

Breinontwikkeling: van kleuter tot tiener

Van kinderbrein tot tienerbrein, gestage groei en reorganisaties



Vanaf ongeveer het vierde levensjaar wordt de groei van de hersenen gelijkmatiger en een stuk langzamer. Er is geen sprake meer van pieken met een explosieve groei. De grootte van de hersenen zal nog circa 10% toenemen en er zullen nog steeds synapsen gevormd worden. Er is meer sprake van

reorganisatie van 'verbindingswegen'. Welke veranderingen en reorganisaties er in de hersenen plaats zullen vinden hangt mede samen met ontstane ervaringen

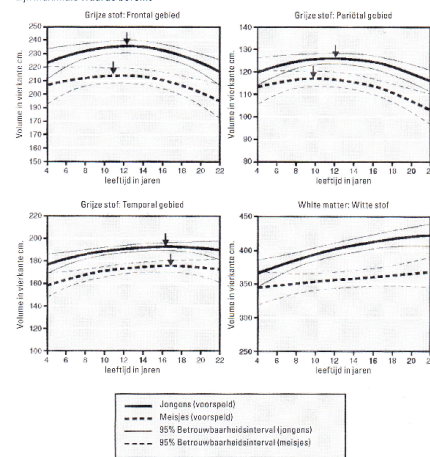
en gebeurtenissen '*experience expectant-synapsen*' genoemd. Er heeft een overproductie aan synapsen plaatsgevonden, welke 'wachten' op stimulatie. Een proces waarbij opnieuw genen en de omgeving van invloed op elkaar zijn en met name de omgevingsfactoren (de stimulator) die van invloed zijn op welke verbindingen er gerealiseerd zullen worden. Het vormen van '*experience expectant-synapsen*' gaat nog een aantal jaren in een gestaag tempo door. Dit aanmaakproces bevindt zich grotendeels in de prefrontale cortex. Dan zijn er ook nog de '*experience-dependent-synapsen*', synapsen die onder invloed van prikkels uit de omgeving aangemaakt worden en gedeeltelijk in de plaats komen van 'genetisch geprogrammeerde synapsen', deze als het ware 'overschrijven'. Dit 'over- en herschrijven' verschilt van persoon tot persoon, afhankelijk van de uiteenlopende sterke omgevingsprikkel die ieder individu vanaf de geboorte ontvangt, welke tot op latere leeftijd verder doorontwikkelen.

De aanwezigheid van deze processen in het brein maken het principe ‘een leven lang leren’ mogelijk en ook het zich bij het ouder worden nog kunnen aanpassen aan veranderingen. Echter ook het principe ‘use it or lose it’ gaat hier op, ofwel ‘gebruik wat je hebt (door oefening), bestendig het of raak het (je talent/vaardigheid) kwijt’.

Waar de ‘gevoelige perioden’ van belang zijn bij het doorontwikkelen en bestendigen van ‘experience-expectant-synapsen’, zijn dit ‘het geheugen’ en ‘leren’ bij het doorontwikkelen en bestendigen van ‘experience-dependant-synapsen’. Naast deze processen gaat ook de myelinisatie (vormingsproces ‘witte stof’) van nieuwe en bestaande banen door, welke de posterieure en anterieure hersengebieden, de linker- en de rechter hemisfeer en de corticale gebieden met het limbisch systeem en de basale ganglia verbinden.

De zogenaamde ‘grijze stof’ neemt met de jaren in de verschillende gebieden toe tot een maximale dikte. In de occipitale gebieden is dat vroeg in de kinderjaren, in de pariëtale en frontale gebieden gebeurt dat vroeg in de tienerjaren. Bij de temporale cortex (vooral de superieure en inferieure temporale gyri) gaat deze groei zeer geleidelijk door tot en met de adolescentiefase. Na het bereiken van de maximale dikte van de grijze stof op de verschillende momenten in de diverse hersengebieden, begint vervolgens een geleidelijk afnameproces. Waardoor dit afnameproces op gang komt is nog niet geheel duidelijk. Vermoedelijk heeft dit te maken met het terugsnoeien van de synapsen en het uitbreiden van de myelinelaag die net onder de hersenschors ligt, wat tot in de adolescentiefase doorgaat.

