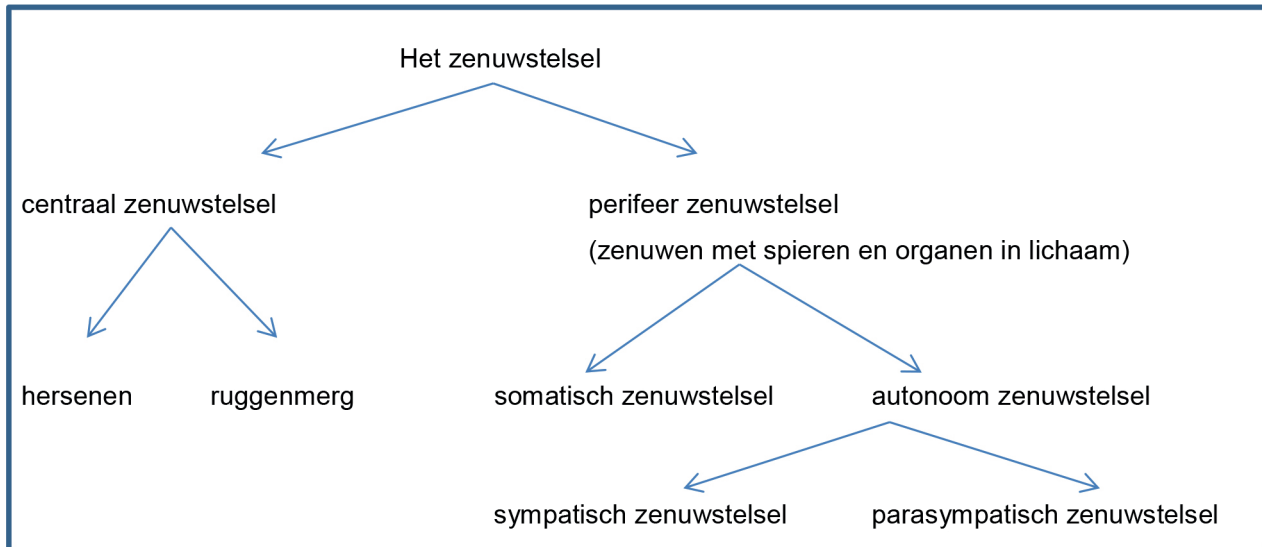


VEEL MEER MEESTER!

Ons brein

Het brein maakt deel uit van een groter geheel, het zenuwstelsel. Schematisch kan het zenuwstelsel als volgt in kaart worden gebracht:

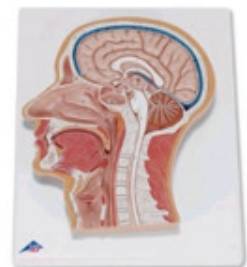


De hersenen zijn onderdeel van het zogenoemde centrale zenuwstelsel. Het centrale zenuwstelsel omvat naast de hersenen ook het ruggenmerg. In deze bijdrage gaat het vooral om de hersenen. Het ruggenmerg is primair een transportkanaal van elektrische impulsen van en naar de hersenen. Hoewel dat transportkanaal natuurlijk belangrijk is voor een functionele werking van de hersenen, zijn het de hersenen die gedrag sturen en beïnvloeden.

Een beschrijving van de anatomie van de hersenen kan op twee niveaus plaatsvinden: op het niveau van de fijne anatomie en op het niveau van de grove neuroanatomie. Een korte introductie is op beide niveaus relevant. De afbeeldingen zijn ter illustratie en verheldering. Elk van de afbeeldingen is van het openbare internet afgehaald (google-afbeeldingen).

Grove anatomie van de hersenen

Hersenen bevinden zich in het hoofd. Vanuit de buitenkant van het hoofd gezien komen we eerst een schedel tegen, vervolgens de dura mater en dan de typische vormen van de sterk gevouwen hersenschors (ofwel de cortex). Onderscheiden worden de sulci. Dat zijn de gleuven en groeven van de hersenschors. Daarnaast zien we zogenoemde gyri. Dat zijn de windingen van de hersenschors (Brysaert, 2011).



De hersenen bestaan uit twee 'delen', de zogenoemde hemisferen ofwel de hersenhelften. De twee hemisferen worden gescheiden door de zogenoemde interhemisferische fissuur (groef) en een bindweefselverbinding, het corpus callosum (Brysaert, 2011).

VEEL MEER MEESTER!

