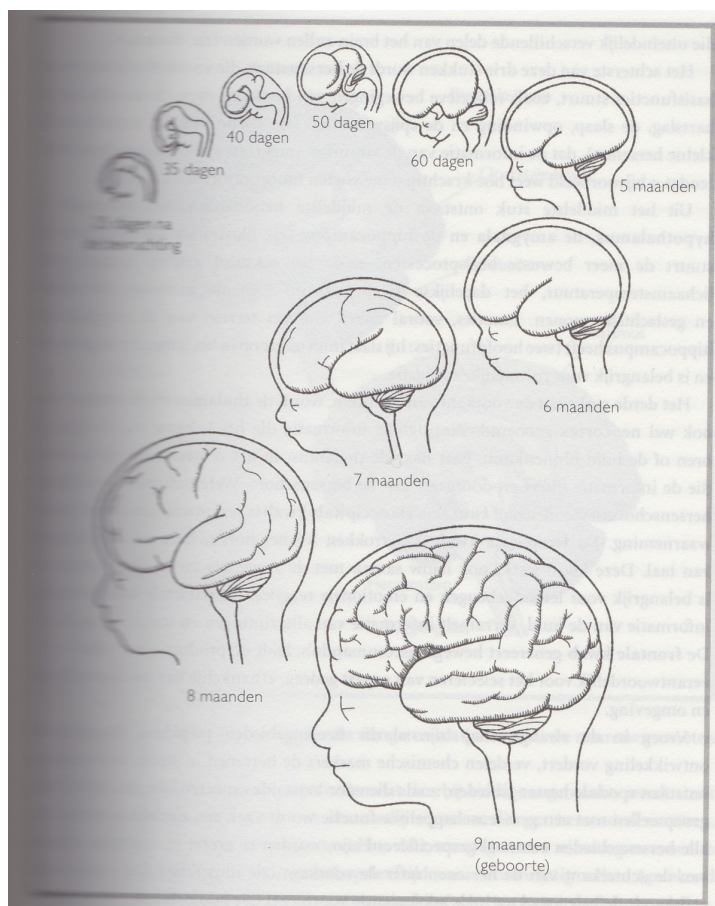


Introductie in het kinderebrein

De ontwikkeling van het brein van de baby tot en met de breinontwikkelingsfase het jonge kind

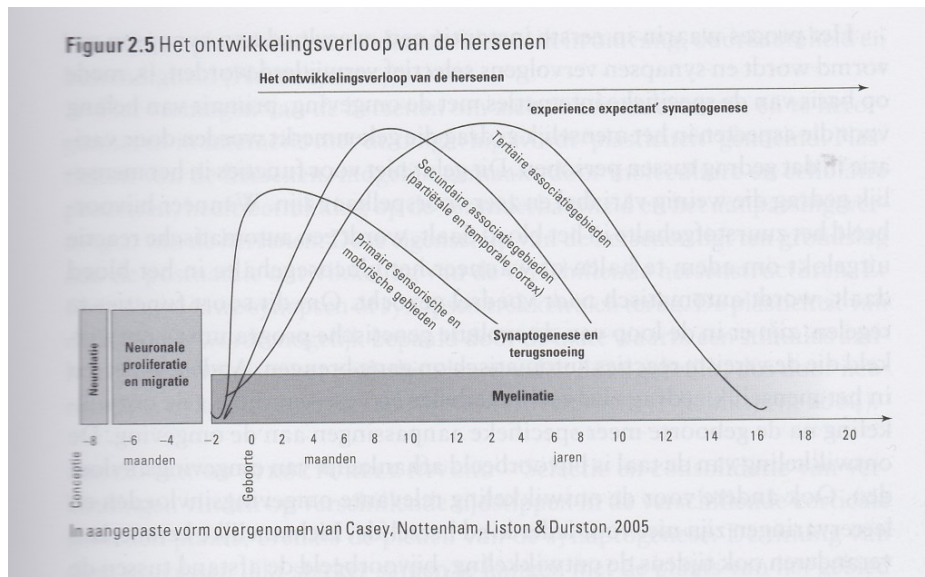


Inleiding

De laatste decennia is er meer en meer bekend geworden over hoe het menselijk brein zich ontwikkelt, welke functies en taken vanuit welke hersengebieden aangestuurd worden. Hoewel er al veel meer bekend is dan voorheen, blijft het brein tot op zekere hoogte nog steeds een mysterie voor (neuro)wetenschappers en ons allen.

