

Bijlage 9: Breinontwikkeling bij adolescenten – Use it or lose it

De adolescentie² is een bijzondere maar ook complexe periode. Heel wat van de veranderingen in het sociaal gedrag van adolescenten komen niet enkel voort uit leeftijdsveranderingen of de specifieke klas waarin ze zitten, maar worden eveneens biologisch gestuurd. Allereerst verandert het uiterlijk van jongeren, waardoor de omgeving anders op hen gaat reageren. Daarnaast zorgen veranderingen in hormonen ervoor dat emoties vaker en heftiger opspelen en niet altijd in balans zijn. Verder maken de hersenen, deels gestuurd door hormonen, tot rond het 25e levensjaar een transformatie door. Daarbij ontwikkelen verschillende hersengebieden volgens een eigen tijdschema. Ongeveer rond de leeftijd van elf jaar starten reorganisatiewerken in zones die te maken hebben met de controle van impulsiviteit, sociale vaardigheden en risicotaxatie. Een van de laatste zones die volledige specialisatie bereikt, is verantwoordelijk voor het nemen van evenwichtige beslissingen. De jongere is dan al 16 jaar of ouder.

Het onderzoek waarbij hersenen in actie in beeld worden gebracht, kan een nieuw perspectief bieden op de ontwikkeling, het gedrag en de motivaties van jongeren. Bij de interpretatie ervan is evenwel voorzichtigheid geboden. Onderzoeksbevindingen over een groep kunnen immers niet worden doorgetrokken naar individuen. Daarvoor is die onderlinge variatie te groot. Bovendien leeft een jongere nooit in een vacuüm. Mensen zijn sociale wezens en de onderlinge interacties beïnvloeden ons gedrag, ook dat van jongeren.

OPBOUW VAN ONS BREIN

De hersenen bestaan uit miljarden zenuwcellen die met elkaar in verbinding staan. Samen met het ruggenmerg vormen de hersenen het centrale zenuwstelsel. De hersenen zijn opgebouwd uit grijze en witte stof. De 'grijze stof cellen' zijn de zenuwcellen (neuronen) die de werkkraft van de hersenen uitmaken. De witte stof bestaat uit zenuwbanen met een glibberig laagje (myeline) eromheen. Door deze banen wordt informatie gestuurd met behulp van neurotransmitters, boodschappercellen die informatie heen en weer sturen. Hoe meer banen van de witte stof, hoe sneller informatie heen en weer wordt gestuurd.

¹ Crone E., *Het puberende brein*, Bert Bakker, Amsterdam, 2008 en Crone E., *Het sociale brein van de puber*, Bert Bakker, Amsterdam, 2012 en Nelis H. & van Sark Y., *Puber brein binnenstebuiten*, Kosmos, Utrecht, 2009 en Adriaenssens P., 'Tussen zwart en wit, de kleur van de adolescentie', in: Deklerck J. (red.), *Preventie en aanpak van probleemgedrag in het onderwijs, een veelkleurig verhaal*, Acco, Leuven, 2012, blz. 31

² De adolescentie is de levensfase tussen de kindertijd en de volwassenheid. Het begin ervan valt samen met de puberteit en is vrij gemakkelijk vast te stellen omdat er dan duidelijk meetbare hormonale veranderingen plaatsvinden. Het einde van de adolescentie is niet zo eenvoudig te bepalen. Het kan gezien worden als het tijdstip waarop de maatschappij volwassen gedrag van iemand verwacht. In deze bijlage bakenen we adolescenten af als jongeren tussen 10 en 25 jaar.

In onze 'grijze massa' zijn een aantal onderdelen te onderscheiden, elk met een eigen functie.

De **hersensham** aan het einde van het ruggenmerg staat in voor basisfuncties, hartslag, bloeddruk, ademhaling. Dit is ook het centrum van aandacht, van wakker zijn. De hersensham is noodzakelijk om in leven te blijven. Vanuit de hersensham stuurt de pons informatie door van de hoger gelegen hersengebieden naar het cerebellum. Het **cerebellum** is de structuur helemaal aan de achterkant van de hersenen. Het is van belang bij motoriek, geheugen en het ervaren van gevoelens.

Boven de pons bevinden zich de **middenhersenen**, belangrijk voor sensorische en motorische signalen. Voor de middenhersenen bevinden zich de **thalamus** en de **hypothalamus**. Beide structuren reguleren hormonen en lichaamsfuncties, zoals warmte- en koude regulatie. De **basale ganglia** en de **amygdala** zijn dieper gelegen structuren die soms de 'emotionele hersenen' worden genoemd. De basale ganglia zijn belangrijk voor leren en beloning. De amygdala wordt actief bij het verwerken van emoties.

