

Over ontwikkeling van
het adolescente brein en gedrag

Brein in de groei

BIOWETENSCHAPPEN EN MAATSCHAPPIJ KWARTAAL 1 2019



Brein in de groei

Dit cahier is een uitgave van Stichting Biowetenschappen en Maatschappij (BWM) en verschijnt vier maal per jaar. Elk nummer is geheel gewijd aan een thema uit de levenswetenschappen, speciaal met het oog op de maatschappelijke gevolgen ervan.

Stichting BWM is ondergebracht bij ZonMw.

BESTUUR

Dr. J.J.E. van Everdingen
(voorzitter)
Prof. dr. W.P.M. Hoekstra
(penningmeester)
Dr. L.H.K. Defize
Prof. dr. E. van Donk
Dr. R.H.J. Erkens
Prof. dr. W.A. van Gool
Prof. dr. ir. F.P.M. Govers
Dr. R. Grootens-Wiegers
Prof. dr. B.C.J. Hamel
Prof. dr. C.L. Mummery
Prof. dr. J.W.F. Reumer
Dr. J.E. van Steenbergen

RAAD VAN ADVIES

Prof. dr. J. van den Broek
Prof. dr. J.T. van Dissel
Prof. dr. J.P.M. Geraedts
Prof. dr. J.A. Knottnerus
Prof. dr. J. Osse
Prof. dr. E. Schrotten

REDACTIE

Dr. Katy de Kogel
Dr. Sabine Peters
Dr. Annelinde
Vandenbroucke
Dr. Bas Defize
Dr. ir. Astrid van de Graaf

BUREAU

Drs. Rianne Blok
Monique Verheij

BEELDREDACTIE

B en U international picture
service, Amsterdam

INFOGRAPHICS

Prof. dr. Jos van den Broek

NEUROMYTHES

Dr. Sabine Peters
Dr. ir. Astrid van de Graaf

VORMGEVING

Studio Bassa, Culemborg

DRUK

Drukkerij Tesink, Zutphen

INFORMATIE,

ABONNEMENTEN EN

BESTELLEN LOSSE NUMMERS

Informatie, abonnementen
en bestellen losse nummers
Stichting
Biowetenschappen en
Maatschappij
Laan van Nieuw
Oost-Indië 334
2593 CE Den Haag
telefoon: 070-34 95 402
e-mail: info@
biomaatschappij.nl
www.biomaatschappij.nl

© Stichting BWM
ISBN/EAN 978-90-73196-93-3
Stichting BWM heeft zich
ingespannen om alle
rechthebbenden van de
illustraties in deze uitgave
te achterhalen. Mocht u
desondanks menen rechten
te kunnen laten gelden, dan
verzoeken wij u vriendelijk
om contact met ons op te
nemen.



Inhoud

Voorwoord 2

1 De ontwikkeling van een brein 5

De basis: hersencellen, grijze en witte stof 5
De basis: hersenstructuren en -functies 9
Ontwikkeling van babybrein tot kindbrein 12
Hersenen in ontwikkeling 15
Kritische perioden tijdens de ontwikkeling 17
BOX Wanneer ben je volwassen? 20

2 Het zich ontwikkelende brein en gedrag 23

Sociale ontwikkeling in de adolescentie 23
Risicogedrag en beloningen 26
Leervermogen, een kwestie van mindset? 29
Jongens en meisjes: cognitieverschillen? 32
Zelfbeeld, wie ben ik? 35
Sociale acceptatie en afwijzing 38
BOX Een hoogbegaafde in de klas? 40

3 Variaties in hersenontwikkeling 43

Van (katten)kwaad tot erger 43
De invloed van verslaving 47
Depressie bij jongeren 50
Hersenscans bij ADHD en autisme 52
Dyslexie en breinontwikkeling 55
BOX Leerproblemen in de praktijk:
het niet-pluisgevoel 58

4 De invloed van leefstijlfactoren 61

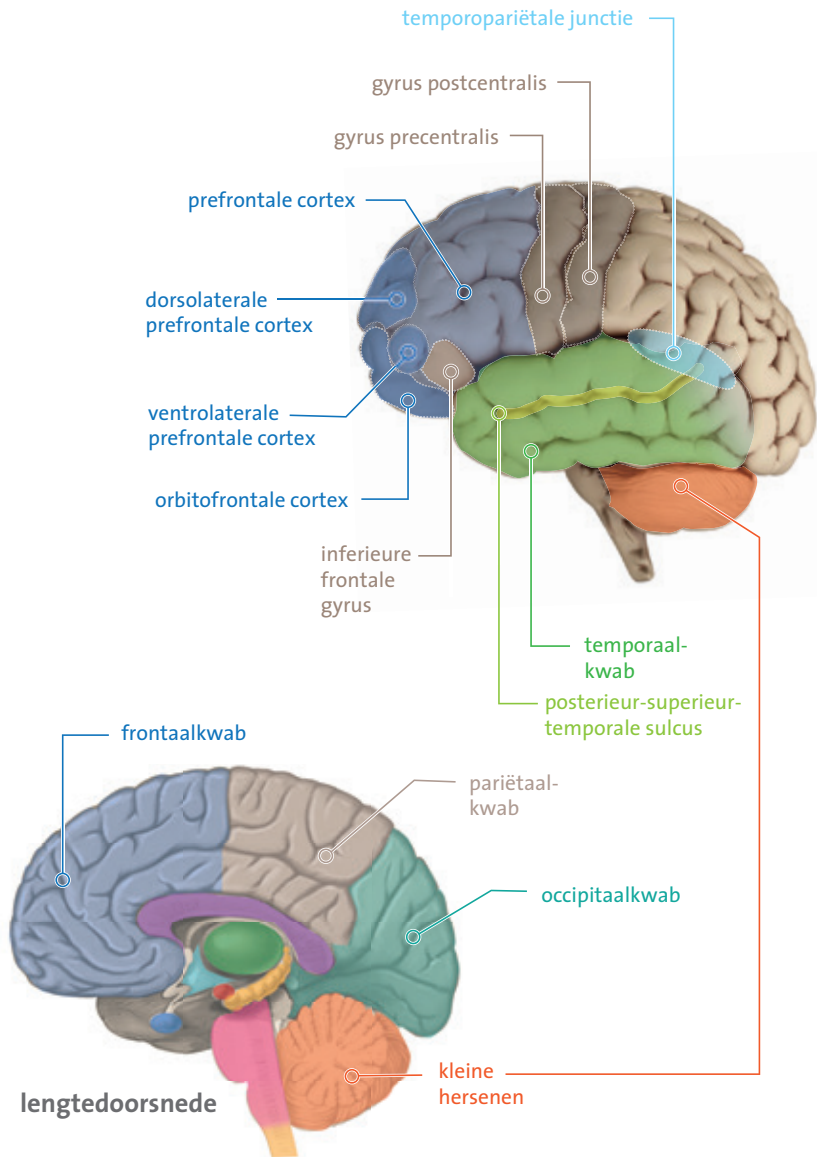
Slaap: een periode van tijdreizen 61
Over de rol van voeding 64
Het sportende jongerenbrein 68
De ontwikkeling van creativiteit 72
Sociale media als studieafleider 75
Stress en veerkracht 78
BOX Jongeren en hun recht om gehoord te worden 82

De tiener tussen brein en omgeving 84

Meer informatie 87
Auteurs 89
Illustratieverantwoording 92

Hersenstructuren in beeld

Zijaanzicht en lengtedoorsnede



De grote hersenen bestaan uit vier kwabben:

frontaalkwab

onder andere betrokken bij executieve functies

temporaalkwab

onder andere betrokken bij gehoor en taal

pariëtaalkwab

onder andere betrokken bij aandacht en ruimtelijk inzicht

occipitaalkwab

onder andere betrokken bij visuele informatieverwerking

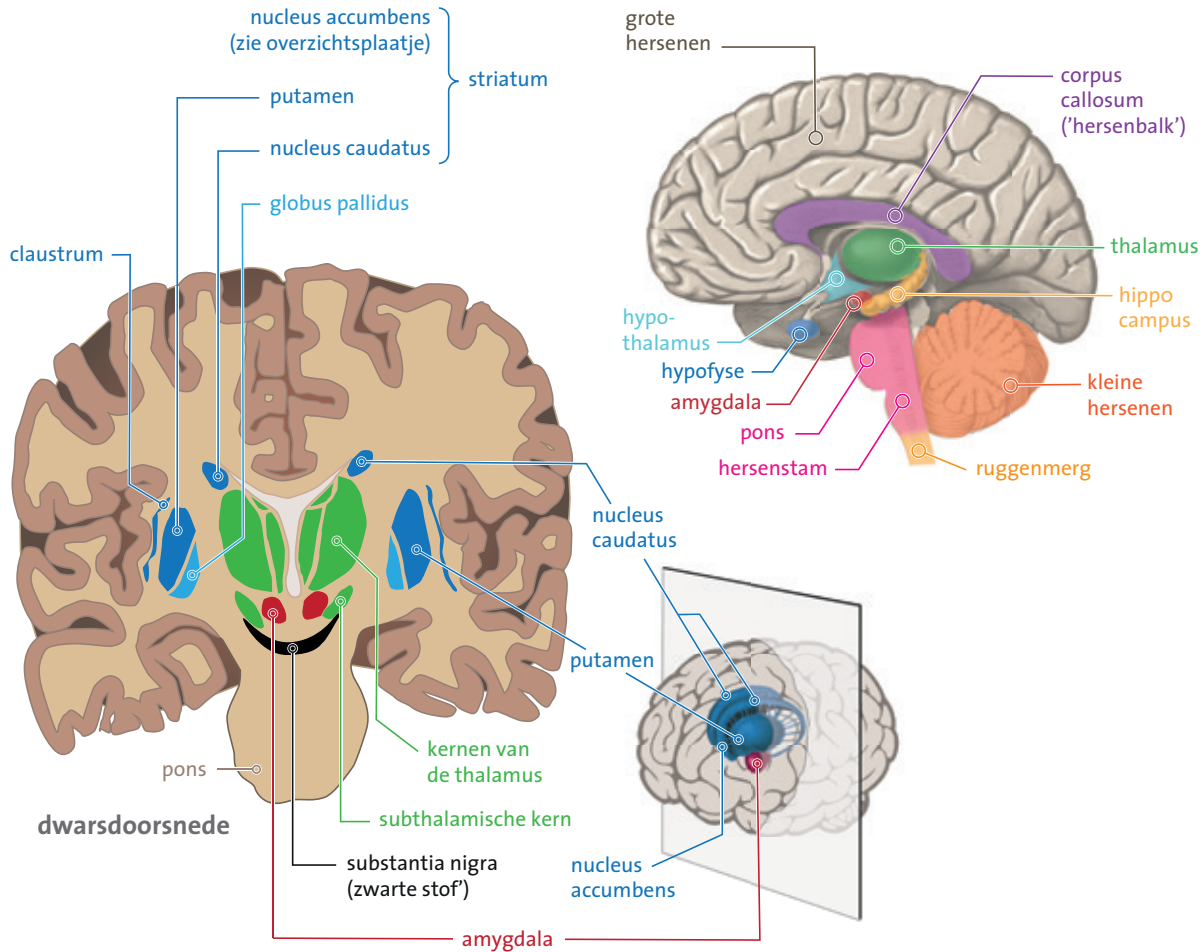
Terminologie

gyrus	een ronding naast een groef in de hersenschors
anterieur	voor (ten opzichte van de voorkant van het hoofd)
posterieur	achter (ten opzichte van de voorkant van het hoofd)
inferieur	aan de binnenkant van de hersenen
mediaal	in het midden
lateraal	aan de zijkant (van het hoofd)
dorso	aan de rugzijde gelegen (in het verlengde van de ruggenmerg)
ventraal	aan de buikzijde gelegen (in het verlengde van het ruggenmerg)

De afgebeelde hersengebieden worden in het cahier Brein in de groei (functioneel) beschreven. Deze kaart geeft de ligging van deze hersengebieden aan.

Hersenstructuren in beeld

Lengtedoorsnede en dwarsdoorsnede



Thalamus	reguleert de sensorische input (behalve reuk) en geeft het door aan het juiste hersengebied.	Pons	deel van de hersensham die de kleine hersenen en de grote hersenen verbindt.
Hypothalamus	reguleert lichaamsprocessen (homeostase) zoals bloeddruk, hartslag, vochtbalans, emoties, dorst, slaap-waakcyclus.	Basale ganglia	een groep van hersenkernen die met elkaar in verbinding staan en onderdeel zijn van één regelsysteem in de hersenen. De basale ganglia zijn onder meer betrokken bij het controleren van bewegingen, motivatie en beloning. Hier zijn afgebeeld globus pallidus, nucleus caudatus, putamen, subthalamus en substantia nigra.
Hippocampus	belangrijk voor de opslag van informatie in het geheugen en de ruimtelijke oriëntatie.		
Amygdala	betrokken bij het verwerken van verschillende emoties, maakt deel uit van het limbisch systeem.		

Voorwoord

‘DE JEUGD van Tegenwoordig’ is naast een bekende Nederlandse rapgroep ook een uitdrukking die vaak negatief gebruikt wordt. “De jeugd van tegenwoordig is alleen maar met sociale media bezig, luistert niet naar leraren, en gedraagt zich asociaal op straat”. Dit zijn uitspraken die zo in 2018 gezegd zouden kunnen zijn. Toch is dit soort gedrag van jongeren van alle tijden. De filosoof Socrates deed 2500 jaar geleden al vergelijkbare uitspraken: “De jeugd heeft tegenwoordig slechte manieren, minachting voor gezag en geen eerbied voor ouderen.” Blijkbaar is er iets met het gedrag van jongeren, waardoor het door ouderen als opstandig gezien wordt.

We kunnen meer te weten komen over opstandig gedrag bij jongeren door ons te verdiepen in het verloop van hun hersenontwikkeling. Voor de komst van de huidige hersencantechnieken werd aangenomen dat het brein rond het 10de levensjaar uit ontwikkeld was. Nu weten we dat de hersenen zich nog zeker 10 jaar langer blijven ontwikkelen. Inlevingsvermogen en zelfcontrole bijvoorbeeld, zijn vaardigheden die zich juist tijdens de adolescentie (gemiddeld genomen van 10 tot 22/23 jaar) ontwikkelen. Biologische ontwikkeling kan dus mede verklaren waarom een tiener liever op haar of zijn mobiel met een vriendin Whatsappt dan oplet wat de leraar zegt.

Wie waagt die wint

Zoals al eeuwenlang is beschreven is de adolescentie een fase waarin jongeren veel risico’s nemen en



nieuwe, soms onverstandige, dingen uitproberen. Ze lijken zelfs grotere risico’s te nemen in een situatie waarbij leeftijdsgenoten betrokken zijn, zoals op een feestje van een klasgenoot, dan wanneer dit niet het geval is, zoals op de verjaardag van oma. Dit kan komen door hormonale veranderingen die ervoor zorgen dat de ‘motivatie’-hersengebieden sterker gedreven worden door sociale status. Dit betekent dat wanneer een jongere denkt dat zijn sociale status hoger wordt als hij iets gewaagds doet, de jongere dit sneller zal doen dan een volwassene in dezelfde situatie.

Volwassenen zien het gedrag van jongeren vaak als onnodig risicovol. De adolescentie is inderdaad een kwetsbare periode, waarin het risico op keuzes die leiden tot negatief gedrag groter is. Door deze kwetsbaarheid en de drang naar sociale status is het ook de periode waarin ernstigere problemen kunnen ontstaan, zoals middelenmisbruik, crimineel gedrag, depressie en angststoornissen. Het is daarom extra belangrijk jongeren emotioneel te steunen en hun risicovolle of onbezonnen keuzes niet af te doen als dom gedrag waar alleen maar straf op staat. Uit hersenonderzoek blijkt

Naast risico's ontstaan in de adolescentie vooral kansen

bijvoorbeeld dat jongeren gevoeliger zijn voor beloning en minder gevoelig voor straf vergeleken met andere leeftijdsgroepen. Een goede begeleiding, voorlichting over de risico's en beloning van gewenst gedrag blijft waarschijnlijk beter hangen dan huisarrest of een maand geen zakgeld.

Meebewegen

De uitdaging van elk tijdsgewricht is niet zozeer het 'in toom' houden van jongeren, als wel het herkennen en begeleiden van het huidige risicogedrag. Tijdens Socrates' leven was het onbeleefd om als jongere te 'kletsen in gezelschap', laat staan een mening te geven. In de huidige westerse maatschappij is dat niet meer goed voor te stellen.

In de huidige tijd ligt bijvoorbeeld risico op de loer bij onvoorzichtig gebruik van sociale media, of afleiding veroorzaakt door mobiele telefoons. Welke consequenties dat heeft is ook voor volwassenen lastig in te zien. Omdat er geen ervaring mee is, is er ook nog geen gerichte voorlichting. Hierdoor zijn er bijvoorbeeld nog geen duidelijke regels voor telefoongebruik op school en worden jongeren geconfronteerd met beslissingen waarvan de gevolgen moeilijk te overzien zijn, zoals bij sexting of het meedoen aan 'internet challenges'. De keuzes die jongeren maken en de neurobiologische drijfveren zijn nog steeds hetzelfde als 2500 jaar geleden, alleen de context is anders.

Kansen ontdekken

Ondanks het risicogedrag en de emotionele werelwind is de adolescentie voor de meeste jongeren een tijd waarin ze ontdekken welke talenten ze

hebben, wat hun passies zijn en waarin vrienden steeds belangrijker worden. Hetzelfde mechanisme dat jongeren kwetsbaar maakt, stelt hen ook in staat mogelijkheden te zien, creatief te zijn en anderen te helpen. Juist omdat ze op ontdekkingstocht gaan en sociaal ingesteld zijn. Door sociale media wordt hun wereld veel groter en beseffen ze dat er mensen zijn die het even zwaar hebben als zij, of juist dat er mensen zijn die het veel zwaarder hebben, wat bijdraagt aan sociale bewustwording. Naast risico's ontstaan er in deze onstuimige periode vooral kansen.

In dit cahier willen we graag meegeven dat we jongeren niet enkel moeten zien als opstandig en onstuimig, maar ook als passievol en creatief. Jongeren vormen de toekomst van de maatschappij. Ze hebben onze steun hard nodig, niet alleen bij het nemen van beslissingen, maar ook bij het ontplooiën van hun talenten. Kennis over de hersenontwikkeling en het bijbehorende gedrag van jongeren maakt dat we beter kunnen bepalen welke vormen van steun en voorlichting het beste bij deze periode passen. De verhalen in dit cahier zijn niet alleen interessant leesmateriaal over de huidige kennis van breinontwikkeling, maar wellicht ook een verfrissende duik in de belevingswereld van de jeugd van tegenwoordig.

Eveline Crone

Hoogleraar neurocognitieve ontwikkelingspsychologie aan de Universiteit Leiden

In samenwerking met Annelinde Vandenbroucke (NeurolabNL).

Die weke, crème-grauwe massa is het zenuwcentrum van de mens. Het stuurt alle processen aan, van ademen tot ingewikkelde salto's, van denken tot voelen, van slaap tot bewustzijn.



De ontwikkeling van een brein

Bij de geboorte zijn bijna al onze zenuwcellen al aanwezig, maar het brein is dan nog lang niet klaar. Direct na de geboorte vindt een enorme groei-explosie plaats. Zenuwcellen vormen miljarden korte en lange uitlopers die verbindingen vormen. Dit is de basis voor het vastleggen van nieuwe vaardigheden, kennis en ervaringen. Een deel van die verbindingen verdwijnt weer wanneer ze niet gebruikt worden. Dit proces is afhankelijk van de omgeving waarin iemand opgroeit. Deze ontwikkeling of rijping van de hersenen gaat door tot gemiddeld 22 jaar. Maar hoe gaat de hersenontwikkeling precies in zijn werk? Zijn er kritische perioden voor het leren van bijvoorbeeld taal of zien? En hoe zijn onze hersenen eigenlijk opgebouwd?

De basis: hersencellen, grijze en witte stof

■ DR. LEX WIJNROKS

DE HERSENEN bestaan uit twee type cellen: zenuwcellen en gliacellen. Zenuwcellen ofwel neuronen zijn in een aantal opzichten bijzondere cellen. Op de eerste plaats hebben neuronen in vergelijking met de andere cellen in ons lichaam een afwijkende vorm. Een neuron bestaat uit een cellichaam met korte vertakkingen, de dendrieten, waarmee het neuron in staat is signalen te ontvangen. Ook heeft elk neuron een lange uitloper, het axon, waarmee het

signalen kan doorsturen naar andere neuronen, klieren, organen of spieren. Het axon is een soort lange draad die zich aan het eind splitst in tientallen vertakkingen waarmee het verbindingen kan leggen met andere cellen. Zo'n verbinding wordt een synaps genoemd.

Grijze stof

Elk neuron kan duizenden synaptische verbindingen hebben met andere neuronen. Omdat het volwassen brein uit ongeveer 86 miljard neuronen bestaat, is het totale netwerk aan synaptische verbindingen gigantisch (ongeveer 10.000 x 86.000.000.000). De cellichamen en de dendrieten bevinden zich voornamelijk in de buitenste laag

van de hersenen, de neocortex en in een aantal ker-
nen diep in de hersenen. Zij vormen vanwege hun
donkere kleur de grijze stof van de hersenen.

Gliacellen

De gliacellen ondersteunen de neuronen in hun
activiteit. Sommige gliacellen zorgen dat neuronen
voldoende voedingsstoffen krijgen, andere gliacel-
len ruimen de afvalproducten op van de neuronen
of verwijderen afgestorven neuronen. Er zijn ook
gliacellen die rondom het axon een vetachtig laagje
(myeline) leggen. Het myeline laagje zorgt er voor
dat de snelheid van het signaal met een factor 100
verhoogd wordt. Het heeft een lichte kleur, ofwel
de witte stof van de hersenen bestaat uit axonen
die gemyeliniseerd zijn.

Witte stof

Myelinisatie start tussen de 13de en 18de week van
de zwangerschap. Aan het eind van de zwanger-
schap zijn alle lange axonen van myeline voorzien,

maar deze laag is nog dun. Dit verandert heel snel
in de eerste paar levensjaren; de meeste axonen
zijn dan volledig gemyeliniseerd. Op hersenscans
is dit zichtbaar door een toename van de witte stof.
De toename van de hoeveelheid witte stof is niet
alleen het gevolg van myelinisatie, maar ook van
het dikker worden van de axonen. Dit laatste pro-
ces gaat nog vele jaren door, bereikt een maximum
na 40 jaar en neemt daarna pas af. De ontwikke-
ling van witte stof is afhankelijk van genetische
factoren en gevoelig voor omgevingsinvloeden
(voeding, stress, en leren), zowel tijdens de zwan-
gerschap als na de geboorte. Het is daarom ook een
plastisch proces.

Plasticiteit

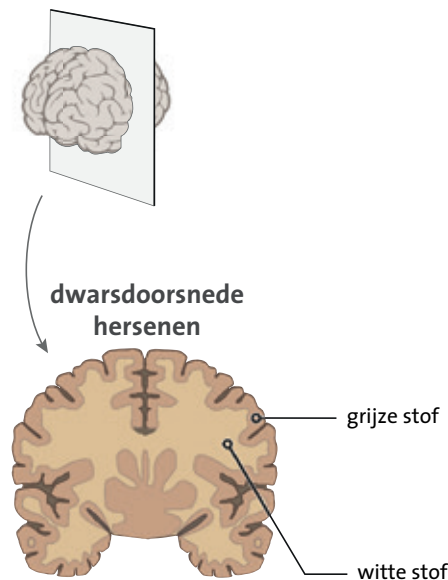
Bijzonder aan neuronen is dat zij plastisch zijn. Dat
betekent dat zij gedurende het hele leven van vorm
kunnen veranderen. Zij zijn in staat dendriten en
synaptische verbindingen terug te trekken en weer
nieuwe te laten aangroeien. Of neuronen verande-
ren hangt af van de ervaringen die iemand opdoet
en wat iemand leert. Hoe hoger de plasticiteit, des
te gemakkelijker passen de neuronen zich aan.
Dat geldt voor positieve maar ook voor negatieve
ervaringen.