Prenatale ontwikkeling: conceptie tot de geboorte

De ontwikkeling van de hersenen is een complex, langdurig (tot ca. 23 jaar) en bijzonder proces. Tegelijkertijd gaat een groot deel van de aanleg van de hersenen automatisch, volgens een vastgelegd 'genetisch programma' dat de interactie tussen genen en de omgeving aanstuurt. Al vroeg tijdens de zwangerschap start de constructie van het brein. Gedurende de eerste maand wordt het zenuwstelsel gevormd door het ontstaan van groepen cellen. Vanaf de derde week na de bevruchting wordt het begin van de ruggengraat (de neurale buis) in het embryo aangelegd. Van hieruit ontstaan later de hersenen en de rest van de ruggengraat. Hierna, rond de zesde week, is de fase van 'segmentatie' aangebroken. De neurale buis wordt in stukken onderverdeeld, opnieuw met behulp van 'chemische signalen'. De verschillende delen beslaan het hoofdeinde (3 stukken), waarvan het laatste deel de *hersenslam*. Het middenstuk waarin de *hypothalamus*, de *amygdala* en de *hippocampus* worden gevormd. Aan de voorkant van het brein ontwikkelen zich de *thalamus* en de *neocortex* (hersenschors). Het brein is op te delen in 'de grote hersenen' (*cererebrum*) en 'de kleine hersenen' (*cerebellum*). De grote hersenen bestaan uit de linker- en de rechterhersenhelft (*hemisferen*) verbonden door de hersenbalk (*corpus callosum*). De neocortex (ook wel: 'grijze stof') is onder te verdelen in vier gebieden, ook wel 'kwabben' genoemd. Het gaat om de *occipitale kwab*, de *temporale kwab*, de *pariëtale kwab* en de *frontale kwab*. Elke gebied is verantwoordelijk voor de verwerking van bepaalde zintuiglijke informatie, waarover later meer. Aan het begin van de zwangerschap zijn al deze hersengebieden heel klein.



Migratie en differentiatie

Een van de hoofdprocessen bij de hersenontwikkeling is het aanmaken en herhaaldelijk delen van nieuwe miljarden cellen, en het aanmaken van nieuwe extra stamcellen, dit proces heet *proliferatie*. Uit de celdelingen ontstaan diverse typen *gliacellen*. Door de processen van proliferatie, migratie en *apoptose* (celdood) verplaatsen de oorsprongcellen van de neuronen (neuroblasten) zich naar hun bestemming in de hersenen, om zich daar verder te vormen. Het verplaatsen van de neuroblasten naar hun eigen locatie waar ze zich verder ontwikkelen en uitkristalliseren wordt migratie genoemd. Gedurende de verdere ontwikkeling worden de hersengebieden opgedeeld en uitgebreid, zodat er meer speciale hersengebieden kunnen ontstaan, met hun eigen functies en verantwoordelijkheden. Zo'n specifiek gebied bestaande uit groepjes cellen worden *nucleus* genoemd. Ongeveer rond de achttiende week van de zwangerschapstijd, gerekend vanaf de bevruchting, worden de laatste nieuwe neuronen (voor deze ontwikkelingsfase) toegevoegd. Het aanmaken van *neuronen*, het verder groeien en uitrijpen van de hersengebieden gaat door tot in de adolescentie. En het aanmaken van nieuwe gliacellen zet zich gedurende het hele leven voort.