Het oppervlak van elke hemisfeer wordt verdeeld in vier secties of lobben. Onderscheiden worden de frontale lob, de pariëtale lob, de occipitale lob en de temporale lob. Op het (linker) zij-aanzicht in nevenstaande figuur worden de onderscheiden lobben goed zichtbaar. De frontale lob is het voorste gedeelte van de hersenen. In de tekening is deze oranje gekleurd. De pariëtale lob bevindt zich feitelijk direct achter de frontale lob en is op de tekening blauw gekleurd. De occipitale lob is de lob aan de achterkant van het hoofd (groen gekleurd). De temporale lob bevindt zich ter hoogte van de slapen (rose gekleurd).



De grote hersenen kennen een gelaagdheid. Als je de hersenen longitudinaal zou doorsnijden kunnen de zogenoemde neocortex, de mesocortex en de allocortex worden onderscheiden (Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2009). De neocortex is de buitenste laag. Deze heeft hierboven al kort aandacht gehad. De mesocortex is de laag direct onder de neocortex en omvat met name het corticale deel van het limbisch systeem en de zogenoemde orbitofrontale cortex. De meest diepe corticale laag is de allocortex. Onder meer de hippocampi maken daar deel van uit.

De hersenstam bestaat uit drie belangrijke structuren. Het bovenste gedeelte van de hersenstam wordt het mesencephalon (middenhersenen) genoemd. Onder de middenhersenen ligt de pons (het metencephalon). Deze structuur bestaat uit vezels die het lichaam met de hersenen verbinden. De medulla oblongata (myelencephalon) is feitelijk de verlengde ruggenmerg. In het centrum van de hersenstam (gaande van het de medulla oblongata tot in het mesencephalon) bevindt zich een complex gebied met vele groepen van zenuwcellen. Dit netwerk wordt de formatio reticularis ofwel het reticulair activatiesysteem genoemd. (Brybaert, 2011).

De kleine hersenen zijn feitelijk een hele grote neurologisch structuur. Recente schattingen suggereren dat het cerebellum evenveel neuronen bevat als de rest van het totale centrale zenuwstelsel. Het cerebellum overspant de hersenstam en ligt ter hoogte van de pons (Brybaert, 2011)

Hersenvuncties – grove anatomische gebieden

De anatomie van het brein is tot op een bepaalde hoogte transparant. Datzelfde kan jammer genoeg niet worden gezegd van hersenvuncties. Functies van bepaalde delen van het brein matchen niet 1-op-1 met de onderscheiden anatomische gebieden. In de meeste gevallen is het zo dat onderscheiden functies zijn gelokaliseerd op meerdere plekken in het brein die neurologisch zijn verbonden. Daarnaast geldt dat de meeste functionaliteiten niet alleen corticaal maar ook subcorticaal (bijvoorbeeld vanuit het limbisch systeem, de hersenstam of het cerebellum) worden

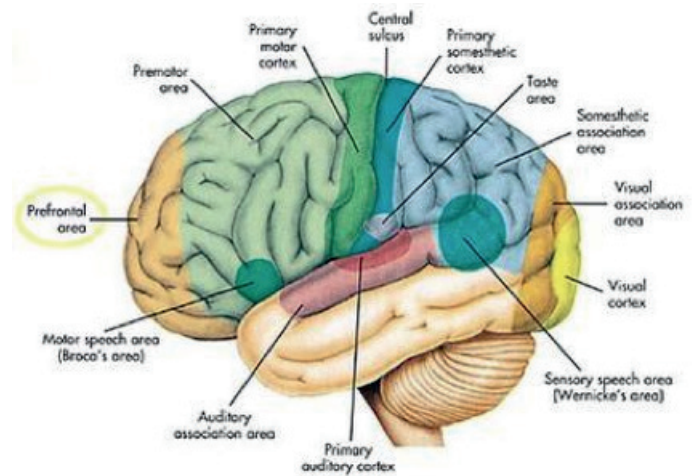
aangestuurd en dat niet alleen elektrochemische systemen maar ook chemische systemen activering van hersenen beïnvloeden (Jolles, 2012). Zonder volledig te willen zijn wordt achtereenvolgens in het kort inzage gegeven in belangrijke functionele modaliteiten in de neocortex, de mesocortex, de allocortex en het limbisch systeem, de hersenstam en het cerebellum

VEEL MEER MEESTER!