Neuroplasticiteit is het grootst tussen het
tweede en vijfde levensjaar en neemt daarna geleid-
delijk af, maar verdwijnt nooit. De hersengebieden
die zich het laatst ontwikkelen blijven ook het
langst plastisch. Dat geldt vooral voor het voorste
deel van de hersenen, de prefrontale cortex.

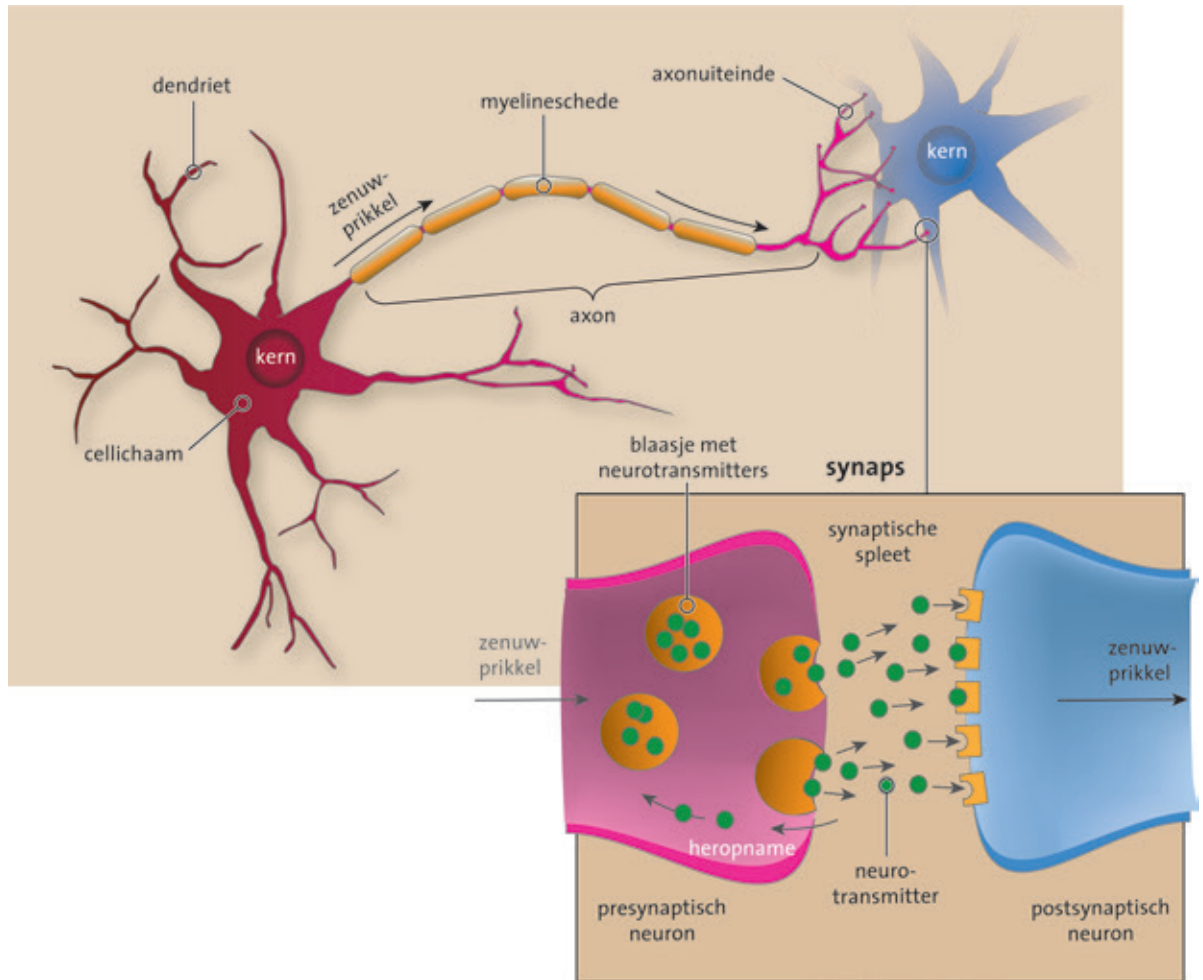
Aanleg zenuwstelsel

Drie weken na de conceptie begint de ontwikke-
ling van het zenuwstelsel. In de weken daarna tot
de 7de week van de zwangerschap worden door
een proces van celdeling nieuwe neuronen in een
tempo van ruim 250.000 per minuut geprodu-
ceerd. Deze neuronen ontwikkelen zich in een spe-
cifieke cellaag, maar blijven daar niet. Zij migreren

Witte en grijze stof. Voordat
de MRI-scans bestonden,
spraken hersenonderzoekers
al van grijze massa. Wanneer
je namelijk de hersenen van
een overledene doorsnijdt,
ziet grijze materie er
inderdaad grijs uit (in
levende hersenen is dat
roze), en witte materie wit.



Een zenuwcel of neuron bestaat uit een cellichaam met korte uitlopers, de dendrieten, en één lange uitloper: het axon. Dendrieten en axonen maken verbindingen via een synaptische ruimte. Hierin zorgen neurotransmitters, die vrijkomen uit blaasjes, voor de signaaloverdracht. Zo vormen neuronen complexe netwerken en kunnen ze met elkaar communiceren. De myelineschede rond het axon biedt isolatie, bescherming, en zorgt ervoor dat signalen alleen aan de uiteinden op een ander neuron kunnen overspringen.



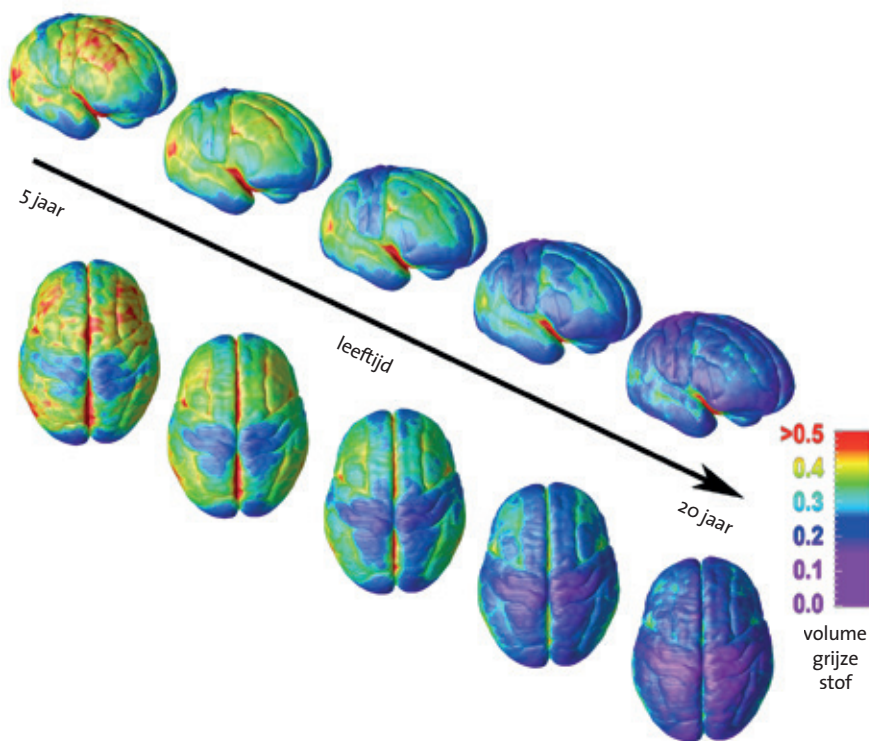
naar andere delen van het jonge zenuwstelsel, waar de verschillende hersendelen en het ruggenmerg ontstaan. Tijdens het migratieproces krijgen deze jonge neuronen hun typische vorm. Zodra de neuronen hun doelbestemming bereikt hebben leggen zij synaptische verbindingen met andere neuronen, organen of spieren.

Communiceren

Een elektrochemisch proces zorgt er voor dat neuronen met elkaar kunnen communiceren. Als een neuron signalen ontvangt kan in het cellichaam

een elektrische stroom ontstaan die via het axon uitkomt aan het eind van het axon. Deze elektrische stroom wordt een actiepotentiaal genoemd. We zeggen dat het neuron 'vuurt'.

Neuronen produceren chemische stoffen, de neurotransmitters, die in kleine blaasjes verpakt zitten en heen en weer vervoerd worden door het axon. Neuronen raken elkaar niet, maar tussen het uiteinde van het axon en een dendriet van een volgend neuron zit een hele kleine ruimte. Een actiepotentiaal zorgt ervoor dat neurotransmitters vrijkomen in deze ruimte. De neurotransmitters



Hersenerijping van 5 tot 20 jaar. Door het groei- en snoeiproces verandert de hoeveelheid grijze stof. Hoe paarser, hoe minder grijze stof op deze plek in de hersenen aanwezig is.

hechten zich aan het oppervlak van de dendriet van het andere neuron waarmee het een synaps vormt. Het oppervlak bestaat uit kleine holtes, de receptoren, waar de neurotransmitters precies inpassen. Voor elk type neurotransmitter is er een passende receptor.

Hoewel er vele typen neurotransmitters bestaan, hebben ze meestal een activerende of een remmende werking. Activerend betekent dat de kans vergroot is dat het signaal wordt doorgestuurd en remmend wil zeggen dat het waarschijnlijk geblokkeerd wordt. Neuronen worden geactiveerd door binnenkomende signalen, zoals visuele, auditieve, en tactiele prikkels. Maar remmende effecten zijn ook belangrijk omdat daarmee voorkomen wordt dat bijvoorbeeld op elke prikkel gereageerd wordt.

Groeien en snoeien

Het leggen van succesvolle verbindingen is essentieel voor de overleving van een neuron. Neuronen maken met hun axon verbindingen met neuronen die vlak bij zijn, maar sommige maken ook contacten met de neuronen in hersengebieden die veel verder weg liggen. Dit soort axonen vormen lange bundels die de hersengebieden in staat stellen met elkaar te communiceren.

Direct na de geboorte ontstaat een ware explosie van synaptische verbindingen, omdat neuronen meer dendrietten en axonvertakkingen gaan vormen. In het begin zijn deze verbindingen nog zwak, maar wanneer zij steeds opnieuw geactiveerd worden, zullen zij in sterkte toenemen. Verbindingen die niet gebruikt worden, trekken zich terug. Dat laatste proces wordt ook wel synapseliminatie of *pruning* (letterlijk 'snoeien') genoemd. Dit groei-en-snoeiproces van synaptische verbindingen is een normaal ontwikkelingsproces en gebeurt in ieder hersengebied op een ander moment. Op hersenscans is dat zichtbaar door een toename van de hoeveelheid grijze stof gedurende de eerste levensjaren, met een piek in de kindertijd en een afname tijdens de adolescentie. Het snoeiproces zorgt er voor dat de hersenen steeds efficiënter informatie verwerken, minder energie vragen en dat bepaalde hersengebieden zich specialiseren.

In de hersengebieden die prikkels ontvangen van de zintuigen of informatie doorsturen naar de spieren voltrekt dat groei-snoeiproces zich in de eerste levensjaren. In de hersengebieden die informatie integreren, de associatiegebieden, gebeurt dat later. Het laatste gebied dat aan de beurt is, is de prefrontale cortex. Dit hersengebied stelt ons in staat om plannen te maken en uit te voeren en om verleidingen te weerstaan. Omdat dit gebied zich in de adolescentie nog verder ontwikkelt en pas volledig rijp is rond het vijfentwintigste levensjaar, blijft het nog lang gevoelig voor omgevingsinvloeden.



We gebruiken maar 10% van onze hersenen

De oorsprong van het idee dat we slechts een fractie van onze hersenen gebruiken gaat terug tot de eerste actieve hersenstudies in de jaren 1930. In die tijd was de meetapparatuur nog niet heel gevoelig en waren er 'stille' hersengebieden te zien. Dit gaf de indruk dat het brein slechts gedeeltelijk werd gebruikt. Moderne hersenscans die alleen de actieve gebieden bij een bepaalde taak gekleurd laten zien, houden deze mythe deels in stand. De kleuring op deze scans laat gebieden zien die een hogere activiteit vertonen in vergelijking met de rest van de hersenen. Dat betekent niet dat de rest van de hersenen niet actief is. Deze technieken laten dan ook zien dat we op elk moment een groot aantal onderling verbonden gebieden van beide hersenhelften gebruiken. We gebruiken continu ons hele brein, zelfs tijdens de meest basale activiteiten en zelfs tijdens het slapen. Plak dus gerust een nul achter de 10: we gebruiken onze hersenen voor de volle 100%.

Tussen het 10de en 15de levensjaar is het hersenvolume het grootst

De basis: hersenstructuren en -functies

■ DR. LEX WIJNROKS

DE HERSENEN van een pasgeboren baby lijken qua structuur precies op onze eigen hersenen. Alle grote structuren, zoals de grote hersenen, de hersenstam en de kleine hersenen, zijn aangelegd. Het volume van de hersenen van een pasgeborene is pas een derde van dat van een volwassene, maar neemt heel snel toe. Rond het zesde jaar is dit al zo'n 90%. Deze toename wordt veroorzaakt door de groei van de dendrieten en axonen van de neuronen, de toename van het aantal gliacellen, het groter worden van de met hersenvocht gevulde holtes in de hersenen, en de toename van de witte stof. Tussen het 10de en 15de levensjaar is het hersenvolume het grootst. In de adolescentie neemt het hersenvolume echter af tot aan de jonge volwassenheid. Daarna lijkt het volume zich te stabiliseren tot ongeveer 40 jaar om daarna weer verder af te nemen.

Waarnemen

Direct na de geboorte hebben enkele hersengebieden al een specifieke functie. De hersengebieden die informatie van de zintuigen ontvangen en verder verwerken, zoals bijvoorbeeld de thalamus en de primaire visuele en auditieve cortex, zijn bij de geboorte al functioneel, maar nog niet volledig ontwikkeld. Binnen een jaar kan een baby hetzelfde waarnemen als een volwassene.

Bewegen

Tijdens de zwangerschap worden bewegingen, zoals slikken en arm- en beenbewegingen, veroorzaakt door spontane activiteit van neuronen die zich in de hersenstam en ruggenmerg bevinden. Spontaan wil zeggen dat de neuronen niet door prikkels van buitenaf geactiveerd zijn. Deze nog

Hersenonderzoek

Bij onderzoek naar de ontwikkeling van de hersenen kan de structuur van de hersenen bekeken worden met een Magnetic Resonance Imaging (MRI) scanner. Daarmee wordt de structuur en het volume van de grijze en witte stof zichtbaar. Het is ook mogelijk de activiteit in de hersenen te meten terwijl iemand een taak uitvoert. Dit heet functionele MRI (fMRI). fMRI meet veranderingen in het zuurstofgehalte in de bloedvaten in het brein. Hoe meer zuurstof in een gebied aanwezig is, hoe actiever dat gebied is.

- MRI – een momentopname van het brein; hoge resolutie (1 mm), één 3D foto, geeft structuur/ anatomie zeer gedetailleerd weer.

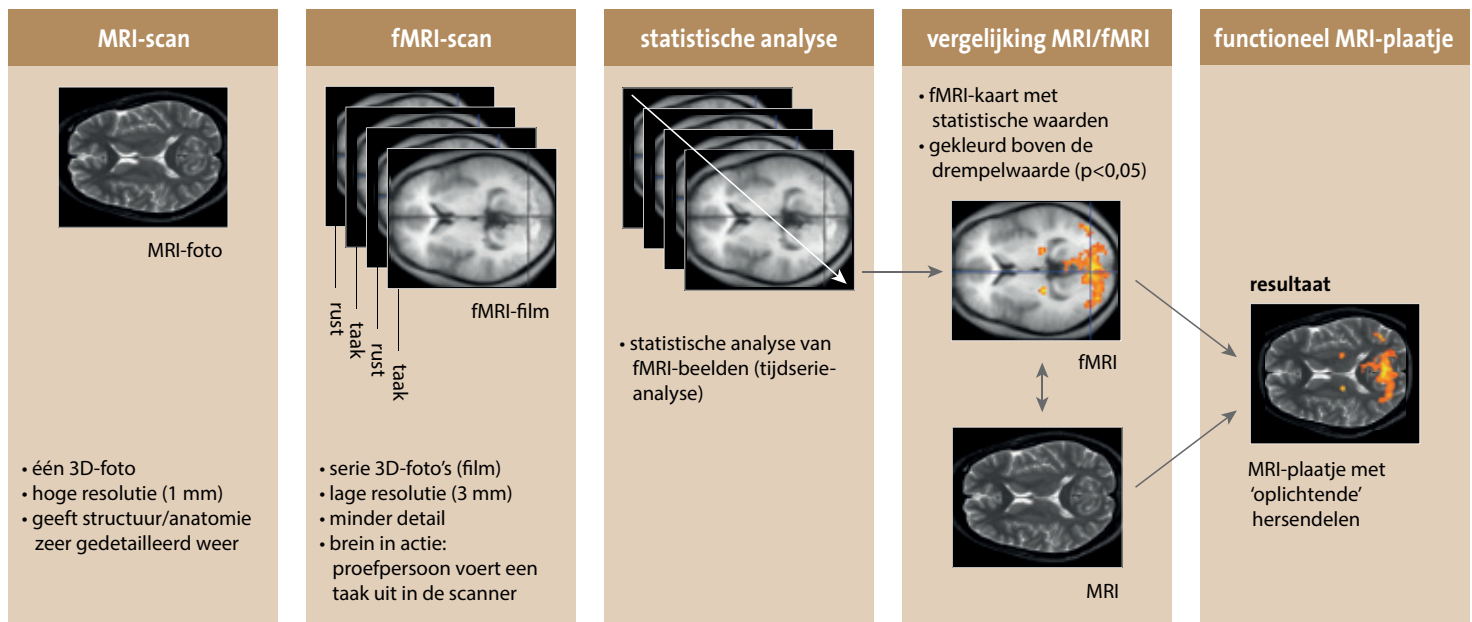
- fMRI – foto's (elke paar seconden een foto) van het brein in actie tijdens een taak. Hersenscans tijdens de taak worden vergeleken met scans tijdens een controletaak of rust. Hersenactiviteit is dus altijd relatief en laat een verschil zien. Als dat verschil groter is dan een bepaalde drempelwaarde wordt dit weergegeven als gekleurde gebieden op de hersenscan. Dit heeft een resolutie van een paar mm, maar een lage tijds-resolutie, bijvoorbeeld: elke 2 seconden gedurende 5 min.

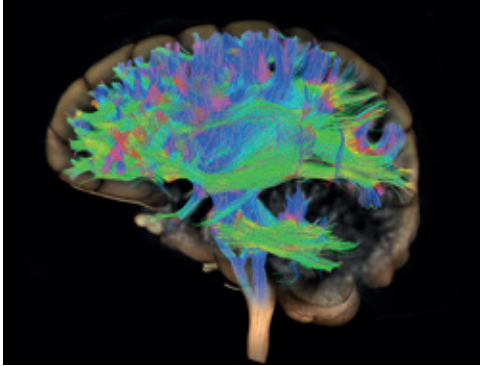
Wanneer iemand in de MRI-scanner ligt en een taak uitvoert, is niet direct te zien welke gebieden actief zijn. Daarvoor moet eerst een uitgebreide analyse op de data uitgevoerd worden. Welke gebieden actief zijn tijdens



Magnetic Resonance Imaging (MRI) apparaat

het verwerken van een stimulus en het doen van een bepaalde taak, wordt dus pas na afloop van het experiment duidelijk en wordt bekeken op groepsniveau (het gemiddelde van alle deelnemers).





DTI imaging maakt alle zenuwbanen zichtbaar.

De communicatie-routes van het brein

Het is ook mogelijk om alleen de zenuwbanen in beeld te brengen met DTI: diffusie-tensor imaging. Dit is een MRI-techniek die de diffusiepatronen van watermoleculen in beeld brengt. Watermoleculen kunnen in principe vrij rond bewegen, maar binnen een zenuwbaan wordt die bewegingsvrijheid beperkt. De watermoleculen stromen daardoor voornamelijk in de richting van de verbindingen. Deze richtingen kunnen worden vastgelegd, en aan de hand hiervan wordt geanalyseerd hoe de witte stofbanen in de hersenen lopen.

Hersen- gebieden specialiseren zich op bepaalde functies

weinig gevarieerde bewegingen zijn noodzakelijk voor de ontwikkeling van het zenuwstelsel. Vlak voor de geboorte is de variatie in de bewegingen met een hoge overlevingswaarde zoals zuigen en slikken al meer verfijnd en dat helpt de baby om direct na de geboorte te drinken uit de borst of een fles. Vanaf ongeveer drie tot vier maanden na de geboorte is de baby in staat, door veel uit te proberen de bewegingen al meer te sturen. Deze verandering draagt bij aan de ontwikkeling van exploratie en spraak. Tussen 12 en 18 maanden zullen de meeste kinderen de mijlpalen van zelfstandig lopen, het gebruik van de pincetgreep en de eerste woorden bereiken. Daarna duurt het nog vele jaren voordat een kind – door te exploreren en ervaringen op te doen, en dankzij veranderingen in het zich ontwikkelende brein – in staat is om vloeiend te spreken, een bal te gooien en te vangen en te fietsen zonder om te vallen.

Integratie en specialisatie

De associatiegebieden, die informatie uit andere delen van de hersenen integreren, rijpen veel later. Hoewel deze hersengebieden bij de geboorte meestal nog geen specifieke functie hebben, lijken zij wel meer geschikt om een bepaald type informatie verder te verwerken dan andere gebieden. Een voorbeeld is de linkerhersen helft die zich bij een meerderheid van de kinderen ontwikkelt als het hersengebied dat taal verwerkt. De rechterhersen helft specialiseert zich in de verwerking van sociale prikkels, zoals de waarneming van gezichten en intentionele handelingen bij anderen. Deze vorm van specialisatie in de ontwikkeling (lateralisatie) is niet absoluut, omdat beide hersenhelften betrokken zijn bij de verwerking van elk type sensorische informatie.

Kleine en grote netwerken

De hersenen bestaan uit een groot aantal kleinere en grotere hersengebieden die elk een eigen struc-

tuur en functie hebben. Jarenlang hebben onderzoekers geprobeerd te achterhalen wat de functie is van elk hersengebied. De laatste jaren zijn wetenschappers gaan inzien dat hersengebieden voornamelijk deel uitmaken van netwerken.

Een netwerk bestaat uit hersengebieden die met elkaar communiceren, omdat ze met elkaar verbonden zijn (= structureel) en tegelijkertijd actief zijn (= functioneel). Hersengebieden vormen samen kleinere netwerken waarin elk gebied zijn eigen rol heeft. Het netwerk van gebieden is gezamenlijk verantwoordelijk voor een specifieke functie, zoals het waarnemen van gezichten of het begrijpen van taal.

De kleine netwerken maken weer deel uit van grootschalige netwerken. Welk grootschalig netwerk actief is, hangt af van wat iemand op dat moment doet. Bijvoorbeeld wanneer een persoon iets interessants waarneemt, is een ander grootschalig netwerk actief, dan wanneer iemand bezig is om heel doelgericht iets uit te voeren, of zomaar wat zit te mijmeren.

De grote en kleine netwerken zijn al vanaf de geboorte aangelegd, maar worden naarmate een kind ouder wordt steeds verfijnder. Dit soort aanpassingen zijn afhankelijk van rijping, hormonen en omgevingsinvloeden zoals ervaringen. Veel onderzoekers nemen aan dat in de adolescentie het netwerk dat zorgt voor de controle over het gedrag en emoties nog niet ver genoeg ontwikkeld is om de sterk toegenomen interesses in nieuwe en spannende dingen goed te reguleren.