Neuronen ontvangen chemische signalen (*neurotransmitters*), die worden aangemaakt door andere neuronen. Deze elektrische en chemische signalen worden gegenereerd doordat neurotransmittermoleculen zich binden aan *receptoren* op de *dendrieten* van het neuron. Vervolgens kunnen ze worden verspreid tot aan het cellichaam. Met voldoende elektrische signalen die worden 'afgevuurd' kan 'communicatie' tussen de diverse neuronen tot stand komen, ook wel *actiepotentiaal* genoemd. Via het *axon*, een lange dunne vezel tussen het brein en de uiteindelijke doel, wordt dit signaal overgebracht.

Hoe de uiteindelijke differentiatie van de neurotransmitters worden vormgegeven hangt af van de interactie van de neuronen op de *synapsen* (het raakpunt van axonen en dendrieten). Om de neuronale communicatie zo optimaal en snel mogelijk te laten verlopen wordt, door bepaalde gliacellen, een beschermlaag (*myeline*) aangemaakt rondom de axonen. Deze beschermlaag is wit en wordt daarom vaak 'de witte stof' genoemd. Het cerebellum is een onmisbaar onderdeel van het centrale zenuwstelsel. Het is verantwoordelijk voor diverse taken zoals de coördinatie en verfijning van de motoriek, het denken, het gevoelsleven, autonome functies en pijnsensaties.

Functies kwabben in de neocortex

Zoals eerder genoemd wordt de neocortex opgedeeld in vier gebieden, elk met eigen functies.

- *De occipitale kwab*: visuele waarneming.
- *De temporale kwab*: horen en begrijpen van taal. Communiceert met de amygdala en de hippocampus en is belangrijk voor het leren, het geheugen en emotionele reacties.
- *De pariëtale kwab*: Ontvangt signalen van de huid, verzamelt de signalen van alle zintuigen en stuurt de aandacht.
- *De frontale kwab*: Geeft bewegingscommando's, leidt tot het spreken en is verantwoordelijk voor het afstemmen van bepaald gedrag, passend bij bepaalde doelstellingen en de omgeving.

Intermezzo

Zoals eerder benoemd is de hersenontwikkeling een complex proces. Ook de beschrijving ervan is lastig om rechtlijnig weer te geven. De ontwikkelingsprocessen houden zich (gelukkig niet) aan leeftijdsgrenzen. Daarom zal ik waar mogelijk per leeftijdscategorie een korte beschrijving van de hersenontwikkeling geven. Soms zal ik vanuit de op dat moment centrale ontwikkelingstaken verder gaan.

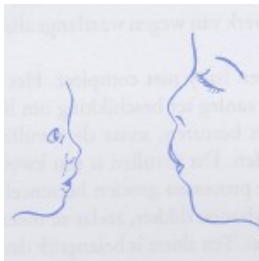
0 tot 4 jaar

In het eerste levensjaar ontwikkelen de hersenen zich het snelst. Vlak voor en vlak na de geboorte worden elke seconde zo'n veertigduizend nieuwe synapsen gevormd. Rond het eerste jaar is 70% van het hersenvolume ontwikkeld, rond het tweede jaar is dat 80% van het hersenvolume van een volwassene. Het betreft voornamelijk de kleine hersengebieden. Ook de hersenschors groeit verder en verdubbeld qua omvang in de eerste twee levensjaren. Er ontstaan nieuwe neuronen en met name worden nieuwe verbindingen gelegd om te kunnen communiceren met andere neuronen. Dit wordt mogelijk door de aanmaak van axonen, dendrieten, spines en synapsen. In de beginjaren ontwikkelen en groeien hersenen door, worden verschillende wegen en verbindingen aangelegd tussen de diverse hersengebieden. De gebieden die veel 'geactiveerd' worden door oefenen, doen en leren, ontwikkelen zich steeds verder en verfijnen zich.

Andere verbindingen die minder of helemaal niet gestimuleerd en geactiveerd worden verdwijnen op den duur. Dit proces wordt 'pruning' genoemd.