Figuur 2.7 De ontwikkeling van de grijze stof (frontale, pariëtale en temporale gebieden) en witte stof bij jongens en meisjes; de pijlen geven aan op welke leeftijd het hersenvolume zijn maximale waarde bereikt



Lenroot & Gladdé, 2006

Hersenen van jongens en meisjes vergeleken

Het valt op dat er op alle leeftijden een verschil wordt waargenomen tussen het hersenvolume van jongens en meisjes. Het hersenvolume van jongens is telkens groter. Ook de ontwikkelingspaden verschillen, vermoedelijk als gevolg van de invloed van hormonen. Testosteron gaat het snoeien van overvloedige verbindingen in de hersenschors tegen, met als mogelijk gevolg een grotere hoeveelheid grijze stof. Daarnaast valt op dat jongens een sterkere asymmetrische hersenschors hebben. Deze bevindingen zouden een rol kunnen spelen bij het ontstaan van ontwikkelingsstoornissen en het verschil in frequentie dat deze voorkomen tussen jongens en meisjes.

Reorganisatieprocessen

Dit gehele reorganisatieproces binnen de hersenen leidt tot het verbeteren van de specifieke neurale netwerken in de hersenen, ze worden energiebesparender en efficiënter. Vanaf vierjarige leeftijd worden de 'hogere niveau functies' ontwikkeld. Het gaat dan bijvoorbeeld om functies die met elkaar integreren, zoals woorden en beelden met elkaar koppelen en informatie zo beter onthouden.

Tussen de late kinderjaren en de vroege tienerjaren wordt de interactie tussen globale informatieverwerking in de rechter hersenhelft en lokale informatieverwerking in de linker hersenhelft flexibeler. Vroeg in de tienerjaren verbeterd de samenwerking tussen verschillende 'hogere cognitieve functies' (o.a. aandacht, impulscontrole, strategie bepalen, onthouden korte termijn). Pas wanneer deze fase voltooid is, zijn tieners in staat om gevolgen van hun acties te overzien, en hiermee rekening te houden bij het (bij)sturen van hun gedrag. En pas dan zijn ze in staat om in emotionele situaties een stap terug te nemen alvorens te reageren. Acties die vanuit de hersenen aangestuurd worden, waarbij de prefrontale cortex geactiveerd moet worden en de acties in het limbische systeem en/of de basale ganglia een halt toegeroepen moeten worden.

Taal

In de eerste levensjaren worden fases doorlopen van klanken produceren, naar brabbelen, naar woorden, naar zinnen; de vroeglinguale periode (volgens de fase-indeling van Scharlaekens), durend tot en met ongeveer tweeënhalf jaar. Hierna volgt de differentiatiefase eindigend rond het vijfde jaar. In deze fase wordt de woordenschat sterk uitgebreid, de fonologie van de moedertaal wordt geperfectioneerd, de basisprincipes van de syntaxis en de morfologie worden verworven en het meta-linguïstisch bewustzijn ontwikkeld zich. De laatste fase is de voltooiingsfase tot en met ongeveer het negende jaar, waarin de eerdere basisvaardigheden worden versterkt, uitgebreid en meer divers kunnen worden toegepast. De eerste helft van de vormaspecten van de moedertaal zijn aanwezig, en er kan gestart worden met leren lezen.

De 'taalproductie' is over het algemeen het meest dominant in de linker hersenhelft, behalve bij linkshandigen. Dezelfde soort gebieden in de rechter hersenhelft hebben betrekking op de klank en het ritme van de spraak (prosodie), welke de 'emotionele inhoud' van taal en communicatie duidelijk maken, bijvoorbeeld of er sprake is van sarcasme of een grapje. De specialisatie van de linker hersenhelft (lateraliteit) in taaluitingen maakt deel uit van de basisverbindingen in de hersenen. Wanneer er beschadigingen ontstaan in de dominante taalgebieden tijdens de kinderleeftijd, nog voor het vijfde levensjaar, dan kan de andere kant van de hersenen deze functie nog overnemen, zodat de taalvaardigheid zich nog relatief gemiddeld kan door-ontwikkelen. Wanneer de

beschadiging na de puberteit zou plaatsvinden, dan worden de communicatieve vaardigheden ernstig belemmerd.

Motoriek

De hersenen worden niet alleen gebruikt bij lezen en leren door middel van taal, maar ook bij bewegen en sporten. Sporten en bewegen bevordert de motorische controle en het cognitieve vermogen. Al op jonge leeftijd, in de jeugd, worden die gewoonten in de hersenen 'vastgelegd' en helpen de hersenen ook op late(re) leeftijd gezond te houden. De balans verbeterd, de coördinatie van het 'afgeven van signalen' aan de verschillende spieren en het interpreteren van sensorische feedback-systemen verfijnd. Andere positieve effecten van actief lichamelijk bezig zijn, zijn: meer gevoel van eigenwaarde, minder gevoelens van stress, angst en somberheid, verbeterde cognitieve prestaties, zelfbeheersing, aandacht en geheugen. Bij deze laatste zijn de prefrontale cortex en de hippocampus actief.