Een foetus
maakt soms
wel 250.000
nieuwe
hersencellen
per minuut
aan!

Ontwikkeling van babybrein tot kinderbrein

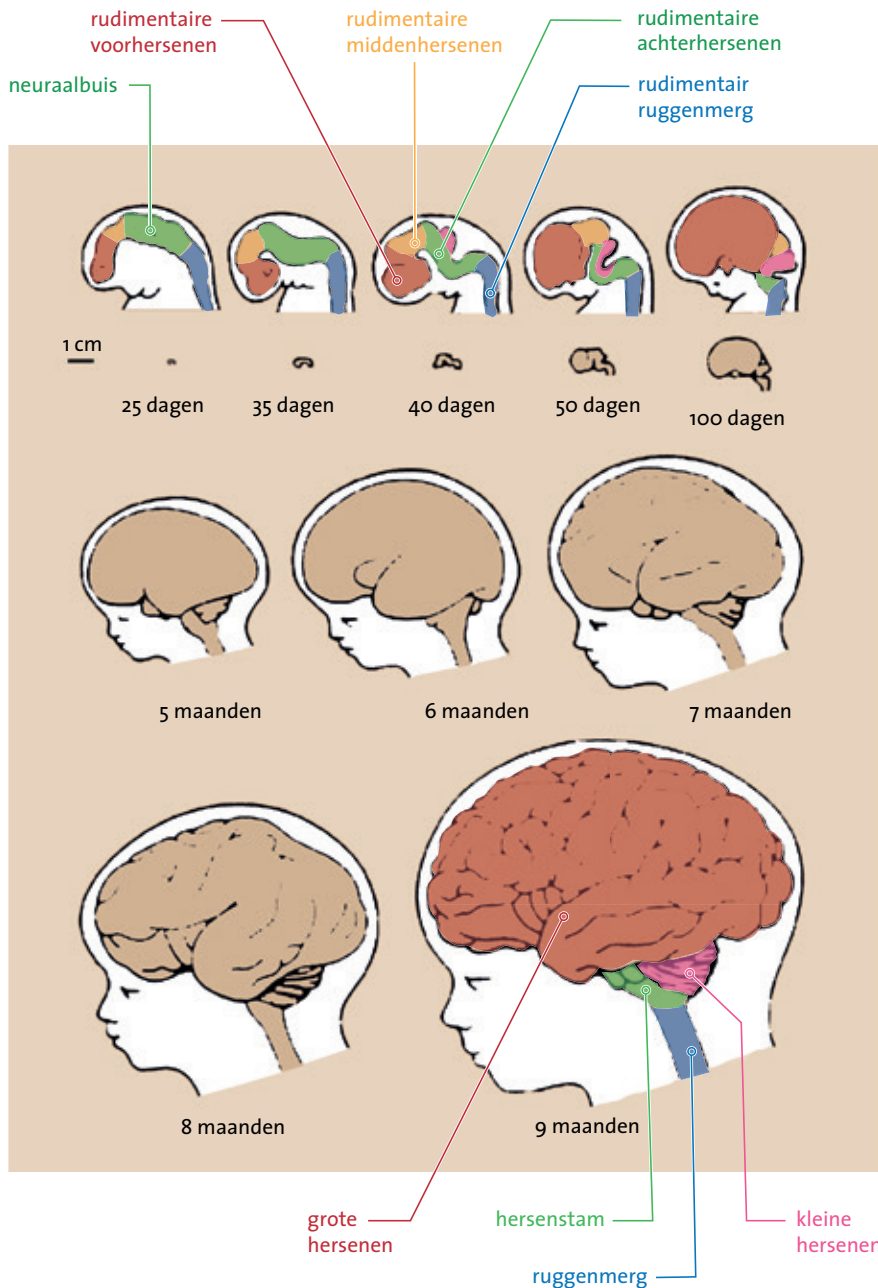
■ DR. JANNY STAPEL EN PROF. DR. SABINE HUNNIUS

DE HERSENEN zijn letterlijk het zenuwcentrum van de mens. Van heel eenvoudige taken als ademhalen tot heel complexe taken als een salto aan de rekstok, alle aansturing gebeurt vanuit de hersenen. Net als alle andere lichaamsdelen groeit ook het brein sterk tijdens de kindertijd. Bij een pasgeboren baby weegt het brein nog maar ongeveer 400 gram, terwijl dit bij een volwassene 1400 gram is. De grootste veranderingen vinden tijdens de eerst twee levensjaren plaats. Zo wegen de hersenen van een éénjarige al 1000 gram. Toch neemt het aantal zenuwcellen in de hersenen, ook wel neuronen genoemd, nauwelijks toe tijdens een mensenleven. De toename in gewicht van de hersenen na de geboorte komt met name door de aanwas in *verbindingen* tussen de neuronen.

In de baarmoeder

De ontwikkeling van de hersenen start al vlak na de conceptie. Als het embryo nog maar drie tot vier weken oud is, ontstaat de neurale buis. De ene kant van de neurale buis zal uitgroeien tot het ruggenmerg, en de andere kant van de buis zal zich ontwikkelen tot de hersenen. Al in die vierde week van de zwangerschap ontstaan er duidelijk twee hersenhelften, de linker- en de rechterhersenhelft. Ook de eerste neuronen vormen zich al vroeg tijdens de zwangerschap. Met name in de eerste drie maanden worden in hoog tempo nieuwe neuronen aangemaakt: op een bepaald moment komen er wel 250.000 hersencellen per minuut bij! Als de baby geboren wordt, zijn nagenoeg alle neuronen reeds gevormd voor de rest van het leven.

Omdat de hersenen zo sterk in ontwikkeling zijn, is het belangrijk om schadelijke stoffen zoveel



De vorming van de hersenen in de baarmoeder: van neurale buis tot babybrein.

mogelijk weg te houden bij de ongeboren baby. Roken, alcohol, drugs, medicijnen en andere stoffen kunnen schade toe brengen aan de hersenen. Voor een gezond ontwikkeld babybrein is het belangrijk dat een zwangere vrouw verantwoord eet en dus alle nodige bouwstoffen binnenkrijgt. Daarnaast is het belangrijk om aan het begin van de zwangerschap extra foliumzuur te slikken om de kans op afwijkingen aan de neurale buis te verkleinen. Afwijkingen kunnen zich onder meer uiten als een open ruggetje of hazenlip.

Babytijd

Hoewel nagenoeg alle neuronen al tijdens de zwangerschap zijn gevormd, is het brein nog lang niet klaar op het moment dat een baby geboren wordt. Het brein functioneert primair door het genereren en versturen van signalen, bijvoorbeeld naar de spieren, en het ontvangen van signalen van bijvoorbeeld de zintuigen. Ook tussen de verschillende hersengebieden worden voortdurend signalen heen en weer gestuurd.

Voor die communicatie zijn verbindingen tussen de hersencellen cruciaal. Het grootste deel van die verbindingen, zo'n 80%, wordt pas na de geboorte aangelegd. Hierbij ontstaan de verbindingen eerst willekeurig en in overvloed. Er worden meer verbindingen gevormd dan nodig zijn en daardoor is het brein op veel verschillende situaties en omgevingen voorbereid. Afhankelijk van de omgeving waarin de persoon opgroeit, kan er dan een deel van de verbindingen als overmatig worden beschouwd. Op deze manier kan het brein flexibel worden aangepast aan de omgeving van het individu.

Alleen de verbindingen die veelvuldig worden benut, blijven behouden, terwijl verbindingen die niet gebruikt worden, weer verdwijnen. Dit betekent ook dat de hersenen zich anders ontwikkelen in een gevarieerde omgeving dan in een eentonige omgeving. Onderzoek met jonge ratten toont dit

De signaal- overdracht in de groeiende hersenen wordt steeds efficiënter

aan. In dit onderzoek groeide een groep ratjes op in een grote kooi met veel speelgoed en soortgenootjes en een andere groep in een prikkelarme kooi zonder soortgenootjes of speelgoed. De jonge ratjes uit de omgeving met veel prikkels legden betere en meer hersenverbindingen aan dan hun soortgenoten uit de prikkelarme omgeving.

De communicatie tussen de neuronen wordt niet alleen beter doordat de noodzakelijke verbindingen tussen de neuronen tot stand komen, maar ook doordat de signaaloverdracht efficiënter wordt. Signalen tussen hersencellen en hersengebieden worden overgebracht door kleine elektrische impulsen. In de pasgeborene lekt een deel van deze elektrische impulsen weg naar het omliggend weefsel doordat de axonen, de lange uitlopers van de zenuwcellen, nog niet goed geïsoleerd zijn. In het eerste levensjaar vormt zich een isolerend laagje rond de axonen bestaande uit een witte, vette laag die myeline wordt genoemd. Hierdoor verloopt de informatie-uitwisseling in de hersenen steeds efficiënter.

Kindertijd

Terwijl in de babytijd het aantal verbindingen snel toeneemt, neemt in de peuter- en kindertijd het aantal verbindingen juist af. Zo sterft een deel van de vertakkingen, de synapsen en ook de hersencellen zelf af. Dit klinkt wellicht alarmerend, maar in feite is de afname in verbindingen en cellen goed nieuws. In de babytijd is namelijk een overschot aan verbindingen gevormd, en dat maakt het netwerk inefficiënt.

Welke cellen en verbindingen behouden worden, hangt af van de neuronale activiteit. Zo blijven met name de nuttige cellen en verbindingen in stand. Meer en meer worden bestaande verbindingen voorzien van een laagje myeline. Deze veranderingen zijn ook terug te zien op MRI-beelden. MRI-beelden zijn doorgaans zwart-wit, en hersencellen zien er op deze beelden grijs uit. We

spreken ook wel van de grijze massa. Het volume van deze grijze massa piekt rond het vierde jaar en neemt daarna weer af. De witte stof, bestaande uit de gemyeliniseerde verbindingen, neemt echter gestaag toe. Het eindresultaat van beide processen – afname van grijze stof en toename van witte stof – is een langzame groei in volume en gewicht. De veranderingen in de hersenen verlopen in de kindertijd op een rustiger tempo dan in de baarmoeder en de eerste twee levensjaren.

Hersenen in ontwikkeling

■ PROF. DR. HARRY UYLINGS

BIJNA ALLE neuronen van de grote hersenen ontstaan voor de geboorte. Slechts in een klein deel, onder andere in de hippocampus, worden tot zelfs in de volwassenheid neuronenvorming gevormd. In het begin is er geen verschil tussen jongens en meisjes zichtbaar. Vanaf ongeveer vier jaar zijn de hersenen van jongens gemiddeld iets groter, in het begin circa 10 gram oplopend tot 150 gram. Het hersengewicht varieert tussen jongens en meisjes onderling zeer, wel 30%, dus groter dan het gemiddelde verschil tussen jongens en meisjes. Dit betekent dat er een grote overlap in hersengewicht is tussen jongens en meisjes. Het verschil tussen jongens en meisjes is later vanaf ongeveer 13 jaar ook in de lengtegroei van het lichaam zichtbaar.

Uitgroei van dendrieten

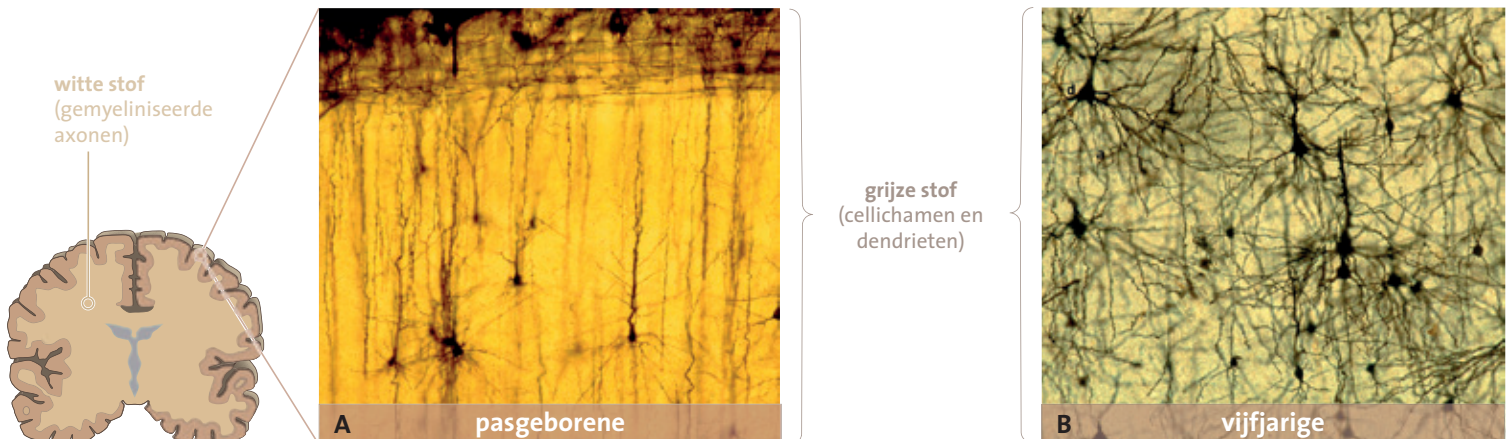
De schors van de grote hersenen bestaat uit neuronenvorming met hun uitlopers (axon en dendrieten), steuncellen (gliacellen) en bloedvaten. Het grootste deel van het volume van de hersenschors bestaat

uit dendrieten. Deze ontvangen de signalen van axonen van andere neuronenvorming en zenden die door naar het eigen cellichaam. Microscopische studies laten zien dat de uitgroei van dendrieten vooral plaatsvindt na de geboorte tot ongeveer vier jaar. Dit betreft zowel een toename in aantal vertakkingen als lengtegroei van de uitlopers. Na het vierde jaar blijven de dendrieten grotendeels in lengte gelijk. Dat de ontwikkeling van de grootte van de hersenschors vooral in de eerste vier levensjaren gebeurt bevestigen ook MRI-studies.

Spines en synapsen

Na de sterke uitgroei van dendrieten in de hersenschors in de eerste vier jaar, moeten veel functies zich verder ontwikkelen. Zowel de motorische, de sensorische als de mentale ontwikkeling zijn dan nog lang niet klaar. Neurale netwerken worden verder gevormd vooral door de uitgroei van axonen, die verbindingen maken met de dendrieten van andere neuronenvorming. De contactpunten tussen de axonen en dendrieten, de synapsen, zitten vooral op de toppen van haarvormige uitstulpingen van dendrieten: de spines. De aanleg van een overvloed aan synapsen wordt weer gevolgd door een afname vanaf ongeveer het zevende jaar om

Uitgroei van dendrieten in de hersenschors van geboorte tot 5 jaar.
A. Neuronen met dendrieten van een pasgeborene. Een paar procent van de neuronenvorming is maar gekleurd waardoor de dendrieten goed te onderscheiden zijn.
B. Neuronen met dendrieten van een vijfjarige. De vergroting in A en B is ongeveer gelijk.



Volwassen hersenen bevatten biljarden synapsen

functionele verbindingen efficiënter te maken. Verbindingen die niet of nauwelijks gebruikt worden vallen weg. Een soort 'survival of the fittest'.

Deze groeiwijze is evolutionair gezien begrijpelijk, omdat een precieze programmering van elke synaps via onze genen ondoenlijk is: volwassen hersenen bevatten biljarden synapsen. Een globale schatting voor het aantal synapsen in alleen al de hersenschors van onze grote hersenen geeft de verhouding van 1 gen op 1 miljoen neuronen op 10 miljard synapsen! De genen bepalen de algemene groeiwijzen, maar de specifieke verbindingen worden bepaald door gebruik. Wat niet goed gebruikt wordt valt weg.

Ontwikkelingen tijdens adolescentie

De afname van het aantal verbindingen gaat door tot ongeveer vierentwintig jaar. Op dat moment is het aantal synapsen ongeveer gehalveerd ten opzichte van de piekwaarde op zevenjarige leeftijd en is het volwassen niveau in de frontale hersenschors bereikt. Dit wil echter niet zeggen dat er geen nieuwe verbindingen meer ontstaan. Tijdens de adolescentie worden wel degelijk nog nieuwe verbindingen gevormd, namelijk door een verdere groei van zenuwvezels vanuit hersengebieden naar

naburige gebieden. Een aantal netwerken in de hersenschors, de dopamine- en serotonine-neurotransmittersystemen bijvoorbeeld, groeit nog door tot in volwassenheid.

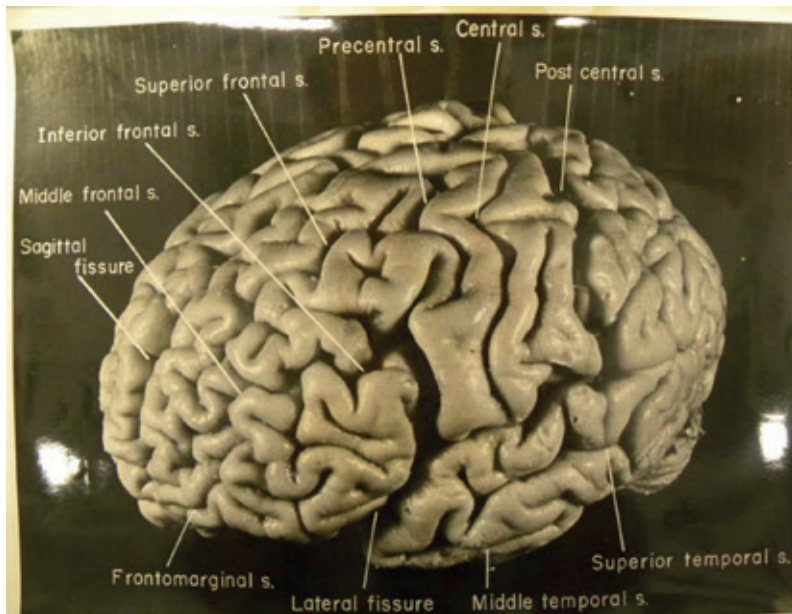
Ook de hormonale ontwikkeling is bezig tijdens adolescentie, met name de ontwikkeling van geslachtshormonen. Schommelingen in de hoeveelheid (geslachts)hormonen in de hersenen kunnen samen met neurotransmitters de neuronen laten veranderen en beïnvloeden ook de verbindingen tussen neuronen.

Uit MRI-studies blijkt dat de grote bundels zenuwvezels tussen de beide hersenhelften (het *corpus callosum*) bijna compleet zijn ontwikkeld in de adolescentie, maar dat met name de bundels zenuwvezels binnen de hersenhelften nog doorrijpen bij twintigers. Bijvoorbeeld de vezelbanen tussen de frontale hersenschors en gebieden achter in de hersenen of in de temporale kwab. Ook als we functioneel naar de ontwikkeling van verbindingen kijken, zien we een toename tot ongeveer 24 jaar. Hierin verschillen vrouwen niet van mannen. Er is wel weer een zeer grote variatie tussen individuen, ongeveer 30%. Verder worden ook bij twintigers steeds meer zenuwvezels in de hersenschors met myeline omhuld. Dit maakt het transport van elektrische signalen over het axon efficiënter. Door deze ontwikkelingen functioneert ons brein en dus de volgroeide mens beter.

Dit roept de vraag op wanneer onze hersenen volwassen en volgroeid zijn? Alhoewel de Nederlandse wet zegt dat Nederlanders vanaf 18 jaar volwassen zijn, is dit slechts een juridische afspraak.

Dendrieten met haarvormige uitstulpingen: de spines, waarop andere zenuwuitlopers via een synaps contact maken. De dikke zenuwcel-uitloper is een dendriet, de dunne zenuwcel-uitloper is een axon. (1200 X vergroot, 9 jaar).





Volgens onderzoekers van Florida State University (VS) had Nobelprijswinnaar Albert Einstein een gemiddeld ‘zwaar’ hersengewicht (1230 gram) maar meer vouwen in de hersenschors dan gemiddeld. Zijn prefrontale cortex, het gedeelte van de hersens dat onder andere planning, abstract denken en probleemoplossing regelt, was groter dan gemiddeld. Dat ontdekten ze pas decennia later. Direct na zijn dood in 1955 verwijderde patholoog anatoom Thomas S. Harvey het brein van Einstein en sloeg het op in zijn huis op het Amerikaanse platteland. Pas in de jaren tachtig overtuigden onderzoekers de inmiddels bejaarde Harvey om hersenweefsel voor onderzoek vrij te geven. Ze ontdekten toen ook dat Einstein meer gliacellen in zijn hersens had.

Kritische perioden tijdens de ontwikkeling

■ PROF. DR. HARRY UYLINGS

GENIE HEEFT haar leven lang nooit meer goed kunnen leren praten, nadat ze vanaf haar eerste levensjaar gedurende 13 jaar in afzondering leefde in Californië. Ze sprak na intensieve training losse woorden, maar een goede zinsbouw bleef haar vreemd. Genie is niet het enige kind wat dit lot trof. In de literatuur zijn nu meer dan 200 kinderen beschreven, die kort na de geboorte gedurende 5 jaar of meer, ‘in het wild’ en zonder menselijke taal in hun omgeving zijn opgegroeid. Al deze kinderen bleken dezelfde blijvende taalproblemen als Genie te ervaren, naast een aantal andere afwijkingen. Klaarblijkelijk zijn er tijdens de ontwikkeling perioden, die kritisch zijn voor het verwerven van bepaalde functies.

Spreken en kijken

Na de geboorte ontwikkelen de hersenen zich sterk: neuronen groeien uit en de neurale verbindingen en netwerken worden gevormd. Hierdoor kunnen we ons ontwikkelen. Voor een aantal functies zoals het grammaticaal goed leren spreken van een taal of het scherp zien met beide ogen is er na de geboorte een periode van een aantal jaren waarin ons brein voldoende plastisch is om dit aan te leren. Uit het voorbeeld van het meisje Genie blijkt dat na een kritische periode volledig herstel niet goed mogelijk is.

Voor verschillende functies zijn er verschillen in kritische perioden. Zo is na ongeveer 10 jaar ons brein niet meer in staat om het gezichtsvermogen van beide ogen te herstellen als dit dan nog niet goed is. Vandaar het idee dat een ‘lui oog’ – een van beide ogen is achtergebleven in goed zien – alleen nog tot 8-11 jaar behandeld kan worden.

Genie: een Amerikaans meisje dat door haar vader 13 jaar lang in isolement is gehouden, vastgebonden aan een po-stoel of bed. Nooit werd er tegen haar gesproken en als ze geluid maakte werd ze mishandeld. Nadat ze in een kinderziekenhuis werd ondergebracht begon haar ontwikkeling pas; vooral lopen en praten. Losse woorden kon ze goed leren, maar normale zinnen maken lukte niet. Door gebrek aan stimulatie op jonge leeftijd konden haar hersenen zich niet verder voor taal ontwikkelen.



Deze kritische perioden zijn ook de reden dat we sommige afwijkingen al zo snel mogelijk na de geboorte moeten beginnen met behandelen. Zo kan via de hielprik worden vastgesteld of een baby een aangeboren ziekte heeft van de schildklier of van de bijnier, een erfelijke vorm van bloedarmoede, taaislijmziekte of een stofwisselingsziekte. Als de behandeling snel na de geboorte begint, kunnen bijvoorbeeld mentale afwijkingen door deze ziekten voorkomen worden.

Recent is een beter beeld ontstaan over hoe een kritische periode tot stand komt. Ook loopt er onderzoek bij dieren hoe een afgelopen kritische periode eventueel weer 'opengebroken' kan worden door toediening van medicatie. Een later herstel zou dan nog mogelijk zijn. Wat de bijeffecten van het farmacologisch openbreken van de kritische periode zijn, is nog wel de vraag. Ook omgevingsfactoren kunnen bij het opnieuw active-

ren een rol spelen, zonder dat er medicatie wordt gebruikt. Dit bleek bij dierexperimenten met een 'lui oog' waar een tijdelijk verblijf in duisternis met een verrijkte leefomgeving werd gecombineerd.