Communicatie en interactie

In deze periode wordt het fundament gelegd voor de ontwikkeling van vaardigheden in alle leeftijdsfasen hierna, zoals taal en bewegen. Een ander belangrijk onderdeel is dat de baby's mede hierdoor kunnen wennen en zich leren aanpassen aan de omgeving en omstandigheden waarin ze zijn geboren. Baby's hebben een sterke verkenning- en ontdekkingsdrang. Dit onderzoeksproces gaat vaak gepaard met vallen en opstaan. En wanneer zij iets ontdekt hebben, dan wordt deze handeling vaak eindeloos herhaald. Soms tot ongenoegen van de ouders, wanneer er bijvoorbeeld telkens speelgoed op de grond wordt gegooid, een speentje wordt uitgespuugd, of een kommetje van de kinderstoel wordt geduwd. Voor de baby's is het verband tussen hun gedrag en het gevolg hiervan niet altijd duidelijk. Waardoor ze soms een voorwerp aanspreken, bijv. 'hé!' ; 'nee!' ; '(s)tout!'.



Dit verschijnsel wordt 'verwarring van fysieke en psychische causaliteit' genoemd, gewoonlijk aanwezig tot ca. het eerste levensjaar.

Al direct vanaf de geboorte zijn baby's actief in het selecteren van informatie waar ze op dat moment, in die ontwikkelingsfase, het meest aan hebben. Dit gedrag ontlokt dan bij volwassenen de reactie waar de baby behoefte aan heeft en (onbewust) weer meer van kan leren. Zoals het hoge stemgeluid en intonatiegebruik in de communicatie met baby's en jonge kinderen hen iets leert over taal. Baby's kunnen al snel andere mensen nadoen. Dit wordt mede mogelijk gemaakt door de aanwezigheid van de zogenaamde 'spiegelneuronen' in ons brein. Uit onderzoek (o.a. met behulp van hersenscans) is gebleken dat sommige neuronen in de frontaalkwab ook 'vuurden' bij het zien van een beweging door een ander, als wanneer die persoon zélf die beweging uitvoerde. De baby ziet bijvoorbeeld dat moeder haar handen voor haar gezicht doet, ze weer weghaalt en 'kiekeboe' zegt. Vervolgens doet de baby ook haar handen voor haar gezicht en haalt ze weer weg en herhaalt dit, meestal met zichtbaar en hoorbaar plezier!

Wederzijdse beïnvloeding

Het sensorische en motorische systeem zijn geïntegreerd, en spelen ook tijdens de ontwikkeling een belangrijke rol. Perceptie is hier een onderdeel van en hangt ook weer samen met geheugenprocessen. Bijvoorbeeld het herkennen van personen, voorwerpen of geluiden. Door de integratie van zintuigelijke informatie worden de bewegingen aangestuurd, waardoor baby's oefenen met het leren beheersen en sturen van hun eigen lichaam. Ook de oog-hand-coördinatie komt zo tot stand.

Niet alleen de 'interne' systemen in de hersenen en het lichaam hebben een wisselwerking met elkaar. Ook 'externe' factoren zoals de (leef)omgeving zijn van invloed op de (genetische) neuronen-ontwikkeling. De genen van een kind kunnen de omgeving beïnvloeden en andersom. Bepaalde persoonlijke eigenschappen leiden tot bepaald 'eigen' gedrag, met persoonlijke ervaringen. Die vervolgens bepaalde reacties ontlokken vanuit de omgeving. Een rustig, blij kind zal anders worden benaderd dan een druk kind. Omgekeerd kan de omgeving waarin een kind opgroeit permanente veranderingen teweegbrengen in de neuronen, als gevolg van bepaalde (herhaaldelijke) ervaringen. De wederzijdse beïnvloeding van genen en omgeving zijn een doorgaand proces, uit te drukken in 'feedbacklussen', waarbij zowel de interne systemen als de omgeving veranderingen ondergaan. De genen zijn niet allesbepalend voor hoe een kind zich uiteindelijk ontwikkelt, maar vormen wel de basis van de mogelijke ontwikkelingen.