Neocortex

Hoewel de verschillende anatomische gebieden van de neocortex zich niet 1-op-1 verhouden tot functionele modaliteiten van de grote hersenen helpt bijgaande vereenvoudigde weergave wellicht om een eerste indruk te krijgen van de te onderscheiden functionaliteiten.

In deze figuur wordt zichtbaar dat de zogenoemde frontale kwab bestaat uit twee belangrijke componenten: de prefrontale associatiecortex (geel-bruine gebied links van de figuur) en de motorische cortex (het groene gebied). functionele modaliteiten in de neocortex, de mesocortex, de allortex en het limbisch systeem, de hersenstam en het cerebellum.



Gazzaniga e.a. (2009) stellen vast dat de prefrontale cortex een rol speelt bij het realiseren van doelgericht gedrag. Het gaat hier om het vermogen om een (meer of minder complex) plan te maken en op basis daarvan systematisch toe te werken naar het realiseren van (meer of minder complexe) doelen. In de literatuur wordt in dit kader ook wel gesproken over 'cognitieve controle'. Cognitieve controle is de interface door welke doelen gedrag beïnvloeden. Om zoiets als 'cognitieve controle' te realiseren zijn verschillende delen van de prefrontale cortex actief. Zo worden de taakdoelen gerepresenteerd in de laterale prefrontale cortex terwijl de monitoring op realisatie en voortgang is gelokaliseerd in de mediale frontale cortex. Cognitieve controle kan alleen gestalte krijgen indien beide regio's als een tandem intensief samenwerken. De prefrontale associatiecortex heeft neurale verbindingen met subcorticale en posterieure gebieden. Deze verbindingen maken het mogelijk dat de prefrontale associatiecortex andere hersengebieden configureert, moduleert en aanstuurt in overeenstemming met de vigerende doelstellingen en taakeisen. Top-down controle, zoals hier benoemd, is met name belangrijk indien een gewenste actie moet concurreren met habitueel gedrag (Sternberg, 2009).

Zonder te veel in detail te willen treden dient te worden benoemd dat de prefrontale associatiecortex bestaat uit drie belangrijke windingen: de orbitofrontale winding (de zogenoemde orbitofrontale cortex), de mediale winding en de laterale winding (de zogenoemde dorsolaterale prefrontale cortex), . De genoemde windingen werken samen maar hebben ook eigen specifieke functionele modaliteiten. Zo geldt bijvoorbeeld dat de orbitofrontale winding een rol heeft als het gaat om het verkrijgen van een realistisch zelfbeeld, het toepassen van sociaal gedrag in een gegeven context, het inschatten van gevolgen van gedrag op de langere termijn en het leren van mislukkingen (Brybaert, 2011.) De mediale winding is de plek in de hersenen waar onder meer zelfreferentiele verwerking plaats vindt (Gazzaniga e.a, 2009). De laterale winding wordt neurologisch gezien onder meer de plek van het actieplan. Daarbij dient te worden aangemerkt dat er evidentie is

VEEL MEER MEESTER!

dat de frontale cortex van de linker hemisfeer meer betrokken is bij erkgeheugenprocessen die te maken hebben met linguïstische representaties terwijl de rechter frontale cortex meer betrokken is bij het encoderen en oproepen van visuele en ruimtelijke informatie (Brysaert, 2011).

De motorische cortex, het achterste gedeelte van de frontale lob, omvat drie deelgebieden. De primaire motorische cortex, de premotorische cortex en de supplementaire motorische cortex. De primaire motorische cortex bevindt zich direct voor de centrale sulcus en start in deze gleuf. De premotorische context bevindt zich voor de primaire motorische cortex. De supplementaire motorische cortex ligt dorsaal tegen de premotorische cortex aan en waaiert rostraal uit in de richting van het mediale gedeelte van de hemisfeer (Brysaert, 2011). De primaire motorische cortex stuurt de bewegingen van het lichaam aan en is somatotopisch georganiseerd. Stimulatie van deze gebieden resulteert in het samentrekken van spieren die zijn gelokaliseerd aan de contralaterale zijde van het lichaam. In het algemeen kan worden gesteld dat grotere corticale representatiegebieden een hogere mate van controle mogelijk maken. Bijvoorbeeld: bewegingen van de tong, de mond en de vingers worden gecontroleerd door relatief grote delen van de primaire motorische cortex. Dit maakt de gedetailleerde en fijngevoelige bewegingen mogelijk die noodzakelijk zijn voor bijvoorbeeld spreken of pianospelen (Gazzaniga e.a, 2009). De premotorische cortex speelt een belangrijke rol in de coördinatie van bewegingen zoals wanneer het lichaam in een goede positie wordt gezet bij het reiken naar een object (Brysaert, 2011). De supplementaire motorische cortex is betrokken bij het plannen van complexe bewegingen en bij de coördinatie van bewegingen die met beide handen tegelijk worden uitgevoerd. Net als de primaire motorische cortex en de premotorische cortex is ook de supplementaire motorische cortex somatotopisch georganiseerd. Een functioneel verschil tussen de premotorische cortex en de supplementaire motorische cortex is dat de eerste gerelateerd lijkt te zijn aan bewegingen die extern worden geïndiceerd terwijl de supplementaire motorische cortex een rol speelt bij het plannen van bewegingen die worden opgehaald uit het geheugen (Gazzaniga e.a., 2009).