Leven lang leren

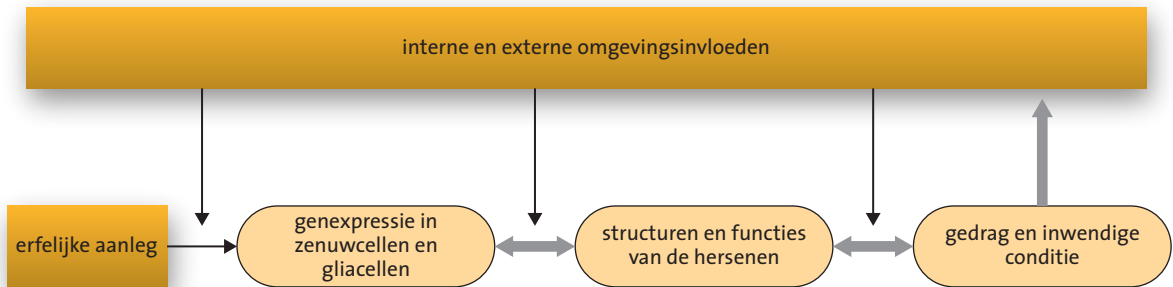
Voor vele andere functies zoals het lerend vermogen en het verwerken van prikkels uit een stimulerende leefomgeving is er geen 'kritische periode van plasticiteit'. Plastische veranderingen in de hersenen, zoals verder uitgroeien van dendrieten en axonen en hun synaps-contacten, blijven door training tot ver in de volwassenheid mogelijk. Een bekend voorbeeld van training is het leren jongleren in volwassenheid. Dit leidt – ook wanneer de training gestart wordt in volwassenheid – tot veranderingen in de hersensystemen voor hand-oogcoördinatie en de daar onderliggende witte stof. Andere studies laten zien dat bepaalde leerstrategieën ook in volwassenheid van belang zijn voor betere geheugenprestaties door verbetering van functionele neurale netwerkverbindingen. Een leven lang leren en stimulering is dus goed mogelijk in volwassenheid.

Leef- en leeromgeving

Zowel erfelijke aanleg als leefomgeving zijn bij leren van groot belang. De effecten zijn wel tijdens de ontwikkeling groter dan later in volwassenheid. Zo zijn sterk negatieve ervaringen in de kinderperiode, zoals sociale verwaarlozing, langdurige kindermishandeling en langdurige armoede, van invloed op de ontwikkeling van de hersenen.

Dit uit zich in het wel of niet tot expressie komen van een aantal genen dat invloed heeft op de ontwikkeling van de hersenschors en een aantal andere hersengebieden (hippocampus, etc) en daarmee ook in een slechter functioneren. Het is dus belangrijk om te weten hoe we ons functioneren kunnen verbeteren door een stimulerende leef- en leeromgeving.

Voor en na de geboorte zijn omgevingsinvloeden van groot belang voor een goede ontwikkeling van de hersenen. Interne factoren zoals darmbacteriën en infecties en externe factoren zoals training, armoede en alcohol kunnen die ontwikkeling positief of negatief beïnvloeden.



Het geeft te denken dat in Nederland van de kinderen tot een leeftijd van 10 jaar, 1 op de 10 in armoede leeft en 1 op de 20/25 in langdurige armoede. Dat dit leidt tot sociale uitsluiting en tot een mindere ontplooiing (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2018) is niet verbazend, maar wel verontrustend.

Aangeboren talent of trainen?

Op gebied van talent-ontwikkeling wijzigt de algemene visie zich in de laatste decennia. Er werd lange tijd gedacht dat talent zich niet verloochent: 'dat heb je of je hebt het niet', en daarom bijvoorbeeld op school geen speciale aandacht behoeft. De extra aandacht was voor kinderen die een achterstand hadden. Dit is een opvallende, niet-evenwichtige visie. In feite weten we dat iemand nog zoveel talent mag hebben voor bijvoorbeeld

pianospelen, maar dat als hij of zij niet als kind (4-6 jaar) is begonnen met pianospelen en niet vele duizenden uren geoefend heeft, het niveau van een top-pianist er niet uitkomt. Een (extra) stimulerende leefomgeving is een vereiste voor de verwezenlijking van talent. Zo oefenden top-pianisten en top-violisten van hun jeugd tot zeste levensjaar maar liefst 10.000 uren en juist op dit punt verschilden ze van minder goede spelers. Deze 10.000 uren werd later door het populaire boek van Malcom Gladwell 'Uitblinkers' de '10.000 uren regel' genoemd.

Trainen heeft duidelijk effect op de hersenen. Het leidt tot veranderingen in die hersensystemen die hiervoor speciaal gebruikt worden. Voor sommige vaardigheden moeten we op tijd beginnen (taal, samenwerking van ogen) en andere kunnen ook tijdens de volwassenheid nog via training geleerd worden. Omgevingsinvloeden zoals armoede bij kinderen, evenals slaapttekort, te veel alcohol, roken en verkeerde voeding bij adolescenten en ook volwassenen hebben in het algemeen een negatieve invloed op de hersenen.

Oefening baart kunst, zeker als je talent hebt.



Wanneer ben je volwassen?

■ DR. IR. ASTRID VAN DE GRAAF

VAN DE Nederlandse Wet mag een tiener vanaf zijn 18de stemmen, drinken en autorijden. Ook moeten jongeren zelf een zorgverzekering afsluiten, toeslagen en studiefinanciering aanvragen. Maar zijn ze daar wel aan toe? “Vroeger waren dit soort zaken meer gekoppeld aan het bereiken van een leeftijd van 21 jaar, dat is in de loop der tijd verlaagd,” vertelt Michiel Westenberg, hoogleraar ontwikkelingspsychologie aan de Universiteit Leiden en gespecialiseerd in de adolescentie. “Maar als je bijvoorbeeld kijkt wie de meeste verkeersongelukken veroorzaken dan zijn dat jonge rijders. Dat is niet alleen omdat ze nog onervaren zijn en veel moeten leren. Er is ook nog een rijping gaande in de hersenen.”

Wanneer ben je volwassen?

“Als je weet hoe je je in belangrijke situaties moet gedragen en niet hetzelfde gedrag hebt als een puber of een klein kind.”
Jasmijn (13)

Wanneer is iemand echt volwassen?

“Het is belangrijk om onderscheid te maken tussen de lichamelijke volwassenwording, en de meer ‘maatschappelijke’ volwassenwording. Een mooi woord voor de hele periode is adolescentie. Dit betekent in het Latijn ‘naar de volwassenheid toegroeien’. Die periode van volwassenwording begint bij de puberteit, dat is vanaf een jaar of 10 wanneer de lichamelijke veranderingen beginnen. Aan die periode van lichamelijke ontwikkeling koppelt men vrijwel automatisch de grillige manier waarop kinderen zich gedragen, meestal in de zin van lastig en opstandig. Over het einde van de adolescentie wordt heel gevarieerd gedacht, dat varieert van 15 tot 22.”

Wanneer is de puberteit afgerond?

“De puberteit, dus de lichamelijke volwassenwording, is bij meisjes rond de 15 jaar afgelopen en bij jongens een jaartje later. In dat opzicht heb je daarna met volwassenen te maken. Dat zie je ook aan de ouderejaars op een middelbare school: de jongens zijn net zo lang en sterk als een volwassen man en de meisjes zien er ook echt uit als volwassen vrouwen. Ze zijn ook lichamelijk klaar om kinderen te krijgen. Heel lang hebben we gedacht dat het daarmee klaar was. Tegelijkertijd wist men wel dat die jongeren nog niet helemaal zelfstandig waren. Er ontbrak op een of andere manier nog wat aan.”

Wat ontbrak er dan nog aan?

“Dat is lang vertaald als scholing en ervaring. De schedel van een zesjarige is al even groot als die van een volwassenen, waardoor men vroeger dacht dat in die hersenpan niet veel meer gebeurde. Nu weten we, dankzij allerlei meettechnieken, dat het niet alleen een kwestie van leren en oefenen is, maar ook van structurele reorganisatie van de hersenen. De ontwikkeling in de hersenen gaat na de puberteit in elk geval nog een jaar of 4-5 door en wellicht nog langer.”

Wanneer ben je volwassen?

“Nooit. Fysiek bestaat volwassenheid wel, maar mentaal gaat dit niet op. Simpelweg omdat het punt van mentale volwassenheid niet gemeten kan worden. Of je nou sluw als een vos wordt, zeer beleefd of direct als een kind, je wordt niet beter of slechter, je leert alleen meer.” Peter (22)

En waar uit bestaat die verdere breinontwikkeling zich in bij jongeren?

“Na de puberteit gebeurt er nog van alles in het brein. In de hersenpan, die dus niet meer groeit, vindt een soort



Wanneer
ben je volwassen?

“Als je hersenen vol-
groeid zijn en je in staat
bent zelfstandig keuzes
te maken.” Marah
(18)

‘uitruil’ plaats: sommige hersencellen verdwijnen, andere cellen krijgen meer vertakkingen en de witte stof rondom de vertakkingen neemt toe. Daardoor verbetert de connectiviteit tussen hersencellen en gebieden. Deze ontwikkelingen lijken ook vooral te gebeuren in de frontale hersenen en dat kan verklaren waarom de cognitieve ontwikkeling na de puberteit doorgaat. Daardoor kun je bijvoorbeeld complexe situaties beter overzien.”

Die verdere ontwikkeling heeft bijvoorbeeld betrekking op de metacognitie, het denken over het denken. Gebruik je bijvoorbeeld wel de juiste strategie bij het oplossen van een probleem? Het is niet voor niets dat ondoordacht, impulsief maar ook juist heel enthousiast gedrag aan de puberteit is gekoppeld. Dat neemt daarna af omdat jongeren beter in staat zijn om hun eigen gedrag te observeren en te reguleren. Dit valt onder de *cognitieve volwassenwording*, daarna volgt nog de afronding van de *psychosociale volwassenwording*. Deze ontwikkelingen houden grosso modo gelijke tred met structurele veranderingen in het brein.”

En wat betekent psychosociale volwassenwording?

“De psychosociale ontwikkeling gaat over het begrijpen van anderen. Dat gaat verder dan empathie. Zo rond het einde van de tienerijd gaan jongeren meer nadenken over hoe een ander denkt, wat hij of zij daar zelf mee te maken heeft en hoe dat op elkaar ingrijpt.”

Er zijn dus drie soorten volwassenzijn die elkaar in uitontwikkeling opvolgen: de fysieke, de cognitieve en de psychosociale ontwikkeling. Als dat is afgerond, dan zijn we volwassen?

“Ik zou zeggen van wel, op zijn minst stopt dan de adolescentie. Het ene kind is dus ‘klaar’ op zijn 19de en anderen op hun 22ste of 23ste. Tot die tijd treden er nog structurele veranderingen in het brein op. Dat was heel lang een puzzel, want die 15-16-jarige lijkt wel volwassen, maar is dat dus nog niet. Dat is niet alleen levenservaring, maar ook denksnelheid, dingen kunnen overzien en verbanden leggen. Niet dat met deze kennis de dagelijkse realiteit makkelijker wordt, maar wel belangrijk om te weten dat die capaciteiten zich na de puberteit nog door ontwikkelen.”


In Amerika spreekt men wel van ‘emerging adulthood’, een fase tussen adolescentie en volledige volwassenheid. Weer uitstel van echt volwassen zijn?

“Dat begrip emerging adulthood is gekoppeld aan de maatschappelijke volwassenwording en daarmee is het wel heel erg normatief. Je bent dan pas echt volwassen als je kinderen, een huis, auto en voldoende inkomen hebt. Dat gaat mij te ver, want het is absoluut mogelijk om volwassen te zijn zonder kinderen, een huis en zo verder.”

Wanneer
ben je volwassen?

“Als je voor jezelf en je
eigen huis kan zorgen. Dus
koken, wassen, werken,
rekeningen betalen
enz.” Sella (17)

De Franse filosoof Jean Jacques Rousseau (1712-1778) schreef de fameuze opvoedklassieker ‘Emile, of Over de opvoeding’ (1762), over de kleine jongen Emile, die alleen met zijn opvoeder opgroeit in het bos. Rousseau beschouwde de volwassenwording als een staat van crisis, waarin het kind zich afkeert van volwassenen en tijdelijk onopvoedbaar is. In deze stormachtige periode moesten de opvoeders alle zeilen bijzetten om de controle niet te verliezen. Rousseau pleitte er ook voor om de puberteit zoveel mogelijk te vertragen, want hij merkte op dat een vroege puberteit veel problemen gaf.



Zowel genetische aanleg als de leer- en leefomgeving zijn belangrijk voor de goede ontwikkeling van de hersenen en dus voor het leren van wiskunde of sociale vaardigheden.

Het zich ontwikkelende brein en gedrag

De adolescentie is een turbulente tijd waarin niet alleen veel veranderingen in het lichaam optreden, maar ook in het gedrag. Jongeren gaan hun grenzen verkennen, experimenteren met nieuwe dingen en nemen meer risico. Ze moeten leren zich sociaal te gedragen, meevoelen met anderen en ook nog eens zichzelf ontdekken. Het leven wordt een stuk ingewikkelder. Ondertussen moeten ze op school netjes in het gareel lopen en presteren. Vindt dan maar eens de juiste mindset. Hoe beïnvloedt de ontwikkeling van de hersenen het gedrag van jongeren?

Sociale ontwikkeling in de adolescentie

■ DR. SANDY OVERGAAUW EN DR. JORIEN VAN HOORN

DE ADOLESCENTIE is een ontwikkelingsfase tussen de kindertijd en volwassenheid, waarbinnen drie fasen onderscheiden kunnen worden: de vroege adolescentie (10-13 jaar), de mid-adolescentie (14-17 jaar) en de late adolescentie (18-25 jaar). Het beginpunt ligt biologisch vast met de start van de puberteit, bij meisjes iets eerder dan bij jongens (10 versus 11,5 jaar). Het eindpunt van de adolescentie is cultureel bepaald, namelijk wanneer iemand volwassen doelen heeft behaald, zoals bijvoorbeeld financiële onafhankelijkheid van ouders.

Vriendschappen

De adolescentie is een turbulente tijd waarin de sociale wereld van jongeren een stuk ingewikkelder wordt. Jongeren zijn bezig met het ontdekken van hun identiteit, onafhankelijk worden van hun ouders en experimenteren met nieuwe dingen. Waar tijdens de kindertijd de focus hoofdzakelijk op ouders ligt, die functioneren als steunend netwerk, verschuift deze focus bij aanvang van de adolescentie steeds meer naar leeftijdsgenoten. Ook de relaties met leeftijdsgenoten veranderen van vrij oppervlakkig naar meer intiem van aard, gekenmerkt door meer emotionele diepgang vanuit een behoefte aan verbondenheid. Jongeren brengen meer tijd door met hun leeftijdsgenoten dan kinderen, zowel face-to-face als online. Jongeren tussen de 13 en 17 jaar geven aan dat hun favoriete manier van contact met vrienden

via sms/whatsapp (35%) en face-to-face (32%) is, daarna volgen sociale media (16%) en videochatten (10%).

Het sociale brein

Om goed te functioneren in een veranderende sociale wereld ontwikkelen jongeren meer complexe sociaal-cognitieve vaardigheden. Het gaat hierbij om het kunnen waarnemen van emoties bij anderen (is iemand boos of blij?), het mentaliseren (welke intentie heeft de ander?) en het flexibel kunnen aanpassen van gedrag na sociale feedback (vinden mijn vrienden dit leuk of niet?).

Het ontwikkelen van deze vaardigheden hangt samen met veranderingen in het brein. Een netwerk van hersengebieden, het *sociale brein*, speelt een belangrijke rol bij het verwerken van sociale informatie en ondersteunt de sociaal-cognitieve vaardigheden. De ontwikkeling van het sociale brein zorgt ervoor dat jongeren in de overgang naar volwassenheid op een efficiëntere wijze met sociale situaties kunnen omgaan.

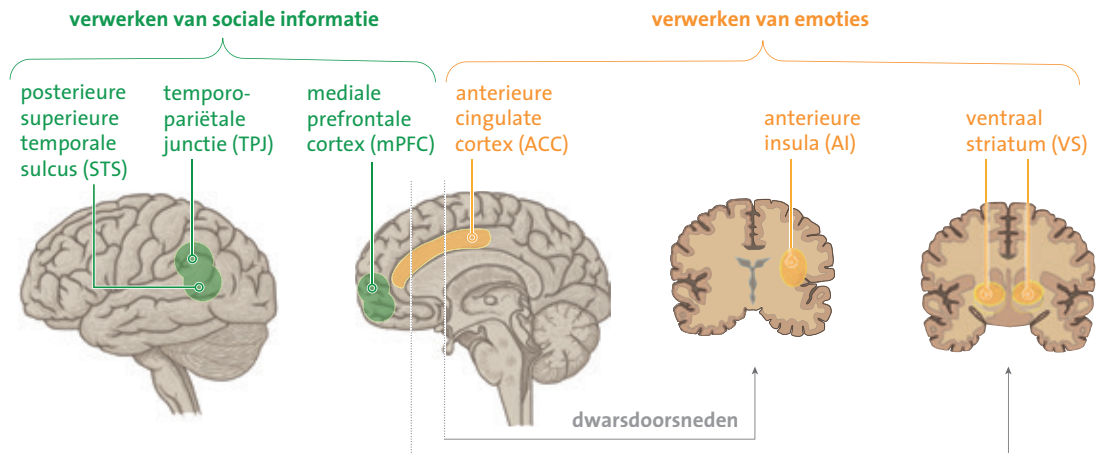
Meevoelen en begrijpen

Een van de belangrijkste sociaal-cognitieve vaardigheden die jongeren nodig hebben is het vermogen om gedrag aan te passen op basis van sociale

signalen. Dit doet een groot beroep op iemands empathische vermogen, oftewel het meevoelen met en het begrijpen van andermans emoties. Binnen hersenonderzoek worden twee soorten processen onderscheiden: *bottom-up* en *top-down*. Bottom-up-processen kunnen worden gezien als de automatische verwerking van prikkels. Een voorbeeld van een bottom-up proces is affectieve empathie: het vermogen om mee te voelen met de emoties van de ander, zoals wanneer iemand wordt 'besmet' en een blij gevoel krijgt door andermans blijdschap.

Top-down-processen aan de andere kant kunnen worden gezien als een cognitief systeem, waarbij sensorische informatie die automatisch binnenkomt (bottom-up) wordt verwerkt en bijvoorbeeld wordt gereguleerd op basis van gedachten. Cognitieve empathie is zo'n top-down-proces en kan worden omschreven als de vaardigheid om andermans emoties te begrijpen door je bewust mentaal te verplaatsen in het perspectief van de ander. Dat is dus anders dan affectieve empathie, waarbij je (vaak onbewust) meevoelt met een ander. Beide processen zijn noodzakelijk om empathische bezorgdheid voor de ander te voelen; en essentieel voor het aangaan en onderhouden van vriendschappen.

Het sociale brein is een netwerk van hersengebieden (groen) dat zorgt voor het verwerken van sociale informatie en de ondersteuning van sociaal-cognitieve vaardigheden. Dit netwerk bestaat uit de posterieure superieure temporale sulcus (STS), temporo-pariëtale junctie (TPJ), en mediale prefrontale cortex (mPFC). De mPFC wordt ook gezien als controlegebied. Hersengebieden die zorgen voor het verwerken van emoties (geel) zijn de anterieure cingulate cortex (ACC), anterieure insula (AI) en ventraal striatum (VS).



Emotionele stress

Wanneer emotionele prikkels (bottom-up) niet goed gereguleerd (top-down) kunnen worden, ontstaat er wat onderzoekers 'emotionele stress' noemen. Deze overprikkeling zorgt ervoor dat iemand voornamelijk bezig is met eigen emoties, waardoor diegene een ander uit het oog kan verliezen. Emotionele stress wordt vooral bij hele jonge kinderen gezien, waarbij met name nog de ouders de emoties van kinderen reguleren. Echter, van emotionele stress is ook specifiek sprake tijdens de adolescentie, wanneer jongeren verminderde vermogens hebben om emoties te reguleren. We weten dat er rond de mid-adolescentie een verschil is tussen het ontwikkelingsstadium van emotiegebieden (onder andere het ventrale striatum, de anterieure insula en anterieure cingulate cortex) en controlegebieden (de prefrontale cortex). Terwijl emotiegebieden zijn uitgerijpt, zijn controlegebieden nog volop in ontwikkeling. Een jongere kan bijvoorbeeld extreem boos worden als een ouder simpelweg vraagt of hij of zij komt eten. Of een jongere kan soms gemakkelijk emotioneel van slag raken door sociale gebeurtenissen op school.

Schaamte en zelfbewustzijn

De ontwikkeling van het sociale brein en het verschil tussen de ontwikkeling van emotie- en controlegebieden tijdens de mid-adolescentie maakt dat sociale situaties als behoorlijk intens kunnen worden ervaren. Zo kan de evaluatie door leeftijdsgenoten of buitensluiting zeer stressvol zijn. In een hersenstudie is onderzocht wat er gebeurt wanneer respectievelijk kinderen, jongeren, en volwassenen dachten dat ze bekeken werden door iemand van hun eigen leeftijd via een camera, zelfs zonder dat ze iets hoefden te doen. Wanneer de camera aanstond, rapporteerden jongeren meer schaamte en zelfbewustzijn in vergelijking met kinderen en volwassenen. In die situatie liet het hersengebied dat betrokken is bij het nadenken



over jezelf en anderen – de mediale prefrontale cortex van het sociale brein – de meeste activatie zien bij jongeren. Het idee dat ze worden bekeken door leeftijdsgenoten heeft bij jongeren duidelijk meer invloed op hun emotioneel welbevinden. Dat maakt de adolescentie een unieke periode als het gaat om sociaal verkeer met anderen.

Vrienden geven troost.

Positieve groepsdruk

Peer pressure, oftewel situaties waarin leeftijdsgenoten actief invloed uitoefenen op elkaar, is kenmerkend voor de adolescentie en kan zowel negatieve effecten (bijvoorbeeld roken en binge drinken) als positieve effecten hebben (prosociaal gedrag; een ander helpen). Of peer pressure een positieve invloed heeft op sociaal gedrag is onderzocht in hersenonderzoek. In de hersenscanner speelden jongeren een muntenverdeelspel, waarbij ze munten voor zichzelf konden houden of weggeven. Soms verdeelden ze hun munten terwijl ze alleen waren, soms met leeftijdsgenoten die meekeken met hun beslissingen, en soms kregen ze feedback op hun beslissingen met duimpjes

(vergelijkbaar met likes op sociale media). Jongeren gaven steeds meer munten weg als ze daar veel duimpjes voor kregen. Het sociale brein netwerk was actiever wanneer jongeren beslissingen namen met leeftijdsgenoten erbij dan wanneer ze alleen speelden. Dit wijst erop dat jongeren ook op een positieve manier beïnvloed kunnen worden door hun leeftijdsgenoten en dat het sociale brein hierbij een belangrijke rol speelt.

De sociaal-emotionele ontwikkeling in de adolescentie is duidelijk gerelateerd aan de ontwikkeling van de hersenen. Die heeft een grote invloed op sociale interacties tussen jongeren en hun beleving van de sociale context. De sociale omgeving heeft in de huidige tijd een extra dimensie gekregen door de komst van sociale media. Ook al brengt de adolescentie behoorlijk wat risico's met zich mee, deze periode biedt ook mogelijkheden waarin adolescenten zich kunnen ontwikkelen tot zelfstandige, hulpvaardige en sociaal competente volwassenen.