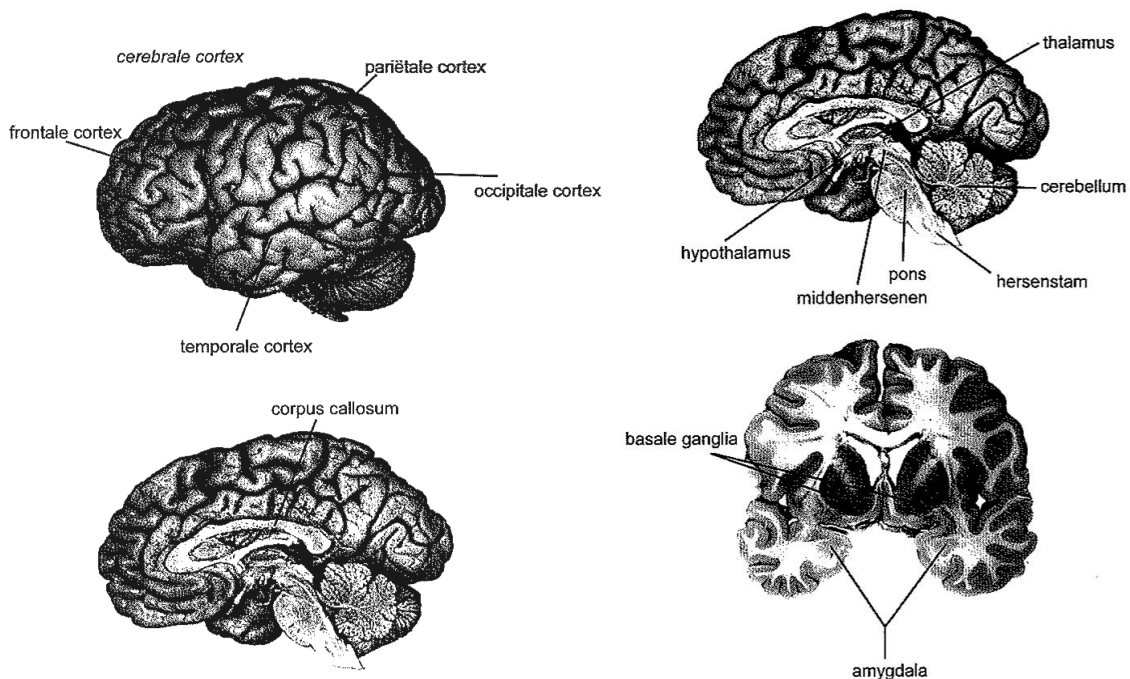
Meer naar voren liggen de grote hersenen met de **cerebrale cortex** (of schors). Dit is een gekronkelde buitenlaag van de hersenen met een heel groot oppervlak. Hij speelt een belangrijke rol bij het leren van nieuwe informatie maar ook voor de interpretatie van complexe emoties, zoals meedenken, meevoelen, intenties begrijpen en relaties tegen elkaar afwegen. De cerebrale cortex bestaat uit vier belangrijke delen genoemd naar de beenderen waaronder ze liggen:

- ▶ de **occipitale cortex** bij het achterhoofd, voornamelijk verantwoordelijk voor visuele waarneming
- ▶ de **temporale cortex** onder het slaapbeen aan de zijkanten van het hoofd, vooral belangrijk voor het gehoor, taalfuncties, het geheugen en het verwerken van complexe emoties, zoals het begrijpen en 'aflezen' van intenties
- ▶ de **pariëtale (wand)cortex** aan de achterkant van het hoofd boven de occipitale cortex, onder andere verantwoordelijk voor integratie van zintuiglijke informatie en ruimtelijke waarneming
- ▶ de **frontale cortex** bij het voorhoofd, belangrijk voor intelligent en doelgericht gedrag, opgelijst als executieve functies³. Daarnaast worden ook zelfbeeld, relaties met anderen en de vaardigheden om je in iemand anders te verplaatsen en na te denken over eerlijkheid en wederkerigheid voor een groot deel gestuurd door de frontale cortex.

³ Zie Bijlage 8: Executieve functies. Dawson P. & Guare R., *Slim maar ...*, Hogrefe, Amsterdam, 2010 en Dawson P. & Guare R., *Executieve functies bij kinderen en adolescenten*, Hogrefe, Amsterdam, 2010.