In de pariëtale cortex vinden we met name somatosensorische functionaliteiten. De somatosensorische gebieden bestaan uit de primaire somatosensorische cortex (het gedeelte dat tegen de motorische cortex aan ligt), de secundaire somatosensorische cortex en de somatosensorische associatiecortex (Brysaert, 2011). De primaire somatosensorische cortex is gespecialiseerd in het verwerken van informatie die afkomstig is van spieren en de huid. Deze gebieden representeren informatie over aanraking, pijn, temperatuur en proprioceptie. De primaire somatosensorische cortex is evenals de motorische cortex somatotopisch georganiseerd (Brysaert, 2011). De functionele rol van de secundaire somatosensorische cortex is niet eenduidig. Vergeleken met de primaire somatosensorische cortex houdt de secundaire somatosensorische cortex zich bezig met de cognitieve aspecten van somatosensorische informatieverwerking zoals aandacht, beslissingsprocessen, object herkenning etc. (Brysaert, 2011). De occipitale cortex bevindt zich achterin het brein en is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het verwerken van visuele informatie. De primaire visuele cortex (ofwel striatale cortex) is gelegen in het

VEEL MEER MEESTER!

mediale vlak van de twee hemisferen helemaal achteraan (Sternberg, 2009). Het grootste gedeelte van de visuele cortex bevindt zich tussen de twee hemisferen (Gazzaniga e.e., 2009). De primaire visuele cortex is gespecialiseerd in het verwerken van visuele informatie zoals patroonperceptie, diepteperceptie, het zien van kleuren en het volgen van bewegende objecten. Rondom de primaire visuele cortex bevindt zich de visuele associatiecortex (de extrastriate). Deze ontvangt informatie van de primaire visuele cortex. De visuele associatiecortex is betrokken bij het samenstellen, interpreteren en de opslag van visuele informatie in het langere termijn geheugen (Gazzaniga e.a., 2009).

De functies van het temporale gedeelte van de cortex worden in verband gebracht met het gehoor, het geheugen, aandacht en het leren. Wat betreft het geheugen is de idee dat opslag in het langere termijn geheugen termijn in twee fasen verloopt. In de eerste snelle/ initiële fase zijn de mediale lobben sterk betrokken, met name de hippocampi. In de tweede langzamere meer permanente fase vinden we gedistribueerde representaties over de hele neocortex terug inclusief de gebieden die een aanvankelijke rol speelden bij encoding (verwerving) (Gazzaniga e.a., 2009).

Mesocortex, de allocortex en het limbisch systeem

Kort gezegd geldt dat de mesocortex, de allocortex en het limbisch systeem belangrijke functies hebben op het terrein van emoties, leren en geheugen (Brysbaert, 2011). Hierboven is al aangegeven dat de mesocortex de laag in de hersenen is die direct onder de neocortex is gelokaliseerd. Ze omvat met name het corticale deel van het limbisch systeem (de gyrus cinguli) en de zogenoemde orbitofrontale cortex. De gyrus cinguli is een prominente gordel om het binnenste gedeelte van de hersenen en is gelokaliseerd boven het corpus callosum. De gyrus cinguli wordt geassocieerd met stemmingen, de regulatie en verwerking van emoties en het geheugen (Gazzaniga e.a., 2009). De orbitofrontale cortex heeft, zoals in de uitwerking van de prefrontale cortex is benoemd, belangrijke functies als het gaat om de vorming van een reëel zelfbeeld, het toepassen van sociaal gedrag in gegeven contexten, het inschatten van gevolgen van gedrag op de langere termijn en het leren van mislukkingen (Gazzaniga e.a., 2009)