Onze
hersenen-
gebieden
worden niet
allemaal
tegelijk
volwassen

Risicogedrag en beloningen

■ DR. SABINE PETERS

DE ADOLESCENTIE is een turbulente fase waarin niet alleen veel veranderingen in het lichaam optreden, maar ook in het gedrag. Een van de meest belangrijke gedragsveranderingen is dat jongeren, veel meer dan kinderen of volwassenen, geneigd zijn om risico's te nemen. Risicogedrag kan bijvoorbeeld gaan om spijbelen, appen op de fiets, opstandig zijn tegen leraren en veel alcohol drinken. Vaak zijn het gedragingen die op korte termijn een beloning geven, maar op lange termijn nadelige gevolgen hebben, zoals lagere cijfers en later minder kans op een goede baan. Dit typische adolescentengedrag heeft ertoe geleid dat er veel geklaagd wordt over de 'jeugd van tegenwoordig'. Neurowetenschappers hebben recent ontdekt dat de toename van risicogedrag tijdens de adolescentie onder andere te maken heeft met de hersenontwikkeling.

Gedurende de ontwikkeling van kind tot volwassene ondergaan de hersenen nog grote veranderingen. Daarbij is er ook iets bijzonders aan de hand. Terwijl het lichaam groeit, neemt de hersengrootte juist af. Het brein van een kind van 8 is gemiddeld groter dan het brein van iemand van 23 jaar. Die afname wordt verklaard door het steeds efficiënter worden van het brein waarbij overbodige hersencellen worden weggevoerd.

De disbalanstheorie

De hersenontwikkeling verloopt echter niet in alle gebieden even snel. Sommige hersengebieden zijn al vroeg uitontwikkeld, terwijl andere veel meer tijd nodig hebben. Op basis van deze bevindingen hebben neurowetenschappers de 'disbalans'-theorie opgesteld. Deze theorie lijkt ook het risicogedrag van jongeren te kunnen verklaren. De theorie veronderstelt dat de prefrontale cortex nog

door ontwikkelt tot ongeveer het 22ste levensjaar. De prefrontale cortex is belangrijk voor cognitieve processen zoals plannen, zelfcontrole en het nadenken over langetermijngevolgen.

De hersengebieden voor emotionele processen bereiken hun hoogtepunt in de adolescentie (rond 16 jaar), wat betekent dat jongeren emotioneler reageren. Door de combinatie met de nog onvolwassen prefrontale hersengebieden veronderstelt de theorie dat het voor jongeren extra lastig is om weerstand te bieden aan verleidingen, zoals feestjes, alcohol en sociale media, terwijl er eigenlijk huiswerk moet worden gemaakt.

In het Leidse laboratorium voor hersenonderzoek is onderzocht of deze theorie klopt. Daarvoor is de hersenactiviteit van 300 kinderen, jongeren en jong volwassenen (tussen 8 en 25 jaar) gedurende 5 jaar gevolgd. Elke twee jaar kregen zij een taak waarbij ze geld konden winnen of verliezen terwijl hun hersenactiviteit in een MRI-scanner werd geregistreerd. Eerdere studies hadden al laten zien dat het *striatum*, het beloningsgebied van de hersenen, actief wordt als iemand geld wint. Tijdens deze studie bleek dat die activiteit in het beloningsgebied het sterkst was rond het 16de levensjaar, en dat dit samenhangt met hoe prettig adolescenten het zelf vinden om geld te winnen. Geld winnen als beloning voelt dus subjectief nog prettiger bij adolescenten dan bij kinderen of volwassenen. Er is dus inderdaad sprake van een piek in de emotionele gevoeligheid, zoals de disbalans-theorie veronderstelt.

De beloningsgevoeligheid in de laboratoriumtest bleek ook iets te zeggen over risicogedrag in het echte leven. Jongeren die bij het winnen van geld meer activiteit van het beloningscentrum lieten zien, gaven aan ook meer te drinken op een avondje. Op zich niet vreemd, want als beloningen prettiger voelen, dan zullen jongeren waarschijnlijk ook geneigd zijn om allerlei belonende situaties op te zoeken.

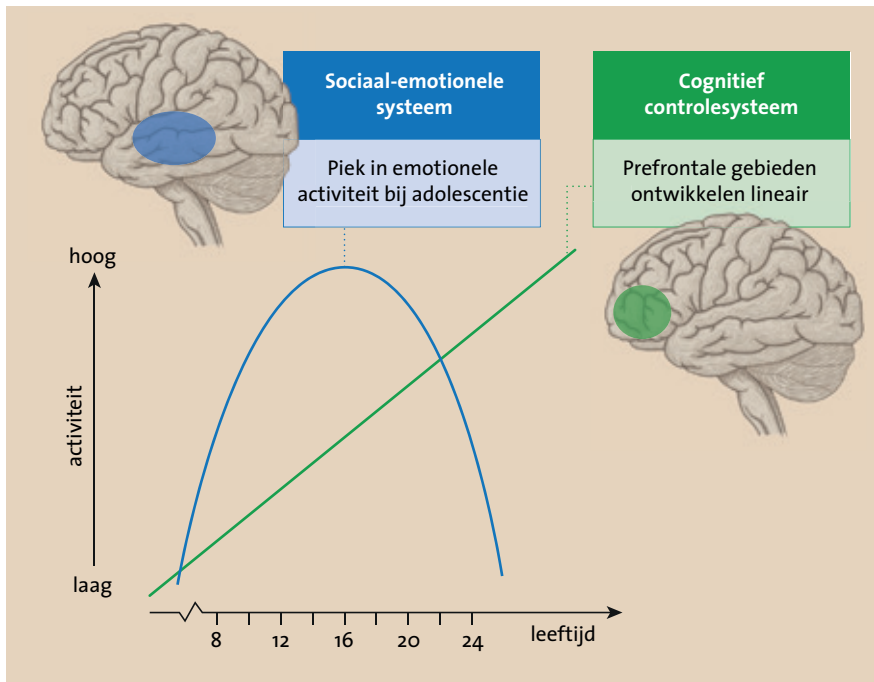


Voordelen van risicogedrag

Verhoogd risicogedrag brengt gevaren met zich mee. Dat roept de vraag op *waarom* jongeren zo'n verhoogde beloningsgevoeligheid hebben. Biedt die verhoogde gevoeligheid voor beloningen in de adolescentie misschien ook voordelen? Om dit te onderzoeken voerden dezelfde 300 deelnemers een taak uit waarin ze konden leren van feedback. In de late adolescentie liet het beloningscentrum (*striatum*) hogere activiteit zien bij leerzame feedback vergeleken met niet-leerzame feedback. Hierbij werd ook hun prefrontale cortex actiever en verbeterden hun leerprestaties.

Hersenonderzoekers denken daarom dat het *striatum* van adolescenten speciaal is afgesteld om zo goed mogelijk te reageren op hun omgeving. Het *striatum* signaleert wanneer er iets belangrijks gebeurt (bijvoorbeeld een mogelijke beloning of leerzame feedback), en spoort dan de prefrontale cortex aan, die belangrijk is voor leren. Ook al is de prefrontale cortex dus nog niet uitontwikkeld, het is niet zo dat deze nog helemaal 'onrijp' is en niet gebruikt kan worden door jongeren. Als het stri-

Typisch risicogedrag van jongeren tijdens vakanties: van rotsen in het water springen.



De emotionele gevoeligheid bereikt een hoogtepunt in de adolescentie, zo rond de 16 jaar. Daarna neemt het af. Volwassenen reageren minder sterk (in gedrag en hersenactiviteit) op emotionele prikkels. Door de nog niet uitontwikkelde prefrontale cortex hebben jongeren minder remmingen en voelt een beloning na risicovolgedrag extra prettig; ze gaan op zoek naar meer.

atum actief wordt, kan de prefrontale cortex zelfs actiever worden in adolescenten dan in volwassenen, en dat kan leiden tot betere leerprestaties.

Gezien de uitdagingen waar jongeren voor staan, is beter leren een logische verklaring. De adolescentie is een fase waarin jongeren loskomen van hun ouders en nieuwe omgevingen opzoeken, en in nieuwe omgevingen moet je extra goed kunnen leren van belangrijke prikkels. Dit gebeurt ook bij dieren, zoals ratten. De puberteit bij ratten duurt maar een paar weken, maar toch verkennen puber-ratten veel meer hun omgeving, zijn ze meer in hun leeftijdsgenoten geïnteresseerd en blijven ze minder bij hun ouders in de buurt. Uiteraard gaat dit gepaard met risico's. In een nieuwe omgeving kunnen gevaarlijke roofdieren zijn. Aan de andere kant kan het nieuwe voedselbronnen opleveren die anders nooit ontdekt zouden worden. Dat is ook bij mensen een van de voordelen van risicogedrag: jongeren kunnen niet eeuwig bij hun ouders blij-

ven wonen, ze zullen uit hun comfortzone moeten stappen en hun eigen pad moeten uitstippelen.

Door beloning beter plannen

Wetenschappers denken dat de prefrontale cortex niet zo zeer onrijp is tijdens de adolescentie, maar eerder extra flexibel: het is afhankelijk van de omgeving of dit hersengebied wel of niet actief wordt. Als het striatum aangespoord wordt doordat er bijvoorbeeld een beloning in het verschiet ligt, dan kan de prefrontale cortex ook actiever worden. De ene keer gebruiken jongeren hun prefrontale cortex dan minder, zoals wanneer ze zich niet aan hun huiswerkplanning houden, maar bij genoeg motivatie kunnen jongeren ineens wel plannen, bijvoorbeeld wanneer er een feestje georganiseerd moet worden. Bij het plannen van een feestje staat er een sociale korte-termijn beloning tegenover: een succesvol feestje zorgt niet alleen voor een leuke avond, maar laat ook een goede indruk achter bij leeftijdsgenoten. Hogere cijfers halen, de beloning voor huiswerk maken, doet er voor adolescenten meestal minder toe. Op de hele lange termijn kan huiswerk maken wel een sociale beloning opleveren. Hogere cijfers leiden tot een betere baan en dat kan tot sociaal aanzien leiden. Voor de belevingswereld van adolescenten is die beloning echter veel te ver weg.

Zou het dan helpen om jongeren meer te belonen voor goede schoolprestaties? Er zijn een paar onderzoeken die suggereren van wel. Hoewel de meeste mensen betere prestaties leveren als er een beloning tegenover staat, zijn er aanwijzingen dat dit effect extra sterk is in adolescenten. Dat komt waarschijnlijk doordat een actiever striatum kan zorgen voor een actievere prefrontale cortex. Er zitten dus niet alleen maar nadelen aan de adolescentie. De volgende stap is om te bekijken hoe de voordelen van het adolescentenbrein beter benut kunnen worden.



Kinderen hebben verschillende leerstijlen (horen, zien en bewegen)

Het idee dat elke leerling een favoriete manier van informatie verwerken heeft, is wijd verspreid onder leraren. Zo zou een visuele leerling beter informatie opnemen via foto's, grafieken of diagrammen, leert een auditieve leerling het best via een lezing of discussie, en een kinetische leerling via beweging.

Volgens voorstanders van de leerstijlenmythe zal een leerling die het lesmateriaal krijgt aangeboden passend bij de favoriete leerstijl, beter gaan presteren. Hoewel deze mythe het onderwijs inmiddels al veel tijd en geld heeft gekost, is er nog steeds geen wetenschappelijk bewijs gevonden. Zogenaamde 'visuele' leerlingen dachten wel dat ze plaatjes beter zouden onthouden dan woorden, maar in de realiteit onthielden ze woorden even goed. Het is dus meer een leervoorkeur, maar leren volgens je voorkeur leidt niet tot betere prestaties. Wat iemands voorkeur ook mag zijn, het is wel bewezen dat het combineren van bronnen, zoals het toevoegen van een afbeelding aan een uitleg, het leren voor iedereen vergemakkelijkt; het gebruik van meerdere zintuigen verbetert de aandacht en het vermogen om te onthouden bij iedereen.

Aanleg of talent is nog geen garantie voor succes

Leervermogen, een kwestie van mindset?

■ DR. NIENKE VAN ATTEVELDT

HOE GOED iemand is in wiskunde of taal, wordt zowel bepaald door genetische factoren als door de omgeving en ervaring tijdens de ontwikkeling. Alleen de aanleg om goed te worden in wiskunde is namelijk niet genoeg. Iemand die niet oplet tijdens de les en geen huiswerk maakt, zal zijn of haar leervermogen waarschijnlijk nooit optimaal benutten. Terwijl een leerling met minder aanleg die wel hard werkt en doorzet na een tegenvallend cijfer, uiteindelijk beter zal presteren bij wiskunde.

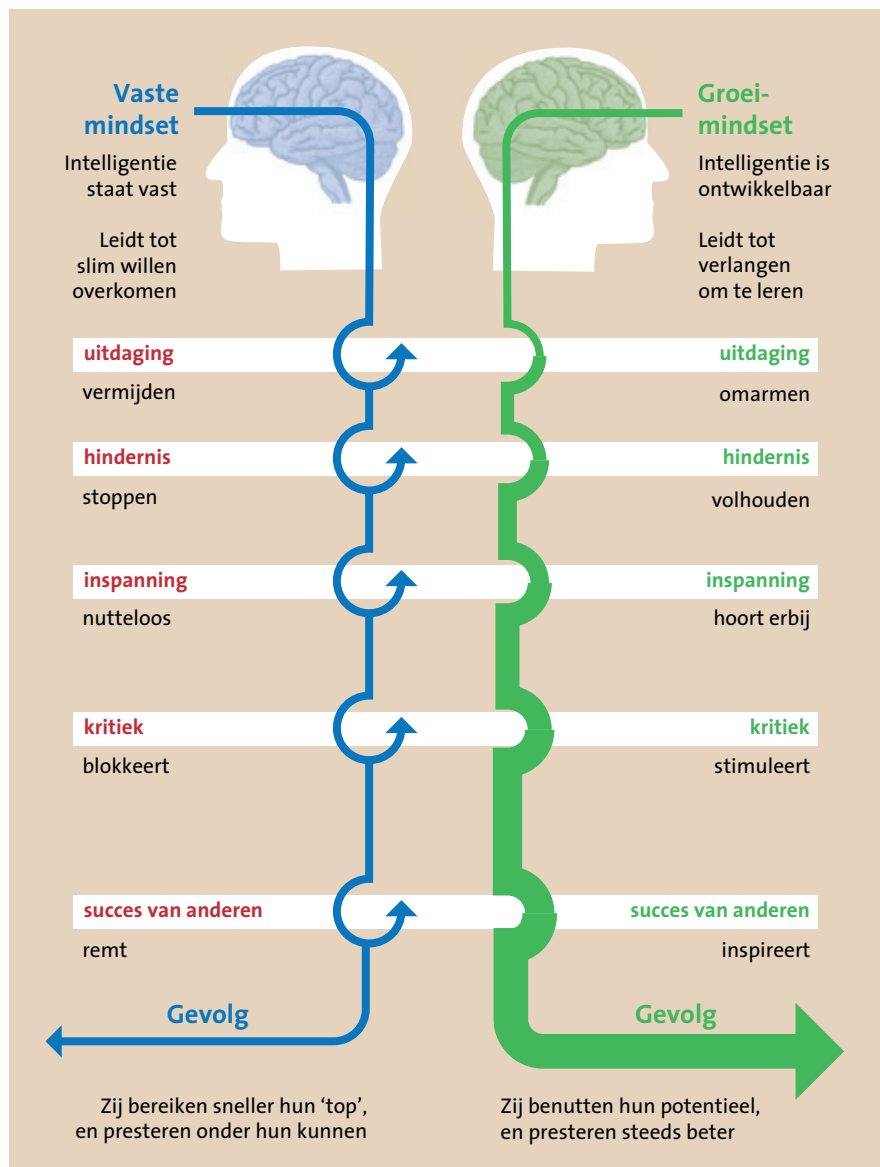
Het zit dus eigenlijk zo: iedereen heeft een bepaalde bandbreedte meegekregen voor hoe goed hij of zij ergens in kan worden vanuit zijn genetische opmaak. Of iemand aan de onderkant van zijn of haar bandbreedte blijft bungelen (onderpresteren) of juist de maximale potentie benut, wordt beïnvloed door hoe diegene zelf en de omgeving omgaan met leren en presteren. Het is dus niet zo dat iedereen een wiskundewonder kan worden. Wel kan iedereen zichzelf verbeteren door zich meer in te zetten, hulp te vragen, van strategie te veranderen en vooral niet te snel op te geven (want dan word je er sowieso niet beter in).

De juiste mindset

Een belangrijke theorie in dit verband is de mindset-theorie van de Amerikaanse psycholoog Carol Dweck. Dweck veronderstelt dat naast iemands aangeboren leervermogen, de overtuiging die iemand heeft óver zijn of haar leervermogen ('mindset') een belangrijke voorspeller is van hoe diegene het zal doen op school.

De mindset van leerlingen varieert op een continuüm van een 'vaste' naar een 'groei'-mindset. Leerlingen met een vaste mindset hebben de

overtuiging dat het nagenoeg vastligt hoe goed ze ergens in zijn, en dat ze hier zelf maar weinig invloed op hebben. Leerlingen met een groei-mindset geloven wel in hun eigen invloed op hun leerprestaties en in het nut van oefenen. Verschillende studies laten zien dat deze laatste groep



leerlingen gemotiveerder is en het beter doet op school. Ze gaan bijvoorbeeld constructiever om met negatieve feedback en tegenslagen, zoals een tegenvallend cijfer, ten opzichte van leerlingen met een vaste mindset. Het verschil is vooral dat iemand met een vaste mindset geneigd is om te denken: 'ik kan het *tóch* niet', terwijl iemand met een groei-mindset eerder zal denken 'ik kan het *nóg* niet'.

Hoe iemand over de eigen leervermogens denkt, lijkt vooral van impact na een grote overgang. Bijvoorbeeld van groep 8 naar de brugklas. Deze overgang is een periode met grote veranderingen en uitdagingen op sociaal vlak en op school. Er komen nieuwe vakken waarbij hele andere concepten worden aangeleerd en oude strategieën vaak niet meer werken. De mindset van een kind bepaalt in zo'n periode sterker de keuzes en reacties dan in rustigere, bekendere situaties.

Stereotypen

'Jongens zijn slechter in taal, maar beter in exacte vakken.' In Nederland heersen er sterke stereotiepe ideeën met betrekking tot jongens en meisjes, sterker dan in veel andere landen. Dat is heel jammer, want een stereotiepe beeld leidt vaak tot bepaalde verwachtingen, en die kunnen veel invloed hebben. Een meisje met een laag cijfer voor wiskunde krijgt bijvoorbeeld te horen dat het niet erg is dat ze niet zo goed is in wiskunde, terwijl een jongen met hetzelfde cijfer misschien te horen krijgt dat hij toch harder had moeten werken. Maar het kunnen ook stereotiepe ideeën zijn met betrekking tot etnische achtergrond, waardoor leraren te lage verwachtingen hebben van leerlingen met een immigratieachtergrond.

Het is ook bekend dat een negatieve houding met betrekking tot een leerstoornis gevolgen kan hebben voor prestaties van leerlingen. In een onderzoek aan de Universiteit van Amsterdam is gevonden dat de onbewuste negatieve houding van

Wiskunde- of talenknobbel?

We hebben het allemaal wel eens gehoord of gezegd: *'die heeft vast een wiskunde-knobbel'* of *'ik heb echt geen talenknobbel'*. Het knobbel-idee stamt nog uit de 19de eeuw, toen de *frenologie* een populaire leer was om hersenfuncties te verklaren. Het verhaal doet de ronde dat de Duitse neuroloog Franz-Joseph Gall in de collegezaal waarnam dat studenten die goed waren in taal, vaak wat uitpuilende ogen hadden. Hij beredeneerde dat dit moest betekenen dat het deel van hersenen achter de ogen bij deze studenten groter was dan bij anderen, en dat zich daar de taal functie dus zou bevinden. Het idee verspreidde zich verder en een tijd lang dacht men dat het mogelijk was om op een soortgelijke manier op de schedel te

voelen of er ergens een knobbel zat, en als diegene dan bijvoorbeeld goed was in wiskunde, er onder de knobbel een uitpuilend 'wiskunde-hersengebied' zou zitten. Inmiddels is duidelijk dat dit niet juist is; knobbels op de schedel zeggen niets over hersenfuncties. Hersenfuncties liggen verspreid in netwerken van vele verschillende hersengebieden.

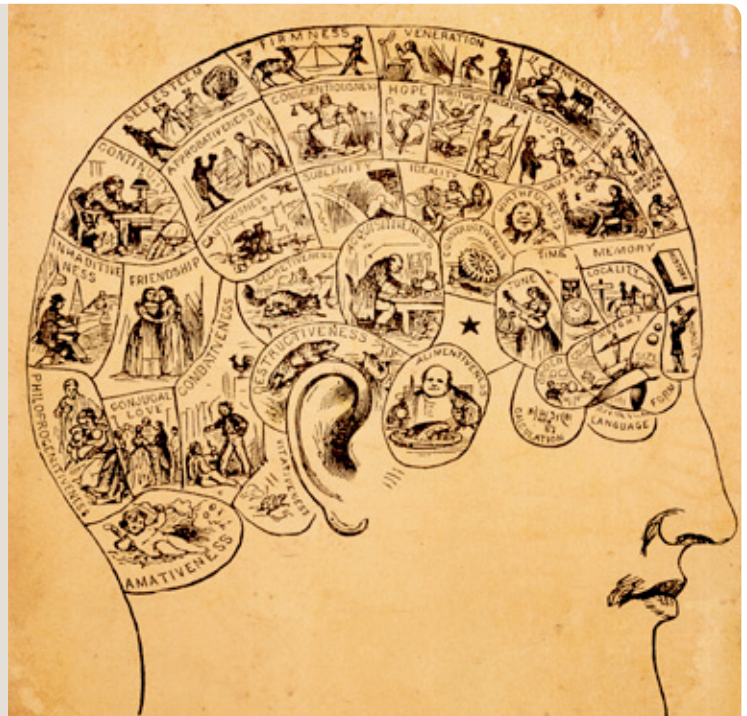
Het gebruik van woorden als wiskundeknobbel is eigenlijk jammer, omdat ze het idee versterken dat het vastligt hoe goed je ergens in bent. Je hebt een wiskundeknobbel of je hebt hem niet, en daar moet je het mee doen. Dat is dus eigenlijk precies de vaste mindset die niet bevorderlijk is voor motivatie en doorzettingsvermogen.

leraren ten opzichte van het woord 'dyslexie', de prestaties van kinderen met dyslexie voorspelde. Hoe sterker de negatieve houding, hoe lager de prestaties bij spelling. Dit werd gevonden voor zowel de beoordeling door de leraar zelf, als voor de Citoscores.

Een gerelateerd Canadees onderzoek liet zien dat leraren die geloofden met hun instructies invloed te hebben op de vooruitgang van leerlingen met een leerstoornis effectiever lesgaven aan alle leerlingen. Ook dit hangt samen met de mindset:

leraren met een vaste mindset voelen zich minder verantwoordelijk voor de ontwikkeling van hun leerlingen, omdat ze weinig invloed verwachten van hun lessen. Leraren met een groei-mindset voelen zich verantwoordelijker, omdat zij wél geloven in de invloed van hun instructie.

Stereotiepe ideeën werken een vaste mindset in de hand. *'Ik ben nou eenmaal niet zo goed in wiskunde, want ik ben een meisje'*. *'Emma kan ik toch niet helpen, want die heeft dyslexie'*. Onderzoek uit de groep van Dweck laat zien dat als een groei-mindset wordt



Het begrip talenknobbel is afkomstig uit de frenologie. Dit is een in de 18e eeuw geïntroduceerde hersenschedel-leer die ervan uitging dat talent en karaktereigenschappen aan bepaalde hersengebieden gebonden waren. De grondlegger van de frenologie was de Duitse hersenonderzoeker Franz-Joseph Gall (1758-1828). Hij vond 27 verschillende mentale eigenschappen die het geheel van iemand zijn persoonlijkheid bepaalden en wees elk een plaats in de hersenen toe.

gestimuleerd bij leerlingen, ze zich minder laten beïnvloeden door stereotiepe verwachtingen.