'Gevoelige perioden' in de (hersenen)ontwikkeling

Elke leeftijdsfase kent zijn 'gevoelige perioden' waarin een ervaring een bijzondere of langdurige invloed heeft op de vormgeving van de hersenverbindingen. Het opdoen van specifieke ervaringen tijdens zo'n sensitieve periode is essentieel voor de ontwikkeling van bepaalde gedragingen die de basis hebben in specifieke daarbij behorende hersengebieden. Een duidelijk voorbeeld hiervan is het ontwikkelen van de moedertaal. Afhankelijk van de omgeving waar het kind geboren is, verzorgd wordt en opgroeit leert het de taal die daar met hem gesproken wordt. Er worden andere neuronale netwerken aangesproken bij het aanleren van Nederlands, dan bij bijvoorbeeld het Chinees. Tijdens de volwassenheid zijn de hersengebieden voor taal niet meer flexibel, kunnen eerder gemaakte connecties moeilijk veranderen; 'de gevoelige periode voor taal is voorbij'. En zo gaat dit ook bij andere ontwikkelingsgebieden. Hersenen hebben in bepaalde periodes bepaalde voorkeuren voor wat er dan geleerd kan worden. Welke ervaringen wanneer een neuronaal netwerk kan aanleggen en versterken is al in de hersenen vastgelegd (predisposities).

'Theory of Mind' (ToM) en empathie



Mensen zijn sociale wezens en zoeken naar contact met elkaar. Al bij baby's is dit merkbaar dat zij gericht zijn op gezichten en de stemmen van de ouders, dat zij de ouders met hun blik volgen en hun hoofd draaien wanneer zij bekend stemgeluid horen. Baby's van drie maanden zijn al in staat om objecten en personen te onderscheiden. Het kunnen begrijpen dat er een verschil is tussen de eigen gedachten en (doelbewuste) handelingen en die van een ander, en het kunnen verplaatsen in een ander wordt het vermogen van 'Theory of Mind' (ToM) genoemd. De ToM ontwikkelt zich in fases.

Na het kunnen onderscheiden van objecten en personen, leren kinderen om rekening te houden met wat andere (kinderen) ergens van vinden en wat een ander graag zou willen of nodig heeft. Dit duurt ongeveer 2 jaar. Vervolgens leren ze ook om (abstracter) na te denken en te praten over de denkbeelden van anderen. Rond het einde van het vierde levensjaar is de ToM volledig ontwikkeld.

Bij de totstandkoming van de ToM zijn de sensorische neocortex, de thalamus en de amygdala betrokken. In sommige gevallen, waarbij er meer tijd is om te verwerken en te reageren, zijn ook de neocortex de temporale en frontale gebieden betrokken.

In dat geval gaat het om een cognitieve vorm van empathie. Ons hersensysteem is zo ingesteld dat het emotionele prikkels snel verwerkt en dat wij reageren op de gevoelens van anderen. Baby's reageren bijvoorbeeld op huilende baby's door zelf ook te gaan huilen. En later zie je bij peuters dat zij andere verdrietige kindjes gaan troosten door ze te aaien, te knuffelen of een kusje te geven. Om emoties bij een ander te herkennen wordt verondersteld dat je zelf de emoties kan voelen. Op hersenscans is zichtbaar dat betrokken hersengebieden ook geactiveerd worden bij het zien van afbeeldingen of videofragmenten met gezichtsuitdrukkingen. De insula wordt geactiveerd bij afkeer, en de amygdala bij angst. Verder is te zien dat gedeeltes van de neocortex worden geactiveerd; de posterieure superieure sulcus bij het waarnemen van een handeling en de temporale polen bij het vervaardigen van sociale kennis. De inferieure pariëtale lob door visuele beweging of de richting waarnaar iemand kijkt, waardoor de bedoelingen van die persoon duidelijk worden. Een van de meest belangrijke hersengebieden die een grote rol spelen bij de ToM is de mediale prefrontale cortex. Door activiteit in dit hersengebied zijn we in staat om onderscheid te maken tussen wat iemand denkt (mentale beeld) en wat iemand doet (fysieke toestand). De mediale prefrontale cortex wordt ook actief door humor, gêne en andere morele emoties. Evenals de lange-afstandscommunicatie tussen de frontale en temporale gebieden, ontwikkelt de mediale prefrontale cortex zich betrekkelijk laat. Wat mogelijk een verklaring is waarom deze vaardigheden pas rond het vierde jaar ontwikkelen.