In de allocortex bevindt zich een uitermate belangrijke structuur, de hippocampus. De hippocampus heeft de vorm van een hoefijzer. De hippocampus (en de omliggende, met name temporale, corticale structuren en neurale verbindingen) zijn betrokken bij het declaratieve geheugen (expliciete geheugen), het geheugen voor feiten (semantisch geheugen) en gebeurtenissen (episodisch geheugen). Dit geldt met name voor de initiële fase van opslag van informatie in het lange termijngeheugen. De uiteindelijke opslag van informatie in het lange termijn geheugen (consolidatiefase) wordt tenminste deels, verspreid gerepresenteerd in de neocortex (Sternberg, 2009).

Hersenstam

In algemene zin geldt dat neuronen in de hersenstam talrijke sensorische en motorische processen uitvoeren, in het bijzonder ook de sensatie en de motorische controle van gezicht, mond, keel,

VEEL MEER MEESTER!

ademhalingssysteem en hart. Veel neurochemische systemen hebben kernen in de hersenstam die verbindingen leggen naar de cerebrale cortex, het limbisch systeem, de thalamus en de hypothalamus (Gazzaniga, 2009).

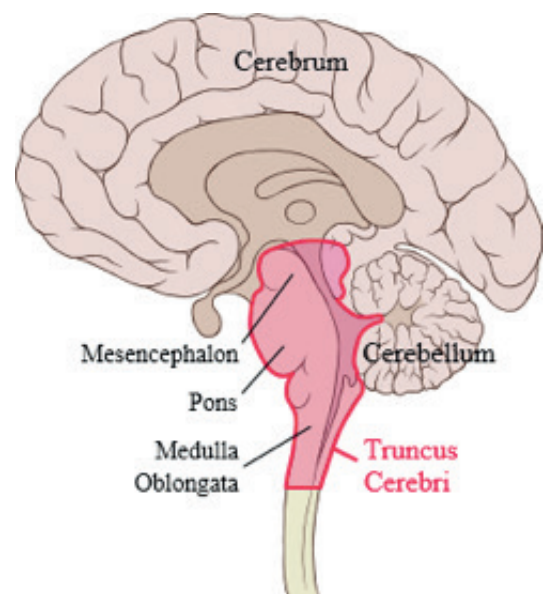
Eerder is al benoemd dat aan de hersenstam drie belangrijke structuren worden onderscheiden: de middenhersenen (mesencephalon), de pons (het metencephalon) en de medulla oblongata. Het mesencephalon coördineert bewegingen (Brybaert, 2011). In het metencephalon kruisen de vezels de middellijn zodat de linkerzijde van het lichaam verbonden is met de rechterhelft van de hersenen en omgekeerd. De pons verbindt verschillende hersengebieden. Vooral de verbindingen met het cerebellum zijn sterk vertegenwoordigd. De pons is ook het schakelstation tussen de medulla en de hogere corticale structuren van het brein (Brybaert, 2011). De medulla oblongata (myelencephalon) controleert hartslag en ademhaling en doet dit zonder input van andere delen van de hersenen (Brybaert, 2011). In het centrum van de hersenstam (gaande van het de medulla oblongata tot in het mesencephalon) bevindt zich een complex gebied met vele groepen van zenuwcellen. Dit netwerk wordt de formatio reticularis of het reticulair activatiesysteem genoemd (Brybaert, 2011). Deze structuur speelt een belangrijke rol bij het slapen en het waken, maar ook bij opwinding, ademhaling, cardiale modulatie, pijnregulatie en modulatie van reflexmatige spieractiviteiten in de ledematen.

Het cerebellum

Het cerebellum (de kleine hersenen) speelt een belangrijke rol in het motorisch systeem en is verantwoordelijk voor de integratie van motorische perceptie en de uitvoering van de motoriek. Het coördineert vrijwillige bewegingen zoals lopen, lichaamshouding en spraak en is betrokken bij het aanleren van complexe motorische vaardigheden (Brybaert, 2011).

Het cerebellum is sterk verbonden met de motorische cortex en de spinale cerebellaire zenuwbanen die informatie geven over de positie van het lichaam (proprioceptie). Het cerebellum integreert deze twee functies en maakt daarbij gebruik van constante feedback met betrekking tot de positie van het lichaam om motorische bewegingen fijner af te stemmen (Brybaert, 2011).