De cerebrale cortex bestaat uit twee helften of hemisferen. De mogelijke eigen functies van de linker- en rechterhelft in sociaal gedrag worden nog steeds niet helemaal begrepen. Enkel voor de taalfuncties is aangetoond dat deze bij de meeste mensen links in de hersenen zijn gelokaliseerd. Voor allerlei andere functies is het nog niet goed duidelijk en rapporteren onderzoekers heel vaak dat bepaalde vaardigheden beide kanten van de hersenen activeren.

De twee hersenhelften staan continu in verbinding via het **corpus callosum**, een soort balk in het midden van de hersenen met de grootste dichtheid aan verbindingen. Deze dichtheid is belangrijk omdat informatie heel snel tussen de hersenhelften heen en weer moet worden gestuurd.



BREINONTWIKKELING

Alle onderdelen van de hersenen zijn al te zien bij de geboorte. Na de geboorte groeien de hersenen nog door in grootte, maar rond de leeftijd van zes jaar hebben ze al ongeveer 95% van hun uiteindelijke omvang bereikt. Wel vinden er nog veel veranderingen plaats in de structuur.

■ Toename en gedeeltelijke reorganisatie van de witte stof

Gedurende de adolescentie neemt de witte stof geleidelijk aan toe over het gehele brein. Verbindingen die al van jongs af aan zijn gevormd, worden steeds meer versterkt. Vergelijk het met een paadje door het gras dat steeds opnieuw wordt belopen, waardoor het geleidelijk een brede weg wordt. Communicatie tussen cellen nodig voor vaardigheden zoals lopen, rennen, fietsen en praten verloopt zo beter (en sneller).

Met de verbindingen die te maken hebben met ons sociaal gedrag is iets bijzonders aan de hand. Als je als jong kind het pad hebt gevormd in je hersenen dat je steeds wanneer je iets niet weet het aan je ouders kunt vragen, dan zal in de adolescentie iets moeten gebeuren waardoor dat pad minder wordt bewandeld en nieuwe paden worden gevormd. Een andere weg kan bijvoorbeeld zijn dat je bij je vrienden om hulp gaat vragen. Deze nieuwe verbindingen zorgen er uiteindelijk voor dat jongeren de stap zetten naar volwassenheid.

Vermoedelijk hebben de puberteitshormonen een belangrijke functie bij het tijdelijk in de war sturen van het zelforganiserend leren van ons brein. Ze spelen in op hersengebieden die emoties versterken waardoor in tot dan toe onbetreden gebieden nieuwe verbindingen kunnen worden gevormd. De tijdelijke onberekenbaarheid van jongeren zorgt niet enkel voor ongemakken, maar houdt verband met veranderingen die essentieel zijn om de overstap te maken van een kindere brein naar een volwassen brein.

■ Groeien en snoeien van de grijze stof

Waar er in de vroege kindertijd vooral een toename (overproductie) is van grijze cellen, wordt de grijze stof in de adolescentie eerder 'gesnoeid'. De afname in de grijze cellen gaat gepaard met een verbetering van de functies in dat gebied. Sterke hersencellen en verbindingen die veel worden gebruikt, blijven over. Minder sterke cellen verdwijnen. Wat niet wordt aangewend, gaat verloren ('use it or lose it'). Het oefenen van specifieke executieve functies⁴ bijvoorbeeld, leidt zo niet enkel tot verbetering van het zelfmanagement, maar ook tot verandering in de hersenstructuren die de verdere ontwikkeling van de executieve functies zullen ondersteunen.

De toe- en afname van hersencellen vertoont een bijzonder patroon. Voor sommige hersengebieden vinden ze al plaats in de vroege kindertijd. Zo zijn er een vroege piek en afname voor het motorische gedeelte van de frontale cortex en voor grote delen van de occipitale cortex, het hersengebied belangrijk voor de visuele waarneming. Voor andere gebieden, zoals delen van de frontale cortex en de gebieden die ervoor zorgen dat de verschillen hersendelen met elkaar verbonden zijn, duurt het proces van pieken en snoeien veel langer. Dit zijn voor sociaal gedrag uiterst belangrijke gebieden. Zo is de frontaalkwab nodig voor het beoordelen van emoties van anderen. Dit is voor jongeren nog erg moeilijk. Ze denken al snel dat ze geen respect krijgen of dat een opmerking agressief is bedoeld. Mogelijk gaat bij de start van de puberteit het herkennen van emoties op gezichten tijdelijk achteruit of bereikt het minstens even een plateau.