Helpen mindset-interventies?

Kan dat, iemand een groei-mindset aanleren? In een aantal onderzoeken zijn mindset-interventies getest, met wisselend resultaat. Er zijn positieve effecten gevonden van lessen over de hersenen, waarbij aan kinderen wordt uitgelegd dat hun hersenen veranderbaar zijn, en hun vaardigheden dus ook. Een belangrijke boodschap in zulke interventies is dat iedereen zelf invloed heeft op zijn of haar hersennetwerken; veelgebruikte verbindingen worden namelijk sterker, weinig gebruikte juist zwakker. Dit wordt ook wel *use it or lose it* genoemd. Sommige interventiestudies laten zien dat deze lessen zowel de cijfers als de motivatie van jonge adolescenten verbeteren. Maar niet alle studies hebben deze positieve effecten kunnen reproduceren. Er is dus meer onderzoek nodig, voordat we met zekerheid kunnen zeggen wat effectieve manieren zijn om de mindset te beïnvloeden, en of dit doorwerkt in schoolmotivatie, prestaties en weerbaarheid.

Zijn er verschillen tussen de hersenen van jongens en meisjes?

Jongens en meisjes: cognitiever verschillen?

■ DR. NIKKI LEE EN PROF. DR. LYDIA KRABBENDAM

MEISJES DRAGEN roze, houden van poppen en zijn zorgzaam naar anderen. Jongens spelen met auto's, klimmen in bomen en zijn avontuurlijk. Het is niet zo lang geleden dat deze stereotype beelden van jongens en meisjes wijdverspreid waren. Hoewel we tegenwoordig veel meer oog hebben voor variëteit en diversiteit, blijken ideeën over verschillen tussen jongens en meisjes hardnekkig. Jongens- en meisjesverschillen in gedrag worden vaak geïnterpreteerd als een biologisch bepaalde aanleg, vooral als dit al op jonge leeftijd wordt gezien. Maar is dit terecht en welke verschillen bestaan er eigenlijk? En welke rol speelt de sociaal-culturele omgeving in het ontstaan van sekse-gelateerd gedrag?

Hersenvolume en verbindingen

De duidelijkste neurobiologische verschillen tussen jongens en meisjes zijn te zien in de structuur en het volume van de hersenen. Vanaf jonge leeftijd zijn de hersenen van jongens al groter dan die van meisjes. Dit verschil is ook bij volwassenen zichtbaar: de hersenen van mannen zijn gemiddeld 9-12% groter dan die van vrouwen. Deze discrepanties ontstaan tijdens de ontwikkeling en vooral gedurende de adolescentie, de periode waarin de structuur van hersengebieden en de communicatie tussen gebieden sterk verandert. Er lijken verschillen te bestaan tussen jongens en meisjes in de manier waarop netwerken in de hersenen georganiseerd zijn. Meerdere studies suggereren dat meisjes meer verbindingen tussen de linker- en rechterhersenhelft hebben, terwijl jongens meer verbindingen binnen de hersenhelften hebben. Onderzoekers denken dat meisjes daardoor mis-

schien beter zijn in het gezamenlijk gebruiken van meerdere cognitieve functies, of het flexibel wisselen tussen vaardigheden. Jongens zouden juist beter kunnen zijn in taken waarbij het vooral belangrijk is om op één cognitieve functie te focussen. Maar de precieze invloed die deze biologische verschillen in de organisatie van de hersenen hebben op gedrag is nog onduidelijk, en er is meer onderzoek nodig om deze goed te begrijpen.

Denkvermogen en geheugenprestaties

Toch zijn er ook een aantal neurobiologische verschillen tussen jongens en meisjes die gerelateerd lijken aan verschillen in denkvermogen. Door onder andere een grootschalige studie in de VS met ruim 3.500 jonge deelnemers van 8-21 jaar weten we dat er meerdere cognitieve en emotionele verschillen zijn tussen jongens en meisjes. Al vanaf de kindertijd zijn meisjes beter in het onthouden van gezichten en woorden. Ze zijn ook sneller en nauw-

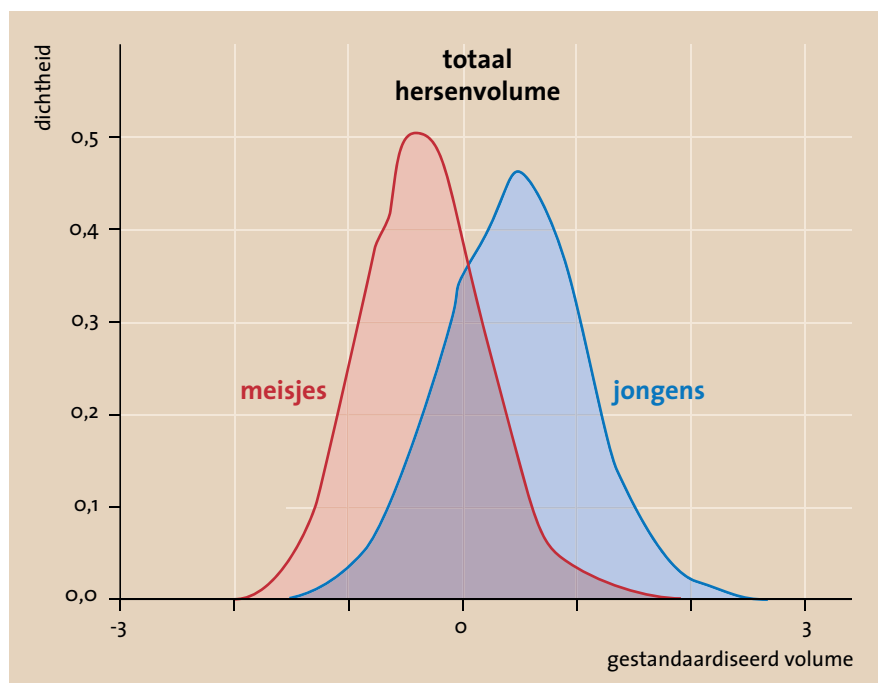
keuriger in het herkennen en onderscheiden van emoties en het inleven in anderen. Jonge meisjes kunnen bijvoorbeeld al beter inschatten wanneer anderen getroost willen worden dan jongens. Vanaf de puberteit worden deze verschillen steeds groter.

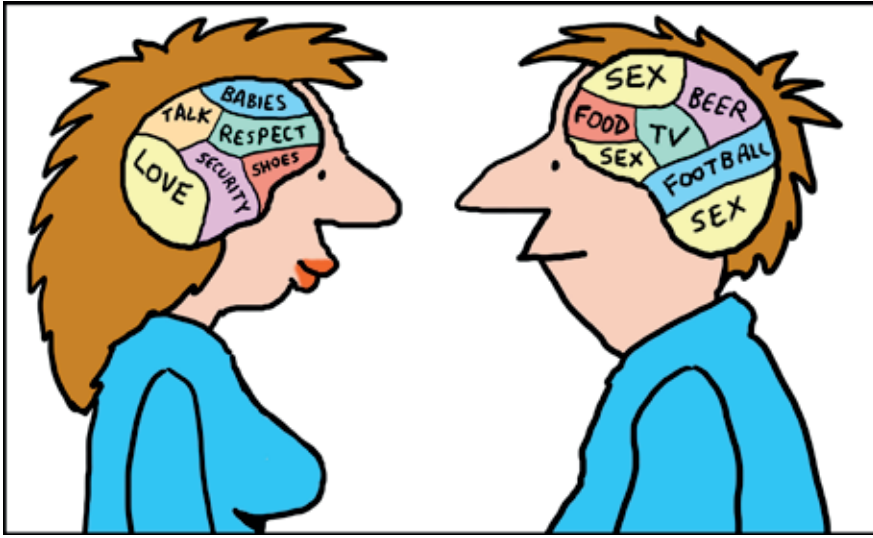
Bovenop zich vroeg uitende verschillen ontstaan er vanaf de puberteit nieuwe discrepanties. Meisjes worden sneller in het verwerken van verbale informatie en beter in hun aandacht langdurig bij een taak houden. De grootste verschillen zien we op taken waarbij je visuele informatie moet onthouden of waarbij ruimtelijk inzicht belangrijk is. We zien dat jongens op dit soort taken beter gaan presteren dan meisjes. Maar zelfs op de taken waarbij de allergrootste verschillen worden gevonden, is er nog ruim 80% overlap tussen de scores van jongens en meisjes. De verschillen in prestaties binnen de groepen jongens en meisjes lijken dus groter dan de verschillen tussen de groepen.

Uit hersenonderzoek blijkt dat geheugenverschillen tussen jongens en meisjes mogelijk ook te zien zijn in de hersenen. De hippocampus, een gebied dat belangrijk is voor leren en voor geheugenfuncties, blijkt na de puberteit groter te zijn bij meisjes dan bij jongens. Ook hebben onderzoekers laten zien dat het volume van de hippocampus een verband vertoont met de geheugenprestaties van meisjes: een grotere hippocampus hangt samen met een beter geheugen.

De relatie tussen het volume van de hippocampus en geheugenprestaties is een redelijk nieuwe bevinding en onderzoekers zijn daarom benieuwd of er in andere gebieden soortgelijke relaties te vinden zijn. Daarnaast zijn oorzaak en gevolg nog onduidelijk: hebben meisjes een beter geheugen omdat ze een grotere hippocampus hebben, of neemt het volume van de hippocampus toe omdat meisjes meer gebruik maken van hun geheugencapaciteiten? De hersenen zijn ten slotte plastisch, wat betekent dat het brein veran-

Voorbeeld van volumever verschillen van de hersenen in een groep jongens en meisjes. De x-as geeft bij o het gemiddelde volume van de hele groep aan. Een lager volume (-) geeft een kleiner brein dan gemiddeld aan, een hoger volume (+) een groter brein dan gemiddeld. Hoe hoger de berg, hoe meer individuen dit volume hebben.





Vooroordelen?

dert door onze ervaringen en interacties met de omgeving.

Effecten van stereotiepe verwachtingen

Het verschil in de verwachtingen die wij hebben van jongens en meisjes zal ook van invloed zijn op hoe hun hersenen en vaardigheden zich ontwikkelen. De effecten van dergelijke sociale verwachtingen op de ontwikkeling van jongens en meisjes is evident. Dit begint al op jonge leeftijd door verschillen in de interacties met ouders. We weten dat meisjes beter zijn in het herkennen van emoties, maar ze oefenen hier vanaf jonge leeftijd ook al meer mee dan jongens. Onderzoek heeft laten zien dat tijdens het bespreken van sociale interacties meisjes meer uitleg krijgen over gevoelens en emoties dan jongens. Dit gebeurt tijdens gesprekken, maar ook wanneer ouders voorlezen of verhaaltjes vertellen. Met jongens worden emoties minder besproken, behalve als het gaat om boosheid of woede, emoties die meer geaccepteerd worden van jongens dan van meisjes.

Verschillen in omgang zien we ook in het onderwijs: de goede prestaties van jongens worden vaker

toegeschreven aan talent, terwijl bij meisjes de nadruk wordt gelegd op hun inspanning. En deze ideeën over wat jongens en meisjes kunnen, zijn van invloed op hoe ze presteren. Uit onderzoek blijkt dat als meisjes horen dat ze een taak gaan maken waarop jongens meestal beter presteren, hun prestaties achteruit gaan. Maar als aan meisjes verteld wordt dat ze even goed of zelfs beter zijn in de taak dan gaan hun prestaties juist vooruit. Jongens laten deze effecten ook zien, maar in mindere mate. Het benadrukken van verschillen tussen jongens en meisjes kan er dus voor zorgen dat deze verschillen daadwerkelijk ontstaan.

Geen jongens- of meisjesbrein

Er zijn dus verschillen te zien in zowel de hersenen als het gedrag van jongens en meisjes. Toch zijn de meeste onderzoekers het er over eens dat jongens en meisjes meer hetzelfde zijn dan verschillend. We kunnen op basis van een hersenscan of een cognitieve test nooit met zekerheid bepalen of iemand een jongen of een meisje is: de verschillen tussen de groepen zijn namelijk meestal kleiner dan die binnen de groepen. Om dit te illustreren wordt vaak het voorbeeld van lengte gebruikt. Mannen zijn gemiddeld langer dan vrouwen, maar we kunnen op basis van alleen iemands lengte niet weten of iemand een man of een vrouw is. Er zijn namelijk ook lange vrouwen en kleine mannen. En een puur jongensbrein of meisjesbrein? Dat bestaat ook niet.

Zelfbeeld, wie ben ik?

■ DRS. LAURA VAN DER AAR
EN DRS. RENSKÉ VAN DER CRUIJSEN

EDEREEN HEEFT wel eens de vraag gehad zichzelf te beschrijven, bijvoorbeeld voor een schoolopdracht of voor een sollicitatiegesprek. Om hier goed antwoord op te kunnen geven, is het nodig om te kunnen reflecteren op het eigen zelfbeeld door vragen te stellen zoals: “Wie ben ik?” en “Wat past goed bij mij?”.

Wat is zelfbeeld?

Het zelfbeeld is het beeld dat iemand van zichzelf heeft. Dit beeld is subjectief en niet altijd direct zichtbaar. Het gaat om eigenschappen zoals nieuwsgierig, jaloers of slim zijn. Zelfbeeld kan worden onderverdeeld in verschillende domeinen, waaronder sociale vaardigheden, het uiterlijk en schoolse/academische vaardigheden. Het zelfbeeld hoeft niet in alle domeinen even positief te zijn; iemand kan bijvoorbeeld erg positief zijn over zijn of haar academische vaardigheden, maar minder positief

Studeren of feesten?



over zijn of haar sociale eigenschappen. Het verschilt ook van persoon tot persoon hoe belangrijk de verschillende domeinen van het zelfbeeld worden gevonden. Sommige mensen hechten relatief veel waarde aan hun uiterlijke of academische eigenschappen, terwijl anderen het belangrijker vinden om goede sociale eigenschappen te hebben.

Iemands zelfbeeld heeft ook te maken met zelfvertrouwen. Waar zelfbeeld gaat om concrete zelfbeschrijvingen, gaat zelfvertrouwen over de waarde die een persoon daaraan hecht. Zelfvertrouwen is de algehele evaluatie van het zelf: vindt iemand zichzelf een waardevol persoon, heeft iemand in het algemeen een positieve zelfwaardering?

Belang van zelfbeeld

Mensen die zichzelf goed kennen en weten wat ze belangrijk vinden, kunnen makkelijker passende keuzes maken. Dat kan gaan om relatief eenvoudige keuzes, zoals tussen een avondje studeren of feesten. Het kan ook om gewichtiger keuzes gaan, zoals het kiezen van een geschikte studie of een passende baan.

Zelfbeeld hangt ook samen met prestaties in verschillende domeinen. Zo blijkt bijvoorbeeld dat een positief academisch zelfbeeld samenhangt met betere academische prestaties, een relatie die soms zelfs sterker is dan voor cognitieve maten zoals IQ. Dit inzicht zou men kunnen toepassen bij het geven van bijles door niet alleen aandacht te geven aan de vakinhoud, maar ook aan het zelfbeeld van de student voor dat vak.

Verder heeft het zelfbeeld ook sterk te maken met gezondheid en algemeen welzijn. Mensen die leiden aan psychologische ziektes zoals depressie, angst en eetstoornissen, hebben vaak ook een negatief zelfbeeld.

Van positief naar realistisch

Jonge kinderen hebben over het algemeen een erg positief zelfbeeld, vaak onrealistisch positief. Dat

komt onder andere doordat ouders en verzorgers meestal erg positief zijn tegenover hen. Naarmate kinderen ouder worden, wordt het zelfbeeld wat negatiever. Ze leren dan dat ze naast positieve ook negatieve eigenschappen hebben. Ze gaan zich meer spiegelen aan andere leeftijdsgenoten, en zien dan dat anderen soms ergens beter in zijn dan zij, bijvoorbeeld op school of bij de sportvereniging.

Tijdens de adolescentie wordt het zelfbeeld naast realistischer ook complexer. Dat komt door de cognitieve en sociale ontwikkeling. Cognitieve ontwikkelingen zorgen ervoor dat jongeren op een steeds hoger niveau zelfbeschrijvingen kunnen maken. Jonge kinderen kunnen over zichzelf zeggen dat ze goed zijn in rennen en lezen, maar oudere kinderen en adolescenten hebben het eerder over sportief of slim. Naarmate adolescenten nog meer cognitieve vaardigheden ontwikkelen kunnen ze ook eigenschappen die elkaar tegen spreken – zoals zowel introvert als extrovert kunnen zijn – integreren in een eigenschap van een nog hogere orde: gedrag goed kunnen afstemmen op de situatie (adaptief zijn).

Daarnaast zijn er sociale ontwikkelingen die de verandering van het zelfbeeld beïnvloeden. Zo bevinden jongeren zich in steeds meer verschillende sociale situaties waarin ze telkens een andere rol hebben. Jonge kinderen hoeven vaak thuis alleen de rol van kind aan te nemen. Maar als ze

ouder worden, moeten ze op school de rol van leerling aannemen, bij de sportvereniging een teamspeler zijn, bij vrienden de goede vriend, en tijdens een bijbaantje zich gedragen als werknemer.

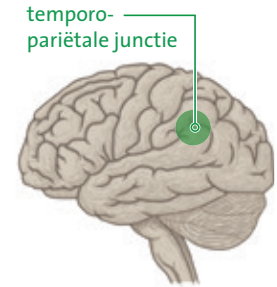
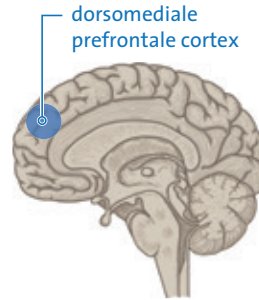
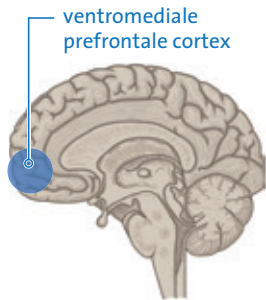
Wanneer jongeren merken dat ze zich steeds iets anders gedragen in al die verschillende sociale situaties kan dat verwarrend zijn. Ze gaan zich afvragen wie ze *echt* zijn of dat ze misschien wel *nep* zijn als ze zich anders gedragen in verschillende situaties. Wanneer adolescenten ouder worden lukt het vaak om al die eigenschappen te integreren en om te accepteren dat het normaal is om een andere versie van zichzelf te zijn in verschillende sociale omgevingen.

Ook brengen jongeren meer tijd door met leeftijdsgenoten en hechten meer waarde aan wat zij van hen vinden. Onderzoek heeft laten zien dat hoe iemand denkt dat anderen over hem/haar denken, invloed kan hebben op hoe iemand over zichzelf denkt, dus op het eigen zelfbeeld. Dit, in combinatie met de toename in sociale spiegeling, zorgt ervoor dat adolescenten vaak het gevoel hebben dat anderen hen constant in de gaten houden en beoordelen, het zogenoemde ‘imaginary audience’: het denkbeeldig publiek. Aan het eind van de adolescentie realiseren jongeren zich gelukkig dat dit eigenlijk allemaal wel meevalt en dat anderen hen niet steeds bekijken, maar eigenlijk ook meer met zichzelf bezig zijn.

Drie voorbeelden van taken die gebruikt worden om het zelfbeeld in de hersenen te meten. Van links naar rechts: een taak voor het nadenken over het zelf, een taak voor het nadenken over het zelf vanuit het perspectief van anderen, en een taak voor het nadenken over een ander.



Het onderste gedeelte van de mediale prefrontale cortex (mPFC), de ventromediale PFC, is actief voor het nadenken over het zelf, en het nadenken over anderen die dicht bij het zelf staan. Het bovenste gedeelte van de mPFC, de dorsomediale PFC, is actief bij het nadenken over anderen die verder van het zelf af staan. De temporo-pariëtale junctie (TPJ) is een gebied dat belangrijk is voor perspectief nemen. In adolescenten wordt dit gebied ook actief wanneer ze de opdracht krijgen over zichzelf na te denken vanuit hun eigen perspectief.



Zelfbeeld in de hersenen

Om zelfbeeld in de hersenen te onderzoeken, vragen wetenschappers jongeren hun eigen eigenschappen te beoordelen via een aantal zelfreflectievragen, terwijl ze in een MRI-scanner liggen. Ze krijgen achtereenvolgens verschillende eigenschappen te zien, zoals 'ik ben slim' of 'ik ben aardig', en moeten dan aangeven hoe goed deze eigenschap bij ze past. Positieve en negatieve eigenschappen worden afgewisseld en vallen binnen de verschillende domeinen, bijvoorbeeld academisch, sociaal of uiterlijk. Terwijl de deelnemers antwoord geven, wordt met een MRI-scanner gemeten welke gebieden er in de hersenen actief zijn. Zo is te achterhalen welke hersengebieden belangrijk zijn voor het nadenken over het zelf in het algemeen en voor het evalueren van specifieke eigenschappen zoals het eigen uiterlijk of academische vaardigheden.

Bij een variant op dit onderzoek wordt de deelnemers gevraagd om aan te geven hoe goed eigenschappen passen bij een bekende of onbekende persoon, bijvoorbeeld iemands moeder, vriend of Harry Potter. Op deze manier is verschil te zien tussen de activatie bij het nadenken over het zelf en het nadenken over anderen. Bij nog een andere variant beoordelen deelnemers hun eigen eigenschappen vanuit het perspectief van een ander, bijvoorbeeld hun moeder of hun leeftijdsgenoten. Ze krijgen dan bijvoorbeeld de stelling: Leeftijdsgenoten denken over mij dat ik slim ben. Dit geeft

inzicht in hersenactivatie bij het nadenken over het zelf vanuit het perspectief van anderen.

Er zijn gebieden in het brein die altijd actief worden wanneer kinderen, jongeren of volwassenen over zichzelf nadenken. Dit zijn de corticale midlijnstructuren (CMS) die binnen in het midden van de hersenen liggen. Het belangrijkste gebied daarin is de mediale prefrontale cortex (mPFC). Hersenonderzoek heeft laten zien dat de onderkant van de mPFC meer actief wordt bij het nadenken over het zelf of over anderen die erg dicht bij staan, zoals een beste vriend of moeder. Een iets hoger gelegen gebied van de mPFC is betrokken bij het nadenken over anderen die verder af staan, zoals Harry Potter.

Bij onderzoek waarin werd bestudeerd welke hersengebieden actief worden wanneer mensen nadenken over wat anderen van ze vinden, werd niet alleen de mPFC geactiveerd, maar ook een ander hersengebied: de plek waar de temporale en de pariëtale hersenschors samenkomen (temporo-pariëtale junctie; TPJ). Activatie van de TPJ heeft te maken met perspectief nemen en inleven in anderen. Opvallend is dat dit gebied bij adolescenten, maar niet bij volwassenen, ook actief wordt wanneer zij over zichzelf nadenken vanuit hun eigen perspectief. Dit suggereert dat jongeren – meer dan volwassenen – ook het perspectief van anderen meenemen in hun zelfevaluaties.

Sociale acceptatie en afwijzing

■ DR. GEERT-JAN WILL

EEN AFWIJZING is pijnlijk in iedere fase van het leven. Maar voor jongeren is afwijzing door leeftijdsgenoten extra pijnlijk. Adolescenten maken zich meer zorgen over acceptatie door leeftijdsgenoten dan volwassenen en hun gevoel van eigenwaarde wordt sterk bepaald door wat leeftijdsgenoten van hen vinden. Dat is nuttig, want een gebrek aan sociale acceptatie in de adolescentie is vaak een voorloper van psychische problemen zoals een depressie. Is de verhoogde gevoeligheid voor acceptatie en afwijzing ook terug te zien in de hersenen? En reageert iedere puber op dezelfde manier op afwijzing? Of hangt dat af van hoe vaak een puber in het verleden afgewezen of gepest is?

