samenwerking beide hersenhelften*

Veel mensen denken dat de linkerhersenhelft de dominante hersenhelft is omdat hierin de taal zit. In het dagelijks leven spelen beide hersenhelften een even grote rol. Ze werken samen om allerlei complexe taken goed uit te kunnen voeren. Dat noemen we de complementaire specialisatie. Er is wel sprake van specialisatie van afzonderlijke hersengebieden, maar zelfs bij een eenvoudige taak zijn al veel gebieden betrokken en hebben beide helften elkaar nodig.

Bestaat er verschil tussen de hersenen van vrouwen en mannen? Dat is een steeds terugkerende discussie waarin thema's als sociaal-culturele achtergrond en opvoeding een rol spelen. In anatomisch opzicht bestaan er wel degelijk verschillen. Mannenhersenen zijn groter, zo'n tien procent, en wegen iets meer, ongeveer twee ons. Vrouwenhersenen compenseren dit door beter met de beschikbare ruimte in de schedel om te gaan. Een voorbeeld is de grijze laag die de hersenschors (cortex) bekleedt; die is bij vrouwen dikker. Bij vrouwen is de hersenbalk (corpus callosum) meestal groter en dat geldt ook voor het limbisch systeem. Vrouwen zijn daardoor beter in staat emotionele informatie te verwerken en informatie uit diverse hersengebieden aan elkaar te koppelen. Mannen beschikken meestal over meer zenuwcellen in de grote hersenen waardoor zij beter in staat zijn zich in bepaalde vaardigheden te specialiseren. Waarschijnlijk beschikken mannen ook over een betere ruimtelijke oriëntatie, zodat zij makkelijker de weg kunnen vinden. Daartegenover staat dat vrouwen beter in staat zijn woordreeksen te onthouden en daardoor makkelijker een gesprek letterlijk kunnen navertellen. Een ander verschil is dat mannen meer gebruikmaken van hun rechterhersenhelft bij het oplossen van problemen en vrouwen meer van strategieën van de linkerhersenhelft. Mannen denken meer in beelden en het overzien van het geheel, waar vrouwen meer in woorden denken en op details letten. Een verschil in intelligentie tussen beide seksen is niet aangetoond, wel zijn er verschillen in diverse deelvaardigheden.

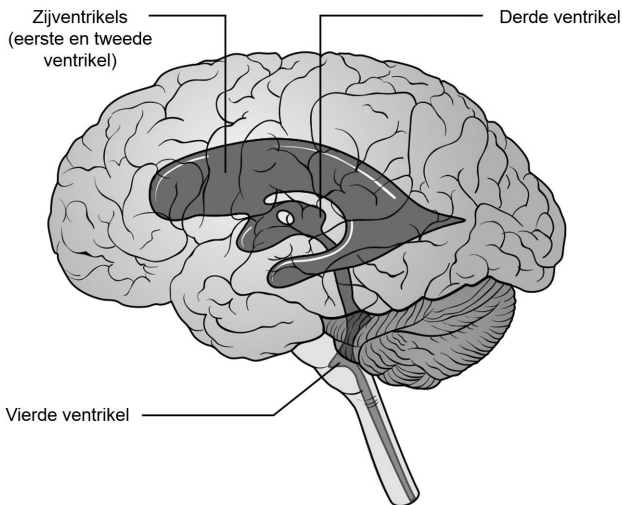
### 1.3.5 De kleine hersenen

De kleine hersenen (*cerebellum*) coördineren onze uitvoerende handelingen en zorgen voor de fijne afstemming van ons gedrag. In de eerste plaats gaat het om alle vormen van bewegen. Maar ook bij het maken van plannen en bij het leren zorgen de kleine hersenen dat alles in de goede volgorde verloopt. Zelfs de fijne afstemming van emoties vindt hier plaats.

De aanzet tot een beweging komt uit de hersenstam, de tussenhersenen of de grote hersenen. Bij het coördineren van een beweging sturen de kleine hersenen voortdurend alle boodschappen naar de spieren bij, zodat de beweging vloeiend verloopt. Om alles goed op elkaar af te stemmen heeft iedere hersencel in de kleine hersenen ongeveer honderdduizend zenuwuitlopers. Dankzij de vele verbindingen weten alle cellen van elkaar welke spiervezels op welk moment worden aangespannen of ontspannen. De kleine hersenen sturen prikkels naar alle betrokken systemen en pas daarna is het mogelijk een beweging adequaat uit te voeren.