Deze verschillende ontwikkelingstrajecten van hersengebieden maken begrijpelijk waarom kinderen vaardigheden op verschillende tijdstippen aanleren. Het plaatst

⁴ Zie Bijlage 8: Executieve functies. Dawson P. & Guare R., *Slim maar ...*, Hogrefe, Amsterdam, 2010 en Dawson P. & Guare R., *Executieve functies bij kinderen en adolescenten*, Hogrefe, Amsterdam, 2010

een voetnoot bij het 'use it or lose it'-principe. Soms zijn de hersenen nog niet rijp om een bepaalde vaardigheid te leren en heeft het trainen ervan niet zo veel zin. Als je op jonge leeftijd goed een taal kunt leren, is het zinvol om deze periode hiervoor te gebruiken. Wanneer de hersengebieden belangrijk voor planning, op veertien jaar nog niet gerijpt zijn, stel je je verwachtingen best bij. Zo heeft het niet zo veel zin om een veertienjarige te eisen dat hij uitkomt met zijn zakgeld, ook al kan hij al wel goed rekenen.

Aangezien het voor jongeren nog heel lang moeilijk is om prioriteiten te stellen, risico's in te schatten en beslissingen te nemen, lijkt het aangewezen dat ouders en leerkrachten af en toe blijven grenzen stellen en deze handhaven. Ze nemen zo de rol op van 'plaatsvervangende prefrontale cortex'.

■ Het emotionele brein

De 'emotiegebieden in de hersenen' worden al vroeg aangelegd. Het zijn stimulerende systemen gericht op het 'nu doen', 'meteen uitproberen', 'eerst genieten'. In de adolescentie worden de basale ganglia overactief. Zo reageert het 'pleziergebied' van adolescenten feller op (grote) beloningen dan dat van kinderen of volwassenen. Anderzijds komt er in de (vroeg) adolescentie nog weinig reactie vanuit de amygdala, het emotioneel hersengebied dat een directe afkeerreactie teweegbrengt bij confrontatie met een mogelijk gevaar. In risicovolle situaties zijn jongeren dus weinig gevoelig voor de negatieve gevolgen, maar zijn ze des te gevoeliger voor mogelijke beloningen. In combinatie met een onvoltooid 'controlecentrum' in de prefrontale cortex dat impulsen zou kunnen afremmen, zorgen deze mechanismen ervoor dat jongeren heel gevoelig zijn voor verslavingen. Bijkomend risico voor jongeren is dat overmatig drank- en druggebruik remmend werken op de ontwikkeling van de hersenen en ze blijvend kunnen beschadigen. Overigens loeren ook andere verslavingen om de hoek. Zo zijn games beloningsmachines, die in de hersenen dezelfde beloningscircuits stimuleren als eten, seks en stimulerende middelen... Met alle digitale verleidingen is ook het gevaar van overbelasting reëel. Het is geen uitzondering dat jongeren naast hun school een bijbaantje hebben, een website draaiende houden en intensief gamen.

Jongeren hebben soms hulp nodig om paal en perk aan te stellen aan risicovol gedrag. Waar volwassenen kunnen vertrouwen op een buikgevoel dat hen aangeeft wat ze beter wel en niet doen, moeten adolescenten zich baseren op een rationele afweging van voor- en nadelen waarbij ze bovendien gevoeliger zijn voor mogelijke positieve uitkomsten dan voor wat fout kan lopen. Wel blijken jongeren tot 'betere' beslissingen te komen als een situatie zo eenvoudig mogelijk wordt geschetst. Dit betekent dat het gewoon verbieden om te roken waarschijnlijk meer kans op succes heeft dan een voorlichtingscampagne over de mogelijke risico's vanuit de hoop dat jongeren zelf tot de conclusie komen dat het geen goed idee is.

Dat de emotiegebieden overuren maken bij adolescenten zien we behalve bij het verwerken van beloningen ook bij een toegenomen gevoeligheid voor uitgesproken positieve of negatieve gezichten. Dit lijkt te worden aangestuurd vanuit de amygdala. Wel zijn er sterke verschillen tussen jongeren onderling. Sommige jongeren trekken zich niets aan van de boze blikken van anderen, terwijl anderen er veel last van hebben. Bij de jongeren bij wie sprake is van een gevoeligheid voor deze sociale signalen, wordt die gevoeligheid in de adolescentie uitvergroet. Mogelijk is een sociale angststoornis gedeeltelijk het gevolg van een overgevoeligheid in emotionele hersengebieden, vooral wanneer zij zich voorbereiden op mogelijke negatieve interacties met leeftijdsgenoten.