Bij fysiek fitte kinderen van 9 en 10 jaar zijn de hippocampus en de dorsale striatum (een gebied dat van belang is bij responsselectie, cognitieve flexibiliteit en aangeleerd gedrag) groter dan bij kinderen die inactief zijn en veel zitten. Neurowetenschappers hebben ontdekt dat er door lichaamsbeweging eiwitten worden aangemaakt die de groei van dendrieten en synapsen beïnvloeden en de synaptische plasticiteit vergroten. Ook nieuw ontstane hersencellen hebben een grotere 'overlevingskans' als gevolg van lichaamsbeweging. Verder is uit onderzoek gebleken dat een actieve kindertijd, met een sport passend bij de interesses van het kind, veelal leidt tot een actieve volwassenheid. Bewegen is dan ook werkelijk gezond voor lichaam en geest en voor jong tot en met oud.

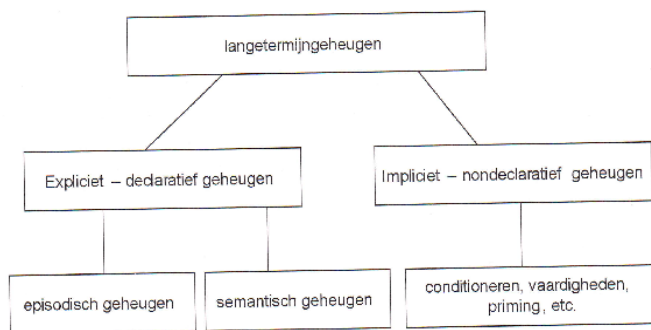
Leren en geheugen

De hersenen maken gebruik van verschillende manieren van leren. Slechts één daarvan heeft betrekking op het bewust kunnen herinneren van feiten en gebeurtenissen, het *episodisch geheugen* genoemd. Er worden diepe indrukken op de hersenfuncties achtergelaten. Het 'geheugen voor gebeurtenissen' ontwikkelt zich vrij laat, pas vanaf het derde levensjaar kunnen we ons pas bewust gebeurtenissen betrouwbaar herinneren.

Er zijn niet alleen verschillende manieren van leren, maar ook van geheugen. En elke vorm doet een beroep op een ander hersengebied. Er bestaan onder andere het declaratieve (expliciete) en niet-declaratieve (impliciete) geheugen. Declaratief betekent iets/een gebeurtenis herinneren uit het verleden. Onder het declaratieve geheugen vallen het *episodisch* en het *semantisch geheugen*. Het semantisch geheugen is het geheugen voor betekenissen, begrippen en feiten.

Bij het vormingsproces van het declaratieve geheugen spelen de hippocampus en de neocortex (de mediale temporale gebieden) een belangrijke rol. In de kinderjaren neemt de ontwikkeling van het declaratief geheugen toe en verbeterd. Het niet-declaratieve geheugen heeft betrekking op non-verbale herinneringen zoals aangeleerde associaties en gewoonten. Bij *associatief leren* kan de amygdala actief worden voor emotionele responsen, ook het cerebellum kan betrokken zijn bij andere wijzen van *zintuiglijk leren*. Dan is er ook het *procedureel leren* wat staat voor het verwerven van gewoonten en vaardigheden (bijv. eerst iets in een doosje doen, de deksel dicht en dan rammelen; veters strikken). Bij deze vorm van leren is het striatum nodig die zich bevindt in de basale ganglia, welke aanzet tot bewegen en het uitvoeren van handelingen. Procedurele vaardigheden beklijven sterker dan declaratieve herinneringen waarvoor de hippocampus nodig is. Daardoor verleert men bijvoorbeeld fietsen niet.

Figuur 6.2 Componenten van het LTG volgens Squire (1992)



Plasticiteit van de hersenen: Korte en lange termijn veranderingsprocessen

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen korte termijn veranderingsprocessen en lange termijn veranderingsprocessen. In beide proces-typen worden er chemische signalen geactiveerd; intra-cellulaire chemische signalen die toe- of afnemen en voorkomen dat neuronen 'afvuren' of dat synaptische knopen neurotransmitters vrijlaten. Ook bij nieuwe ervaringen spelen dergelijke processen een rol. Omdat het grootste deel aan neuronen, met axonen en dendrieten bij de geboorte al gevormd zijn, worden er later nog maar enkele nieuwe aangemaakt, alleen in de reukwolk, een deel van de hippocampus, en zeer geleidelijk in de neocortex. De ruimte voor nieuwe synapsen is als gevolg van deze vroege vorming en plaatsing van de neuronen erg beperkt. Bij het leren door oudere kinderen en volwassenen wordt dan ook vooral gebruik gemaakt van de aanwezige neuronen en synapsen. Deze kunnen versterkt worden door de toevoeging van neurotransmitterreceptoren, of de aanmaak van neurotransmitterstof op de verbinding, wanneer de presynaptische neuron geactiveerd wordt. Ook het tegengestelde, het zwakker worden van synapsen kan plaatsvinden.