Duim omhoog

Geïnspireerd door de razendsnelle ontwikkelingen in de virtuele sociale levens van pubers hebben hersenonderzoekers methoden ontwikkeld om te onderzoeken hoe puberhersenen reageren op sociale acceptatie. Hiervoor meten onderzoekers de hersenactiviteit van proefpersonen terwijl deze op een computerscherm zien of leeftijdsgenoten vrienden met hen willen worden wanneer zij taken uitvoeren die veel lijken op Facebook of Instagram. Zodra jongeren een duimpje omhoog zien gaan, wat duidt op acceptatie door een leeftijdsgenoot, worden hun *striatum* en *ventromediale prefrontale schors* actief. Deze twee hersenstructuren zijn belangrijk voor het leren onder invloed van beloningen.

Dieronderzoek heeft laten zien dat het striatum en de ventromediale prefrontale schors signalen ontvangen van neuronen in de hersenstam die gevoelig zijn voor de neurotransmitter dopamine. Deze dopamineneuronen diep in het brein vuren

sneller zodra een dier onverwacht een beloning krijgt na het uitvoeren van een taak. Bijvoorbeeld als het onverwacht een druppel fruitsap krijgt na het indrukken van een knop nadat een lampje ging branden. Op basis van dit dopaminerge leersignaal stelt het dier zijn verwachtingen bij. De volgende keer zal het weer een druppel sap verwachten zodra het lampje begint te branden. Op het moment dat deze beloning na een druk op de knop uitblijft, vertragen deze dopamineneuronen in vuursnelheid en stelt het dier zijn verwachting naar beneden bij.

Mensen gebruiken vergelijkbare leersignalen in het striatum en de ventromediale prefrontale schors, niet alleen om te leren over voedselbeloningen, maar ook om te leren over sociale beloningen zoals wie hen zal accepteren en wie niet. Bovendien gebruiken mensen deze leersignalen om te leren hoe waardevol zij zijn in de ogen van anderen. Zo stijgt ons gevoel van eigenwaarde op het moment dat wij leren dat een andere persoon ons accepteert en vooral als dit onverwacht is.

Het hersensysteem dat jongeren in staat stelt

Sociale buitensluiting is voor jongeren extra pijnlijk.

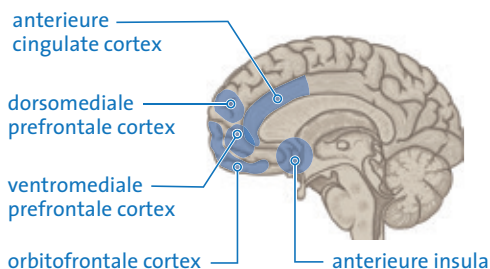


te leren van beloning en straf is tijdens de adolescentie nog volop in ontwikkeling. Wat dit voor gevolgen heeft voor de mate waarin het gevoel van eigenwaarde van adolescenten wordt beïnvloed door afwijzing wordt nog onderzocht. Er zijn wel aanwijzingen dat de ontwikkeling van de prefrontale schors hierin een belangrijke rol speelt. Zo oordelen adolescenten sneller negatief over een persoon die negatief is over anderen dan volwassenen. Volwassenen kunnen door hun meer ontwikkelde prefrontale schors een grotere hoeveelheid informatie over het eerdere gedrag van een persoon meewegen bij het vormen van een waardeoordeel na een afwijzing dan adolescenten.

Alarmsysteem geprikkeld

De hersenreacties op sociale acceptatie lijken dus erg veel op de reacties op basisprikkel die belangrijk zijn om te overleven, zoals het binnenkrijgen van voedsel. Ook de reacties op sociale afwijzing en uitsluiting vertonen overeenkomsten met reacties op basisprikkel, maar in dit geval zijn er meer gelijkenissen met prikkels die overleving bedreigen, zoals pijnprikkel. Zodra adolescenten buitengesloten worden in een online balspeltje, wordt hun *anterieure cingulate schors* en *anterieure insula* actief. Deze hersengebieden vormen een neurale alarmsysteem dat geactiveerd wordt zodra er iets in onze omgeving gebeurt waar we direct aandacht aan moeten besteden. Signalen in dit alarmsysteem motiveren ons om ons gedrag snel aan te passen, zoals het terugtrekken van je hand nadat je deze op een hete pan hebt gelegd, maar dus ook bij complexere ervaringen zoals sociale uitsluiting.

De hersenreacties op uitsluiting zijn niet bij iedere puber hetzelfde. Bij jongeren die op de basisschool langdurig afgewezen of gepest zijn door hun klasgenootjes, reageert het neurale alarmsysteem sterker. Zij vertonen meer activiteit in de *anterieure cingulate schors* en *anterieure insula* als zij worden buitengesloten dan hun klasgenootjes



Hersengebieden betrokken bij acceptatie en afwijzing.

die populair zijn en veel vrienden hebben. Het zou goed kunnen dat jarenlange blootstelling aan pesten hun neurale alarmsysteem gevoeliger heeft afgesteld, zodat zij sneller reageren op nieuwe afwijzing.

Overlevingsnetwerken

Onze hersenen reageren op een vergelijkbare wijze op acceptatie en afwijzing als op basisprikkel die de kans op overleving vergroten of verkleinen. De netwerken in het brein die deze reacties mogelijk maken zijn al vroeg in de kindertijd aanwezig, maar ontwikkelen zich gedurende de kindertijd en de adolescentie. De ontwikkeling van deze netwerken verloopt niet in een sociaal vacuüm. Persoonlijke ervaringen van afwijzing spelen een cruciale rol in het afstellen van de gevoeligheid van het hersennetwerk dat belangrijk is voor het reageren op sociale uitsluiting. Een gevoeliger afgesteld hersensysteem stelt adolescenten in staat sneller te leren wie hen accepteert in een levensfase waarin acceptatie cruciaal is voor de verdere ontwikkeling. Het kan adolescenten echter ook kwetsbaar maken voor psychische problemen zoals depressie als zij herhaaldelijk te maken krijgen met sociale afwijzing. Een beter begrip van het samenspel van sociale ervaringen en hersenontwikkeling kan bijdragen aan interventies om jongeren te helpen die kampen met psychische problemen door een gebrek aan acceptatie door leeftijdsgenoten.

Een hoogbegaafde in de klas?

■ DR. BART VOGELAAR

WAT HET begrip hoogbegaafdheid precies inhoudt, daarover heeft iedereen zo zijn eigen idee. Dat is ook niet zo vreemd, aangezien zowel in de wetenschap als in de praktijk verschillende definities worden gebruikt. Maar als we niet weten wat hoogbegaafdheid precies is, hoe kunnen we hoogbegaafde leerlingen dan herkennen? En hoe kunnen wij het best met hen omgaan in het onderwijs?

Hoogbegaafd: meer dan 'slim'

In de allereerste definities rond 1900 werd aangenomen dat hoogbegaafdheid gelijk stond aan een zeer hoge intelligentie. Toen in 1905 de eerste moderne intelligentietest uitkwam, kon er voor het eerst systematisch onderzoek worden gedaan naar verschillen in intelligentie. Twintig jaar later stelde de Amerikaanse psycholoog Lewis Terman op basis daarvan vast dat hoogbegaafden een IQ hadden van minimaal 140. Deze hoge intelligentie was volgens hem voornamelijk aangeboren en zou hoogbegaafden in staat stellen om uitzonderlijk goede prestaties te verrichten.

Gedurende de 20ste eeuw werd duidelijk dat hoogbegaafdheid meer omvat dan alleen een hoge intelligentie; er kwamen steeds meer voorbeelden van mensen met een hoge intelligentie die toch niet uitblonken in hun prestaties op school of op het werk. Joseph Renzulli, een andere bekende Amerikaanse psycholoog, stelde in 1978 dat hoogbegaafden naast een hoge intelligentie ook heel creatief zijn en een uitstekende motivatie hebben om taken tot een goed einde te brengen. Hoogbe-

gaafdheid bestaat volgens Renzulli dan ook alleen in het samengaan van deze drie factoren. Een leerling die, bijvoorbeeld, heel slim is, maar niet zo gemotiveerd of alleen binnen de gebaande paden denkt, zal waarschijnlijk niet de top van zijn of haar kunnen laten zien in schoolprestaties.

De rol van de omgeving

In het begin van de 21ste eeuw voegde de Nederlandse psycholoog Franz Mönks de rol van de omgeving toe aan Renzulli's definitie. De omgeving is belangrijk voor de mate waarin personen die *in potentie* hoogbegaafd zijn deze potentie ook uiten. Alleen in een juiste omgeving zal een hoogbegaafde ook hoogbegaafd gedrag laten zien. Vrienden, school en het gezin spelen hier een belangrijke rol in. In de praktijk betekent dit bijvoorbeeld dat als er binnen het gezin een klimaat heerst waar een kind niet anders mag zijn dan anderen, of dat op school hoge cijfers halen niet wordt gewaardeerd door klasgenoten, een hoogbegaafde zich waarschijnlijk zal aanpassen aan de norm.

Ook staat in de nieuwste definities van hoogbegaafdheid het begrip *ontwikkeling* centraal. Zo stelt de Canadese psycholoog François Gagné dat hoogbegaafdheid zich gedurende een mensenleven ontwikkelt. Zowel interne factoren (de persoon zelf) zoals motivatie en interesses, als externe factoren (de omgeving) zoals het schoolklimaat en ontwikkelingsmogelijkheden, bepalen of potentie zich ontwikkelt tot excellentie. Hersenonderzoek weerspiegelt dan ook het idee dat intelligentie niet alleen aangeboren zou zijn, zoals men aan het



Stanford-Binet intelligentie-test, 1937. In 1905 introduceerden Alfred Binet en Theodore Simon in Frankrijk het idee om intelligentie te meten met een IQ-test. Dit is de populaire versie uit 1937 geproduceerd door Lewis Terman en Maude Merrill in de Verenigde Staten. Deze versie maakt gebruik van objecten omdat de test gericht is op kinderen. Lewis Terman, een psycholoog aan de Stanford Universiteit, paste de IQ-test van Binet aan tot een meer Amerikaanse versie.

begin van de 20ste eeuw dacht, maar zich ontwikkelt. Net als we vaardigheden moeten trainen om vooruitgang te boeken, bijvoorbeeld met sport en voor het leren van woordjes, geldt dit ook voor intelligentie.

Om te bepalen in hoeverre een leerling aanleg heeft tot hoogbegaafdheid is er niet alleen een overzicht nodig van de *cognitieve en intellectuele* capaciteiten gemeten in een intelligentietest, maar ook van het vermogen om te leren, de creativiteit en het toepassen van vaardigheden. Dit kan bijvoorbeeld met een leerpotentieel-test, waarin via een training het leervermogen en de behoefte aan instructies worden gemeten.

Uitdagingen bieden

Onderzoek van de Amerikaanse psycholoog Barbara Clark uit 2011 toont aan dat intelligentie zich alleen optimaal kan ontwikkelen als de persoon in

kwestie voldoende uitdaging krijgt aangeboden. Zowel de functie als de structuur van ons brein veranderen door stimulatie, acties, gewaarwordingen en herinneringen. Om het potentieel van een (hoogbegaafde) leerling optimaal te benutten, moeten er dus mogelijkheden worden gecreëerd die de leerling uitdagen en stimuleren.

Hoogbegaafde leerlingen in het onderwijs voldoende uitdaging bieden blijft een lastige kwestie. Wat hierbij een rol speelt, is dat hoogbegaafden onderling, net als bij iedereen, grote individuele verschillen laten zien in hun vaardigheden, interesses en leermogelijkheden. Hoogbegaafdheid betekent namelijk niet *uitblinken te allen tijde en in alle vakken*.

Dat intelligentie zich ontwikkelt betekent dat ook hoogbegaafde leerlingen hulp en instructie nodig hebben om zich verder te kunnen ontwikkelen. Welke vorm deze hulp en instructie moet aannemen, is individueel bepaald en afhankelijk van het schoolvak. In het ideale geval zou voor iedere hoogbegaafde leerling voor elk vak een apart traject moeten worden opgesteld. Een dergelijk traject houdt dan rekening met de sterke en ontwikkelpunten van de leerling en sluit aan bij zijn of haar behoeftes en leervoorkeuren. Waar de ene hoogbegaafde leerling juist baat heeft bij versnelling, heeft een ander behoefte aan verdieping. Dus wat kan een leerkracht doen om een passend leeraanbod te maken voor een individuele hoogbegaafde leerling? Vraag vooral eerst de leerling zelf wat zijn of haar voorkeur is. Leren staat of valt immers met motivatie!



**Soms zit het mee, soms zit het tegen.
Professionele hulp en training kan dan
noodzakelijk zijn.**

3 Variaties in hersenontwikkeling

De adolescentie is een achtbaan vol intense emoties. Hoewel de meeste jongeren zonder problemen door deze fase heenkomen, is dit ook een kwetsbare periode waarin zich makkelijker sociale en emotionele problemen kunnen ontwikkelen. Volgens hersenwetenschappers komt dit onder andere door een disbalans in de hersenontwikkeling. De hersengebieden die betrokken zijn bij emoties ontwikkelen zich sneller dan de gebieden die betrokken zijn bij (zelf)controle. Hierdoor reageren jongeren emotioneler en kunnen lastiger weerstand bieden aan verleidingen. Ook laten ze zich makkelijker beïnvloeden door leeftijdsgenoten om vooral niet afgewezen te worden. Ontwikkelingsstoornissen zoals ADHD en autisme en ernstige lees- en leerproblemen vragen om gerichte aandacht en ondersteuning van jongeren tijdens deze turbulente fase in hun leven.

Van (katten)kwaad tot erger

■ DR. ANNELINDE VANDENBROUCKE,
DR. LUCRES NAUTA-JANSEN EN DR. KATY DE KOGEL

WIE HEEFT er wel eens gespijbeld, een klasgenoot getreiterd of snoep gestolen? Dit in wezen antisociale gedrag komt bij meer dan 90% van de adolescenten tussen de 12 en 21 jaar voor. We spreken van antisociaal gedrag wanneer iemand regels en normen overschrijdt die zijn afgesproken binnen een groep mensen, zoals binnen een familie, de school of de maatschappij. Door dit gedrag

worden andere mensen benadeeld of er wordt geen rekening gehouden met het gevoel van anderen, zoals bij pesten. Bij ernstige vormen van antisociaal gedrag komt ook agressie en geweld voor, zoals bij het vernielen van andermans spullen of een vechtpartij.

Wanneer antisociaal gedrag gepaard gaat met het overtreden van wetten, dan is er sprake van crimineel gedrag. Crimineel gedrag kan in ernst en mate van agressie verschillen, bijvoorbeeld van het stelen van etenswaren tot een beroving met zwaar geweld. Wereldwijd wordt door jongeren tussen de leeftijd van 18 en 25 jaar het vaakst een strafbaar feit gepleegd. In onderzoek geeft zo'n 55-65%

van de jongeren aan wel eens iets strafbaars te hebben gedaan. Dit gedrag gaat gelukkig meestal niet van kwaad tot erger: minder dan 1% van de Nederlandse volwassenen staat geregistreerd als verdachte van een delict. Blijkbaar is delinquent gedrag vaak een kortstondige 'uitspatting'. Hoe komt dit? Waarom vertonen zoveel jongeren antisociaal gedrag, en waarom verdwijnt dit gedrag bij de meeste jongeren, terwijl het bij sommigen extreme (criminele) vormen aanneemt?

Disbalans in hersenontwikkeling

Een van de redenen dat antisociaal gedrag vaker voorkomt tijdens de adolescentie heeft te maken met de hersenontwikkeling. Tijdens de puberteit vindt er een sterke ontwikkeling plaats in diepgelegen hersengebieden die zijn betrokken bij emotionele reacties en beloning, zoals de amygdala en het ventrale striatum. Dit zorgt ervoor dat jongeren zich meer laten leiden door emotionele prikkels en vatbaar zijn voor invloeden van leeftijdsgenoten. Daarnaast ontwikkelen de gebieden die betrokken zijn bij zelfcontrole en het reguleren van emoties zich langzamer. Dit zijn evolutionair nieuwere gebieden die zich in de hersenschors bevinden. Doordat de hersenontwikkeling van de verschillende gebieden niet gelijk loopt, nemen adolescenten gemiddeld genomen vaker beslissingen op basis van emoties en nemen ze meer risico's.

Een voordeel van een periode in de hersenontwikkeling waarbij emotie en het opzoeken van nieuwe prikkels centraal staan, is dat jongeren zich snel en eigenhandig wegwijs maken in de maatschappij: door schade en schande, lief en leed leren ze de normen en waarden van hun omgeving. Een nadeel is dat tijdens deze periode, mede dankzij de gevoeligheid voor de goedkeuring en afwijzing van leeftijdsgenoten, ook sneller negatieve keuzes kunnen worden gemaakt op basis van verhoogde emoties. Denk bijvoorbeeld aan

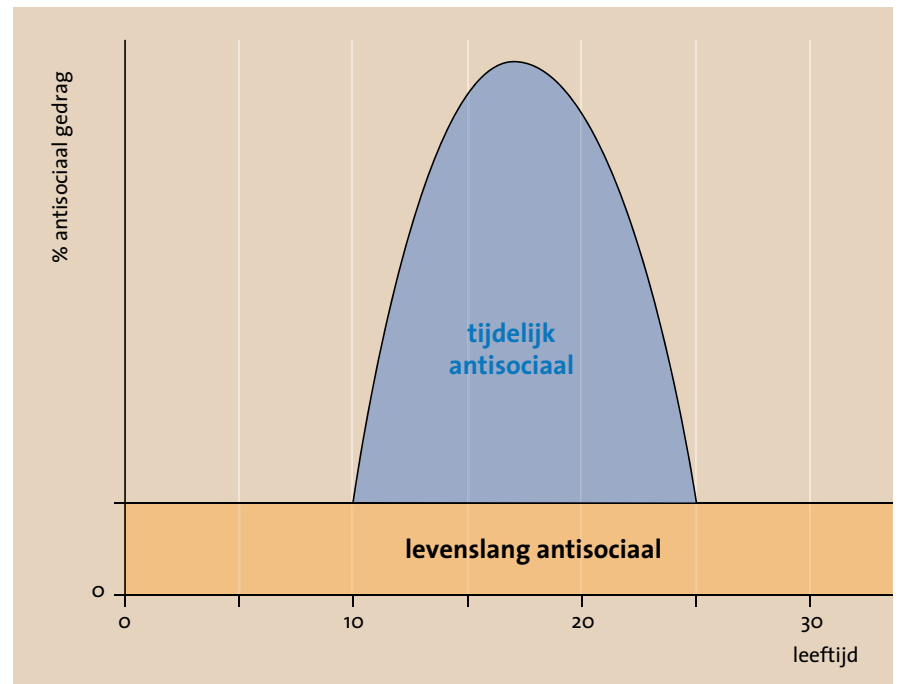
het meepesten van een klasgenoot of het vernielen van een bushokje om indruk te maken op vriendinnen en vrienden.

Kil en emotioneel

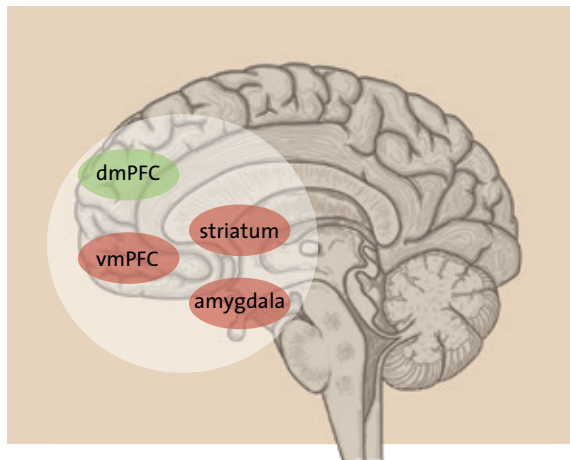
Sommige jongeren vertonen meer of agressievere vormen van antisociaal gedrag dan anderen. Wanneer er sprake is van overmatig antisociaal gedrag kan een psychische diagnose worden gesteld, zoals de grensoverschrijdende gedragsstoornis. Persoonlijkheidskenmerken die geassocieerd worden met antisociaal gedrag zijn bijvoorbeeld kille, emotionele trekken – het zich niet in kunnen leven in de emotie van anderen. Wanneer jongeren een gedragsstoornis hebben of hoog scoren op kille, emotionele trekken, is de kans groter dat hun antisociale gedrag crimineel wordt.

Uit onderzoek blijkt dat wanneer gebieden die betrokken zijn bij de emotie (amygdala) en zelfcontrole (prefrontale cortex) een andere grootte

Een schematische weergave van het voorkomen van antisociaal gedrag. Antisociaal gedrag piekt midden in de adolescentie. Bij een klein deel blijft dit antisociale gedrag langdurig voortbestaan.



Schematische afbeelding van hersengebieden die verbonden worden met antisociaal gedrag. vmPFC = ventrale mediale prefrontale cortex, dmPFC = dorsolaterale mediale prefrontale cortex.



of mate van activiteit hebben dan gemiddeld, dit effect heeft op de ernst van antisociaal gedrag. Met name bij jongeren die gediagnosticeerd zijn met een gedragsstoornis of kille, emotionele trekken is er minder activiteit in de desbetreffende gebieden of zijn deze gebieden kleiner. Dit zou kunnen betekenen dat bij deze jongeren de hersengebieden voor emotieregulatie en zelfcontrole zich langzamer ontwikkelen, of dat de gebieden minder makkelijk geactiveerd worden.

Lichamelijke stressreacties

De werking van het lichamelijke stress-systeem speelt ook een belangrijke rol bij antisociaal gedrag. Bij de meeste mensen reageert het lichaam op spannende gebeurtenissen door een verhoogde hartslag en bijvoorbeeld zweethanden. Ondertussen neemt in het bloed het stresshormoon cortisol toe. Deze reacties zijn nodig om goed te kunnen reageren op de spannende situatie. Een goed werkend stress-systeem is ook belangrijk bij het oppikken van sociale signalen. Wanneer iemand pijn en verdriet van anderen, of strafdreiging voor zichzelf, verwerkt en het systeem is te laag afgesteld, dan komen deze signalen minder effectief over. Aan de andere kant, wanneer het systeem overge-

voelig is, zullen juist milde emoties van anderen al heftige reacties veroorzaken.

Weinig opwinding en angst

Het blijkt dat mensen met ernstiger antisociaal gedrag een stressmechanisme hebben dat minder gevoelig is. Zij hebben gemiddeld genomen een lagere activiteit van het autonome zenuwstelsel. Een mogelijke verklaring is dat deze mensen meer antisociaal gedrag vertonen omdat zij meer sensatie zoeken. Volgens deze verklaring is het hebben van relatief weinig activiteit in het zenuwstelsel een onprettige staat van zijn, vergelijkbaar met vermoeidheid of verveeldheid. Om deze onprettige staat op te heffen, zouden deze mensen meer risicovol gedrag vertonen. Een andere verklaring is dat lage opwindbaarheid ervoor zorgt dat mensen weinig angst ervaren. Hierdoor zouden zij sneller over (sociale) grenzen gaan. Wanneer jongeren in de fase zitten dat ze antisociaal gedrag vertonen, zou sensatie zoeken en weinig angst kunnen leiden tot extremer antisociaal en mogelijk crimineel gedrag.