■ Hormonale veranderingen

De puberteit speelt als startmotor van de adolescentie een belangrijke rol bij vele van de hierboven beschreven ontwikkelingen. Puberteitshormonen zorgen ervoor dat de hersenontwikkeling bij sommige kinderen wat sneller verloopt dan bij andere. Dit betekent overigens niet dat jongeren die verder in de puberteit zijn ook sneller kunnen leren. Er zijn maar een paar hersengebieden die worden beïnvloed door puberteitshormonen en dit zijn voornamelijk hersengebieden die belangrijk zijn voor emoties. Deze hormonen hebben geen directe invloed op het leervermogen, maar eerder op motivatie en sociale interesses. De lichamelijke, sociaal-emotionele en cognitieve ontwikkeling verlopen niet noodzakelijk synchroon. Terwijl de geslachtsrijping al voltooid is, zijn jongeren sociaal-emotioneel en cognitief nog lang niet uitgegroeid. Bovendien zijn er verschillen tussen jongeren onderling. De ene jongere is er op alle vlakken 'vroeg' of 'laat' bij. Bij de andere loopt de fysieke ontwikkeling voor op de cognitieve, of omgekeerd.

Een voor ons interessante hormonale verandering heeft invloed op het bioritme van adolescenten. Gedurende de puberteit geeft het lichaam op een steeds later tijdstip het slaaphormoon melatonine af. Jonge kinderen worden vaak in het begin van de avond al wat slaperig. Bij adolescenten echter treedt het slaapsysteem in de avond nog helemaal niet in werking, waardoor ze moeite hebben om in slaap te vallen, tot soms elf of twaalf uur 's avonds. Het ritme van adolescenten piekt in de middag en avond. Door de lichamelijke veranderingen in de puberteit, zoals de groeispuurt, heeft het lichaam echter juist meer slaap nodig. Het risico bestaat dat jongeren chronisch slaapttekort opbouwen, wat dan weer een invloed kan hebben op hun gedrag en stemmingswisselingen kan versterken.

Het protest van jongeren bij vroege activiteiten hoeft dus geen gebrek aan respect voor gezag te betekenen. Het kan evengoed het gevolg zijn van een veranderend bioritme waarbij de puber in een continue jetlag verkeert en bijna nooit voldoende slaap krijgt. Zolang er vroege schooltijden op de agenda staan, is het belangrijk om het slaapttekort zo veel mogelijk te beperken. De meeste adolescenten hebben er baat bij om in het weekend bij te slapen en zo de week erna op school weer te kunnen presteren.

■ Aandacht voor het positieve

De eigenheid van het adolescentbrein houdt niet enkel risico's in, maar biedt ook allerlei unieke mogelijkheden. Waar volwassenen beter zijn in het actief houden van informatie en het plannen van handelingen, zorgt de flexibiliteit in de verbindingen bij adolescenten ervoor dat ze zich beter aanpassen in een leerperiode. Jongeren zijn vaak vele malen creatiever, idealistischer en vindingrijker dan volwassenen.

In de adolescentie zijn het de hersengebieden die belangrijk zijn voor creativiteit en vindingrijkheid, muzikaliteit, sport en maatschappelijke betrokkenheid waar als laatste in wordt gesnoeid. Mogelijk is een nog niet volledig gerijpte frontale cortex in combinatie met goed werkende andere hersengebieden een ideale voedingsbodem voor creativiteit. Gedachten en handelingen die minder worden afgeremd en een planning die nog niet volledig gestructureerd verloopt, stellen jongeren in staat om oplossingen te vinden voor problemen waar niemand ooit aan dacht, een veerkracht te tonen die volwassenen met moeite kunnen opbrengen, uitvindingen te doen, talenten te ontplooien, sportprestaties te leveren en nog veel meer. Dit zou kunnen betekenen dat de adolescentie de ideale periode is om de hersenontwikkeling bij te sturen en te stimuleren. Zo lijkt de tijd tussen het 15^{de} en 25^{ste} levensjaar hét moment om uit te blinken in muziek, sport of wetenschap.

Verder zorgt een 'onrijp' brein er ook voor dat jongeren op zoek durven gaan naar nieuwe dingen, naar onafhankelijkheid. Als de jongere alle risico's zorgvuldig zou afwegen, zou hij misschien nooit het veilige eigen nest durven verlaten om zelf een eigen onafhankelijk leven te beginnen.