Men stelt ook activiteit vast in het cerebellum bij heel wat taal-, denk- en geheugentaken die geen bewegingscomponent bevatten. Men vermoedt dat het cerebellum niet verantwoordelijk is voor het genereren van deze cognitieve processen maar wel helpt bij het regelen ervan zodat ze correct worden uitgevoerd (Gazzaniga e.a., 2009).



VEEL MEER MEESTER!

Fijne anatomie van de hersenen

Tot nu toe is er in deze bijdrage aandacht geweest voor het brein vanuit het perspectief van de grove anatomie. Het andere perspectief, het perspectief van de fijne anatomie, bekijkt de werking van de hersenen op celniveau. Hieronder is er kort aandacht voor bouw en functionaliteit van hersencellen.

Neuronen bestaan uit drie belangrijke 'compartimenten': een cellichaam, een axon en dendrieten. Brysbaert (2011) benoemt dat het cellichaam van een neuron structuren bevat die ook in andere lichaamscellen worden aangetroffen. Daarbij kan worden gedacht aan de celkern die de genetische informatie van een organisme bevat en mitochondria die zorgen voor het metabolisme in de cel. Het axon is een lange, dunne vezel, die vanuit het cellichaam komt en zich aan het einde splitst in een waaier van uiteinden. De axonen van de verschillende cellen groeperen zich en vormen de zenuwen. De dendrieten vormen een netwerk van smalle vezels, lijkend op de takken van een boom, die vanuit het cellichaam komen. Schattingen van het aantal neuronen in de hersenen en ruggenmerg, maar ook op andere plekken in het lichaam, variëren sterk maar het idee is dat alleen de hersenen al zo'n honderd miljard neuronen bevatten. Lange tijd werd gedacht dat de aanmaak van neuronen (neurogenese) volledig voor de geboorte plaatsvond. Dat idee is losgelaten. Inmiddels is duidelijk dat gedurende het leven van mensen, op specifieke plekken, nieuwe neuronen in de hersenen kunnen ontstaan (Kayaert, 2013). Informatiegeleiding binnen neuronen is een elektrochemisch proces. Dat betekent dat scheikundige processen rond de membraan van het neuron leiden tot een elektrisch signaal, een zogenoemd actiepotentiaal (Brysbaert, 2011). Informatiegeleiding tussen neuronen is een chemisch proces. Informatiegeleiding tussen neuronen vindt plaats in zogenoemde synaptische verbindingen. Kayaert (2013) typeert een synaps als uit twee, heel dicht tegenover elkaar gelegen uitlopers van het membraan van twee verschillende neuronen. In de kleine holte tussen deze uitlopers kan het ene neuron boodschappermoleculen loslaten die het andere neuron kan opvangen. Deze boodschappermoleculen worden neurotransmitters genoemd. Neurotransmitters initiëren of inhiberen het elektrochemisch proces dat zich binnen ontvangende neuron voltrekt.

Veel axonen zijn gemyeliniseerd. Dat betekent dat er dun vetachtig laagje rond het axon ligt dat op regelmatige afstand een inkeping vertoont. Deze inkeping wordt de knoop van Ranvier genoemd. Myelinisatie verhoogt de geleidingssnelheid van axonen aanmerkelijk doordat de actiepotentialen van knoop naar knoop 'springen' en dus grotere afstanden in kortere tijd kunnen overbruggen (Gazzaniga e.a., 2009). Gemyeliniseerde axonen worden ook wel aangeduid met de term 'witte massa' of 'witte stof'. De cellichamen zijn niet omgeven door de melkkleurige myeline. Zij worden ook wel 'grijze stof' genoemd omdat zij in hersenen waarop sectie wordt verricht grijs van kleur zijn (Brysbaert, 2011).

Naast de neuronen komen nog een ander type cellen voor in de hersenen: de zogenoemde gliacellen. Gliacellen omringen neuron en hebben verschillende functies. Zij zorgen voor stevigheid in de hersenen; ze leveren voedingsstoffen aan de neuron; ze zorgen voor het opruimen van afgestorven neuron en andere ongewenste organismen (bijvoorbeeld virussen en schimmels); ze kunnen de werking van neurotransmitters beïnvloeden en ze spelen waarschijnlijk een rol bij het ontstaan van nieuwe synaptische verbindingen (Gazzaniga e.a., 2009).