### 1.3.6 Hersenholtes

In onze hersenen bevindt zich een systeem van vier hersenholtes (*ventrikels*) die via smalle kanaaltjes met elkaar verbonden zijn. De twee grootste holtes vinden we in de grote hersenen, één midden in de tussenhersenen en de kleinste holte zit midden in de hersenstam. Zie figuur 1.4 voor een schematische weergave van het ventrikelsysteem.



Figuur 1.4 Schematische weergave van het ventrikelsysteem (Wikimedia Commons, bewerkt door de auteurs)

In alle holtes bevindt zich vocht, het *cerebrospinale vocht* oftewel *liquor* dat in iedere holte wordt aangemaakt, maar vooral in de grote holtes. Van daaruit stroomt het vocht naar beneden, via een dun kanaaltje het ruggenmerg in. Vanuit de onderste holte en vanuit het kanaal in het ruggenmerg gaat het vocht ook naar 'buiten' en vormt het een dun laagje aan de buitenkant van het totale zenuwstelsel, inclusief de hersenen.

Onze hersenen drijven in het vocht waardoor het gevoelde gewicht wordt verminderd tot ongeveer vijfhonderd gram. Het vocht vormt ook een buffer, een soort airbag, om klappen tegen het hoofd op te kunnen vangen. Verder is het vocht betrokken bij het transport van voedings- en afvalstoffen en zorgt het voor een optimale druk in ons hoofd.

## 1.4 Ontwikkeling

Anders dan oorspronkelijk werd gedacht ontwikkelen de hersenen zich tot ongeveer ons 25<sup>ste</sup> levensjaar. Bovendien zijn onze hersenen plastisch in de zin dat zij zich ons hele leven blijven aanpassen aan veranderde omstandigheden. Het ontwikkelingsproces verloopt schoksgewijs, van gebied tot gebied, van onder naar boven en van achteren naar voren. Dus eerst de hersenstam, dan de tussenhersenen en vervolgens de grote hersenen. Eerst de gebieden die informatie ontvangen en daarna de gebieden die uitgaande activiteiten verzorgen. Ontwikkeling houdt in dat verbindingen worden aangelegd tussen al bestaande zenuwcellen. Wij komen dus niet op de wereld met een volledig ontwikkeld brein, maar onze hersenen worden procesmatig gevormd (Sitskoorn, 2006). De ontwikkeling begint als een intern proces dat niet onder externe invloeden staat, maar aangestuurd wordt door erfelijke informatie die opgeslagen ligt in de genen. In een volgende fase is een combinatie van genetisch materiaal en externe invloeden verantwoordelijk voor verandering. Op grond van leerervaringen groeien bepaalde verbindingen door terwijl zenuwcellen en verbindingen die niet nodig zijn afsterven. Om zich normaal te kunnen ontwikkelen hebben de hersenen dus ook informatie van buitenaf nodig. Een voorbeeld hiervan is de ontwikkeling van taal bij kinderen.

Ook onze unieke individualiteit ontwikkelen wij dankzij de plasticiteit van ons brein: onder invloed van specifieke ervaringen en activiteiten kunnen de verbindingen tussen de zenuwcellen steeds opnieuw veranderen en zich aanpassen aan actuele omstandigheden. Onder invloed van kenmerken van de omgeving vorm je dus je hersenen en dat gaat een leven lang door.

## 1.5 Complex en kwetsbaar

In grote lijnen is in dit hoofdstuk beschreven hoe onze hersenen zijn samengesteld en hoe complex de samenwerking is tussen de verschillende onderdelen en netwerken. We hebben gezien hoe bepaalde functies duidelijk gelokaliseerd

zijn, wat betekent dat je bij letsel op die plaatsen alert moet zijn op stoornissen in de betreffende functies. Maar we hebben vooral gezien dat de samenwerking tussen verschillende onderdelen in onze hersenen van essentieel belang is voor ons functioneren. Die complexe samenwerking vormt tegelijkertijd zowel de kracht als de kwetsbaarheid van onze hersenen. Plaatselijk letsel kan verstrekende gevolgen hebben voor bijzonder veel functies. Het voorspellen van alle mogelijke gevolgen op ieder leefgebied, louter op basis van de plaats van het letsel, is dus een onmogelijke opgave.