Dan wordt de neurotransmitterreceptor verwijderd en wordt de aanmaak van neurotransmitterstof kleiner. In reactie op interne processen en externe gebeurtenissen stroomt informatie de hersenen in over neuronbanen, die met vaste patronen en in een vaste volgorde 'afvuren'. Het proces van het versterken van specifieke synapsen wordt '*langetermijnpotentiatie*' genoemd. Om dit tot stand te brengen zijn specifieke afvuurpatronen van neuronen, signalen en langeafstandsneurotransmitters nodig, waaronder bijvoorbeeld dopamine en acetylcholine. Wanneer hieraan voldaan wordt, dan kan een groep neuronen die in volgorde afvuren biochemische processen op gang brengen die de verbindingen tussen alle neuronen versterken. 'Cellen die samen afvuren, vormen samen bedradingen'

Hoewel het misschien niet voor de hand liggend is, is niet alleen het versterken van synapsen belangrijk voor het leren, maar ook het verzwakken van synapsen. Dit verzwakken gebeurt tijdens de '*langetermijndepressie*'. In deze periode vuren onderling verbonden neuronen afzonderlijk van elkaar af. Dit kan gebeuren wanneer het post-synaptische neuron door andere neuronen wordt aangestuurd. Het enerzijds versterken en toenemen en anderzijds verzwakken en afnemen van synapsen maakt een verfijningsproces van de hersencircuits mogelijk. Belangrijke vaardigheden krijgen zo de ruimte om te groeien en te versterken en minder belangrijke of zelfs belemmerende vaardigheden en leerprocedures kunnen zo inkrimpen.

Het vormen en afbreken van synapsen is ook van belang bij het opslaan van informatie. Volledig nieuwe paden voor informatie kunnen ontstaan doordat de neuronen een zeer kleine overlap met naastgelegen neuronen hebben bij het vormen van synapsen. Tijdens de jeugd worden grote aantallen synapsen geproduceerd en afhankelijk van opgedane ervaringen worden bepaalde synapsen weer geëlimineerd. Tevens kunnen neuronen, door middel van elektrische en chemische response eigenschappen, de manier waarop ze op synaptische input reageren veranderen. Voor al deze processen is het noodzakelijk dat er nieuwe eiwitten en celstructuren worden aangemaakt en andere (irrelevante) worden afgebroken.

Opslaan van informatie in het geheugen

Na het opslaan van informatie in het geheugen, is het nog niet direct zo dat deze informatie in het lange termijngeheugen is vastgelegd. Het *consolideren* van informatie van het korte naar het lange termijngeheugen is meestal een betrekkelijk lang proces in de hersenen. In de eerste fase van het opslaan van informatie zijn de hippocampus en andere aangrenzende hersenstructuren betrokken, gelegen in de mediaal-temporale delen van de neocortex. De hippocampus stuurt verbindingen naar de neocortex en na enige tijd wordt de feitelijke informatie opnieuw verwerkt, om in de 'opslagruimte' voor algemene kennis te worden opgenomen, vermoedelijk in de 'hogere gebieden' de cortex cerebri en de temporale schors.

Doordat de verbindingen in de hippocampus zich vrij laat ontwikkelen in de jeugdleef tijd, kan dit mogelijk verklaren waarom het declaratieve geheugen van kinderen de eerste jaren nog niet zo sterk is.

Samenkomen 'genetische geprogrammeerde synapsen' en 'plasticiteit': Het unieke brein

De veranderingen in synapsen en neuronen zijn niet alleen betrokken bij het leren van feiten op school. Maar ook bij allerlei andere veranderingen in de ontwikkeling zijnde hersenen. Met het rijpen van de hersenen van kinderen komen ook socialisatieprocessen, de ontwikkeling van motorische vaardigheden en lange termijnveranderingen in gedrag en aandacht op gang. Allemaal mogelijk gemaakt door de plasticiteit van de hersenen, waarbij voorgeschreven ontwikkelingsprogramma's integreren met persoonlijke ervaringen en zo het unieke en specifieke brein van iedere jeugdige vormen.