Nature en nurture

Maar wat beïnvloedt de ontwikkeling van de hersenen, waardoor bij de ene jongere antisociaal gedrag verdwijnt, terwijl het bij de andere verergert? Een deel van de hersenontwikkeling ligt al vast bij de conceptie: het DNA bepaalt welke hersengebieden zich meer of minder ontwikkelen en beïnvloedt de mate van gevoeligheid voor omgevingsfactoren. De genen van ouders bepalen dus mede de aanleg voor antisociaal gedrag van het kind. Zoals bij elk genetisch overdraagbaar kenmerk hoeft de ouder zelf dit gedrag niet te vertonen, maar kan wel de genen meegeven die dit gedrag in meer of mindere mate beïnvloeden. Of andersom, een ouder kan veel antisociaal gedrag vertonen, maar zijn of haar kinderen niet.

Naast erfelijkheid heeft ook de omgeving een grote invloed op hersenontwikkeling en gedrag.



Individuele genen spelen geen rol bij het ontwikkelen van antisociaal gedrag. Het samenspel van alle genen kan daarentegen wel een deel van de verschillen in antisociaal gedrag verklaren. Dit blijkt uit internationaal onderzoek van het VUmc en VU waarbij ruim 25.000 deelnemers betrokken waren.

Wanneer jongeren blootgesteld worden aan mishandeling, verwaarlozing of vrienden die grensoverschrijdend gedrag vertonen, zullen zij zelf sneller geneigd zijn dit ook te doen. De hersenontwikkeling van zo'n jongere verloopt dan anders dan bij een jongere die hier niet mee in aanraking komt. Andersom zou het kunnen dat wanneer een jongere vanuit zijn biologische ontwikkeling meer geneigd is om antisociaal gedrag te vertonen, hij hierin geremd wordt op het moment dat hij veel emotionele steun en stabiliteit van zijn ouders ervaart. Door deze omgevingsfactor wordt zijn hersenontwikkeling vervolgens gunstig beïnvloedt. Uit onderzoek blijkt inderdaad dat de huidige daling van jeugdcriminaliteit voor een deel te maken heeft met het algemeen minder in aanraking komen met risicofactoren zoals delinquente vrienden en alcohol, en een vergroting van beschermende factoren zoals emotionele steun en betrokkenheid van ouders.

Extreem antisociaal gedrag wordt dus vrijwel altijd veroorzaakt door een combinatie van genetische aanleg (nature) en omgeving (nurture). Denk

bijvoorbeeld aan de bekende Nederlandse verdachte Willem Holleeder. Ondanks dat hij en zijn broer en zussen dezelfde ouders hebben, vertoont alleen Willem extreem antisociaal gedrag. Het is dus niet enkel het genepakket (Willems vader liet veel antisociaal gedrag zien) of de omgeving (onveilige thuissituatie) die zorgt voor extreem gedrag, maar een samenloop van verschillende factoren.

Nieuwe modellen voor de praktijk

Welk praktisch nut heeft kennis over hersenontwikkeling bij antisociaal gedrag? Idealiter zou er bij problematisch gedrag een individueel biopsychosociaal profiel geschetst worden waarin zowel biologische, psychische als sociale invloeden op gedrag meegenomen zijn. Voorheen werd voornamelijk gekeken naar invloeden van de buurt, het gezin en de eigen attitudes wanneer een jongere crimineel gedrag vertoonde en bijvoorbeeld terecht kwam bij een justitiële instantie. Door kennis over het brein en lichamelijke reacties toe te voegen, kan dit profiel verrijkt en op belangrijke punten meer gepersonaliseerd worden. Een behandeling om antisociaal gedrag te reguleren bij een jongere waarvan het stress-systeem weinig reageert op straf zou er bijvoorbeeld anders uit kunnen zien dan bij een jongere met een gemiddelde stressrespons die voornamelijk antisociale vrienden heeft.

Dit alles is echter nog toekomstmuziek: er is nog niet genoeg informatie beschikbaar om individuele biopsychosociale modellen te vormen en toe te passen op basis van hersenontwikkeling. Meer onderzoek naar hersenontwikkeling en het daarbij inzoomen op individuele verschillen in antisociaal gedrag biedt de kans om jongeren met gedragsproblemen effectiever te behandelen, en om te voorkomen dat antisociaal gedrag van kwaad tot erger gaat.

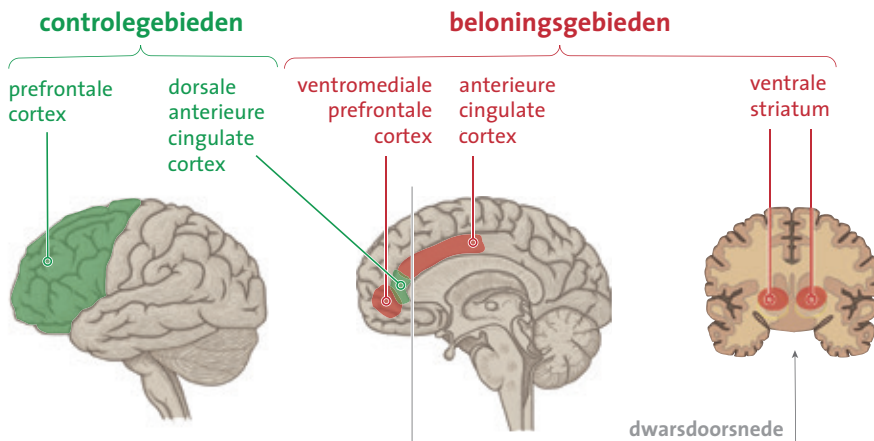
De invloed van verslaving

■ DRS. MARTINE GROEFSEMA

VOLWASSEN WORDEN gaat gepaard met veel veranderingen, zowel in gedrag, als in het lichaam en brein. Daarnaast verandert de invloed van de sociale omgeving sterk; wat vrienden vinden wordt belangrijker, terwijl de invloed van ouders steeds verder afneemt. Mede door al deze veranderingen komt risicogedrag veel meer voor tijdens de adolescentie.

Adolescenten hebben een grote drang zichzelf bloot te stellen aan nieuwe en intense ervaringen, bijvoorbeeld het experimenteren met alcohol, roken en andere verslavende middelen. Zo heeft 43% van de adolescenten in Europa hun eerste slok alcohol gedronken vóór hun 13de levensjaar. Dit is misschien minder onschuldig dan soms wordt gedacht, want het enkel proberen van een verslavend middel tijdens de adolescentie leidt vaak tot het regelmatig gebruiken van hetzelfde middel op latere leeftijd. Zo geeft bijvoorbeeld 90% van de volwassen rokers aan te zijn begonnen in hun tienerjaren. Het lijkt er zelfs op dat hoe jonger iemand is wanneer hij of zij experimenteert met middelen,

De belonings- en controlegebieden. De beloningsgebieden zijn het ventrale striatum, de ventromediale prefrontale cortex, en de anterieure cingulate cortex. De controlegebieden bestaan uit de prefrontale cortex en dorsale anterieure cingulate cortex.



hoe groter de kans is dat diegene later een alcohol- of drugsverslaving ontwikkelt.

Beloning in het brein

Tijdens de adolescentie vinden er meerdere grote veranderingen plaats in het brein, die ongeveer doorgaan tot het 25ste levensjaar. De grootste verandering is *pruning* (snoeien), waarbij het hersenvolume vermindert en er efficiënter gebruik gemaakt wordt van het brein. Dit is een biologisch proces en vindt geleidelijk plaats.

Bij de geboorte hebben we veel hersencellen, ook wel grijze stof genoemd. Onder invloed van *pruning* houden we vooral die hersencellen over die veel gebruikt worden. Tegelijk met de afname in grijze stof, neemt de witte stof toe. Dit zijn de verbindingen tussen hersencellen. Een toename in witte stof verbetert de communicatie tussen hersengebieden.

Dit proces van *pruning* gebeurt echter niet even snel in alle hersengebieden. De beloningsgebieden die ervoor zorgen dat jongeren de drang voelen om te experimenteren met nieuwe ervaringen ontwikkelen sneller dan de controlegebieden die belangrijk zijn om ons gedrag te kunnen controleren en onderdrukken. Dit kan ervoor zorgen dat, ondanks het voornemen om geen alcohol te drinken vanwege een toets de dag erna, er 's avonds toch impulsief een glas gedronken wordt.

De beloningsgebieden worden vooral beïnvloed door de stof dopamine. Dit is een *neurotransmitter* die belangrijk is voor de communicatie tussen cellen. Als dopamine wordt afgegeven in de beloningsgebieden ervaren we een geluksgevoel. Adolescenten blijken meer gevoelig te zijn voor dopamine en laten een verhoogde activiteit zien in onder andere het ventrale *striatum*, het belangrijkste beloningsgebied van het brein. De disbalans in de ontwikkeling van de belonings- en controlegebieden speelt een rol in het verklaren van middelengebruik tijdens de adolescentie.

Jongeren zijn extra gevoelig voor verslaving

Drie fasen tot verslaving

Er zijn grofweg drie verschillende fasen in het ontstaan van een verslaving bij jongeren, waarbij de hersenen een rol spelen: 1) het starten of experimenteren, 2) het doorgaan naar regulier gebruik, en 3) het ontwikkelen van problematisch gebruik of een verslaving. Dat jongeren juist tijdens de adolescentie vaker experimenteren met middelen, kan komen doordat de beloningsgebieden verder ontwikkeld en meer actief zijn. De verhoogde gevoeligheid van het brein voor de positieve effecten van een middel kan het belonende effect vergroten en daarmee ook de kans dat het nogmaals gebruikt wordt.

Dat jongeren sneller doorgaan naar regulier gebruik, kan verklaard worden door één van de meest prominente theorieën voor middelengebruik: de prikkelgevoeligheds-theorie (*incentive sensitization theory*). Deze theorie stelt dat er na het regelmatig gebruiken van een middel, een overgevoelighedsreactie kan ontstaan (*sensitization*)

voor belonende prikkels die samengaan met het gebruik. Deze prikkels kunnen geuren, voorwerpen of zelfs andere mensen zijn. Bijvoorbeeld, een roker kan een reactie in de beloningsgebieden krijgen bij het zien van een aansteker. Het slechts zien van de aansteker zal daarom de drang om te roken versterken. Uit dieronderzoek is bekend dat dit proces van prikkelgevoeligheid sneller plaatsvindt tijdens de adolescentie dan bijvoorbeeld tijdens de volwassenheid.

Verder ligt het voor de hand dat wanneer iemand minder goed controle kan uitoefenen over impulsen, die persoon ook een verhoogde kans heeft om middelen te gaan gebruiken. De minder ontwikkelde controlegebieden in de adolescentie kunnen zo ook invloed hebben op het gebruik. Uit dieronderzoek blijkt daarnaast ook dat het middelengebruik zelf kan zorgen voor verzwakking van de controlefuncties. Dus naast de latere ontwikkeling van controlegebieden kan het middelengebruik

Alcohol en tienerhersenen

Jongeren zijn extra kwetsbaar als het gaat om alcoholconsumptie. Niet alleen lopen ze sneller een alcoholvergiftiging op, ook hun hersenen zijn nog volop in ontwikkeling. In 2014 heeft de overheid daarom de minimumleeftijd waarop alcohol gekocht mag worden verhoogd van 16 naar 18 jaar.

Volgens de Gezondheidsraad, die eind 2018 het advies 'Alcohol en hersenontwikkeling bij jongeren' publiceerde, zijn er duidelijke aanwijzingen dat de hersenstructuur zich afwijkend ontwikkelt



bij jongeren die drinken. Zo liet het volume van de grijze stof in de hersenen een versnelde afname zien. Of alcoholconsumptie van invloed is op het cognitief functioneren of op de schoolprestaties van jongeren is nog onduidelijk. Wel is er een verband tussen jong beginnen met drinken en een grotere kans op een

alcoholprobleem op latere leeftijd. Hoe vaker jongeren drinken of hoe jonger ze zijn als ze beginnen met drinken, hoe hoger het risico is op het ontwikkelen van een alcoholprobleem, zoals verslaving. De raad vindt het daarom voor jongeren een verstandige keuze om niet te drinken.



Het jongerenbrein kan nog moeilijk maat houden.

zelf tijdens de adolescentie zorgen voor nog minder goed werkende controlegebieden, wat resulteert in een vicieuze cirkel.

Laat of niet beginnen

Over de derde fase, het problematisch gebruik van middelen of verslaving, is bij adolescenten nog erg weinig bekend. Waarschijnlijk komt dit doordat adolescenten niet vaak problemen rapporteren rondom hun gebruik; het lijkt sociaal geaccepteerd. Wel is bekend dat bij overmatig alcoholgebruik tijdens de adolescentie, structurele veranderingen kunnen plaatsvinden in de hippocampus, een gebied dat een grote rol speelt bij het geheugen. Ook laten adolescenten die *binge*-drinken (meer dan 5 drankjes per avond) of veel wiet gebruiken, structurele afwijkingen zien in de witte stof. Dit gaat vaak samen met een versterkte reactie op verslavingsprikkelers en verminderde cognitieve controle.

Hoewel veel adolescenten experimenteren met middelengebruik, raken lang niet alle adolescenten verslaafd. Ook individuele verschillen bepalen

of iemand gevoelig is voor verslaving of niet. Zo is bekend dat er een genetische aanleg is voor het ontwikkelen van een alcoholverslaving, en dat het hebben van een verslaafd familielid een risicofactor is voor problematisch middelengebruik.

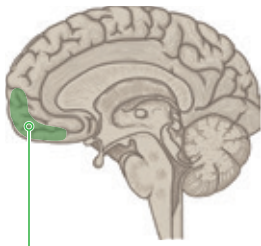
Het blijft echter onduidelijk wat de permanente gevolgen van middelengebruik voor het brein zijn. Het is namelijk moeilijk te onderzoeken of afwijkingen in het brein al aanwezig zijn voordat iemand begint met gebruiken of juist een gevolg zijn van het gebruik. Daarvoor zijn meer grote studies nodig die middelengebruik en breinontwikkelingen in kaart brengen over een langere periode. Wat we al wel kunnen concluderen is het volgende: door een verschil in de ontwikkeling van belonings- en controlegebieden en door een hogere prikkelgevoeligheid in het brein, is middelengebruik niet alleen meer belonend voor adolescenten maar verhoogt het ook de kans op het ontwikkelen van een verslaving in het latere leven. Daarom is het belangrijk om het starten van middelengebruik zo lang mogelijk uit te stellen.

Depressie bij jongeren

■ DR. MARIEKE BOS

DE ADOLESCENTIE is een emotionele achtbaan. Jongeren ervaren emoties veelal intenser dan volwassenen en emoties wisselen elkaar sneller af. Hoewel de meeste jongeren zonder problemen door deze ontwikkelingsfase heen navigeren, zijn jongeren in deze fase wel kwetsbaar voor het ontwikkelen van emotionele problemen.

Recente cijfers laten zien dat 1 op de 3 jongeren aangeeft psychische problemen te ervaren. Voor 1 op de 10 jongeren geldt dat deze klachten leiden tot (ernstige) verstoringen in hun dagelijkse leven. Ten opzichte van de kindertijd nemen emotionele problemen, waaronder angst- en stemmingsklachten, sterk toe. Ook het verschil tussen jongens en meisjes neemt in deze periode toe, waarbij meisjes twee tot drie keer zoveel emotionele klachten rapporteren als jongens.



orbitofrontale cortex

Depressieve klachten worden in verband gebracht met een versnelde ontwikkeling van frontale gebieden in de hersenen, waaronder de orbitofrontale cortex.

Negatieve stemming

Depressie is één van de psychische klachten die sterk toenemen tijdens de adolescentie. Iedereen ervaart wel eens een negatieve stemming, maar deze daling in stemming wordt veelal afgewisseld met positieve gevoelens. Om te spreken van een depressie moet de daling in stemming langer aanhouden (minimaal twee weken) en moet deze negatieve stemming het dagelijks functioneren belemmeren; er is sprake van lijdensdruk. Naast een negatieve stemming is er vaak ook sprake van een verlies van interesse of plezier in activiteiten.

Bij jongeren kan het lastig zijn om een depressie te herkennen, omdat zij ook tijdens een depressieve periode een positieve ervaring in stemming kunnen ervaren. De negatieve stemming keert dan echter snel terug. Andere symptomen van een depressie zijn: vermoeidheid, slaapproblemen,

gewichtsverlies, gevoelens van waardeloosheid, concentratieproblemen en terugkerende gedachtes aan de dood en zelfdoding.

Een depressie is een belangrijke risicofactor voor zelfdoding. Zelfdoding is doodsoorzaak nummer 1 onder Nederlandse jongeren blijkt uit recente cijfers (2017) van het Centraal Bureau van de Statistiek. Een depressie tijdens de adolescentie betekent ook een grotere kans op een herhaling van één of meerdere depressieve episodes tijdens de volwassenheid. Ook is er een hoger risico op de ontwikkeling van andere psychosociale problemen, zoals angststoornissen, verslaving, werkloosheid en problemen met fysieke gezondheid.

Afname grijze stof

Maar hoe komt het dat adolescenten gevoelig zijn voor het ontwikkelen van een depressie en wat is de rol van het brein hierin? De afgelopen twee decennia heeft de wetenschap een enorme sprong gemaakt in kennis over de ontwikkeling van de hersenen tijdens de kindertijd en adolescentie. Met magnetic resonance imaging (MRI) kunnen onderzoekers de (ontwikkeling van) hersenen van mensen in beeld brengen en bestuderen. Op een MRI-scan kunnen hersengebieden goed van elkaar worden onderscheiden. Hierbij wordt gekeken naar de zogeheten grijze stof die bestaat uit onder andere cellichamen en dendrieten. Rondom de start van de adolescentie neemt het volume aan grijze stof af. Deze ontwikkeling gaat door tot aan de jonge volwassenheid waarna het volume in grijze stof stabiliseert.

De snelheid waarmee het volume aan grijze stof afneemt verschilt per hersengebied. Zo ontwikkelen gebieden die betrokken zijn bij het ervaren van emoties, waaronder de amygdala, zich sneller dan gebieden die verantwoordelijk zijn voor het reguleren van emoties, zoals de prefrontale cortex. Verschillende theorieën veronderstellen dat deze ongelijktijdige ontwikkeling van de hersenen in



Een depressieve stoornis is te zien bij ongeveer 1% van de kinderen tot 12 jaar. In de leeftijdsgroep vanaf 12 jaar neemt het aantal jongeren met depressie toe: ongeveer 4% van de adolescenten lijdt er aan. Bij deze leeftijdsgroep treedt depressie twee maal zo veel op bij meisjes als bij jongens. (bron: Kenniscentrum kinder- en jeugdpsychiatrie)

combinatie met psychosociale veranderingen (bijvoorbeeld school, vrienden, romantische relaties) en biologische factoren (o.a. hormonale ontwikkelingen) een belangrijke verklaring vormt voor de sterke toename in emotionele problemen tijdens de adolescentie.

Negatieve spiraal

Is een depressie ook zichtbaar in de hersenen? Onze kennis over de relatie tussen de hersenen en depressie is veelal afkomstig uit onderzoek waarbij hersenscans van jongeren met een depressie vergeleken worden met hersenscans van een gezonde groep jongeren zonder depressie. Hieruit komt naar voren dat jongeren met een depressie een kleinere prefrontale cortex en hippocampus hebben. Ook jongeren die depressieve klachten ervaren, maar waarbij nog geen sprake is van een depressieve stoornis, lijken kleinere hersenvolumes te hebben in deze gebieden.

Een belangrijke vervolgvraag is hoe deze verkleining in de hersengebieden tot stand komt. Om deze vraag te kunnen beantwoorden, is het nood-

zakelijk om jongeren over een langere periode te volgen en op meerdere momenten te scannen in een MRI. Alleen op deze manier kan gekeken worden hoe de ontwikkeling van de hersenen verloopt over tijd en of dit gerelateerd is aan het ontwikkelen van een depressie.

In een recent onderzoek van het *Brain and Development Research Center* aan de Universiteit Leiden is een groep van ruim 200 jongeren uit de algemene populatie, in de leeftijd van 8 tot 28 jaar gevolgd over een periode van vijf jaar (2011-2016). Om de twee jaar is er een MRI-scan van de hersenen van deze jongeren gemaakt en op het laatste, derde meetmoment is gevraagd in hoeverre de jongeren depressieve gevoelens ervaren. Waar bij de start van het onderzoek geen van de jongeren een depressie rapporteerde, bleek na vijf jaar ruim 16 procent van de jongeren matige tot ernstige depressieve klachten te ondervinden. Dit komt overeen met (inter)nationale prevalentiecijfers. Het bleek dat depressieve klachten gerelateerd waren aan een versnelde ontwikkeling (ofwel sterkere afname in corticale dikte) van frontale gebieden in de hersenen, waaronder de orbitofrontale cortex. Dit hersengebied is onder andere belangrijk voor de verwerking van emotionele prikkels en het controleren van emotionele reacties.

Hoewel het verleidelijk is om te speculeren over de oorzaak van deze versnelde afname in grijze stof, bieden deze onderzoeken hier geen uitsluitend antwoord. Toekomstig onderzoek is nodig om meer zekerheid te bieden of deze versnelde hersenontwikkeling het gevolg of de oorzaak is van depressieve klachten. Het is echter waarschijnlijker dat de waarheid in het midden ligt. Er komen steeds meer aanwijzingen dat er sprake is van een wisselwerking tussen ervaringen van jongeren (bijvoorbeeld, het ervaren van steun van vrienden en ouders of buitengesloten worden door leeftijdsgenoten) en hersenontwikkeling die leidt tot een negatieve spiraal en mogelijk een depressie.

Depressief of niet depressief?

De scheiding tussen een depressie en geen depressie is kunstmatig en wordt gemaakt op basis van het voldoen aan een minimum aantal symptomen, duur van de symptomen en de last die iemand ervaart. Hoewel de diagnose medisch relevant is, is de neurobiologische basis voor een dergelijk scheiding niet aangetoond. Er lijkt eerder sprake te zijn van een geleidelijke schaal in de mate van depressieve klachten en deze is gerelateerd aan zowel hersenvolume als de ontwikkeling van hersenvolume. Kunnen we nu op basis van een individuele hersenscan zien hoe depressief iemand is? Het antwoord luidt nee. Het aangetoonde verband tussen het brein en depressie is gebaseerd op het meten van een grote groep mensen. Dit betekent dat we op dit moment niet in staat zijn om op basis van een enkele individuele scan een depressie vast te stellen, laat staan de ernst van een depressie. Of we hier ooit toe in staat zijn zal de toekomst uitwijzen. Hierbij moet wel gezegd worden dat de hersenen een stukje van de puzzel zijn voor het begrijpen van depressie en dat bijvoorbeeld genetische kwetsbaarheid en omgeving ook een belangrijke rol spelen.

Kinderen met ADHD hebben gemiddeld een iets kleiner hersenvolume

Hersenscans bij ADHD en autisme

■ DR. DIENKE BOS EN PROF. DR. SARAH DURSTON

ADHD EN autisme spectrum stoornissen zijn de twee meest gediagnosticeerde ontwikkelingsstoornissen bij kinderen. Ongeveer 5% van de schoolgaande kinderen heeft een diagnose ADHD, en 1% krijgt een diagnose autisme. Op het eerste gezicht lijken ADHD en autisme heel verschillende aandoeningen. Kinderen met ADHD zijn vaak druk, impulsief en ongeconcentreerd. Kinderen met autisme hebben problemen met sociale interactie en communicatie, en hebben juist graag vaste routines en moeite met verandering. Beide aandoeningen hebben doorgaans ook een verschillend verloop. Ongeveer een derde van de kinderen met ADHD 'groeit' over de symptomen heen: zij voldoen als volwassene niet meer aan de diagnose, ook al geven ze vaak aan nog steeds intern onrustig te zijn. Bij mensen met autisme veranderen de symptomen met de leeftijd, maar zullen ze in veruit de meeste gevallen niet verdwijnen.

Verskil in hersenvolume

Er zijn veel aanwijzingen dat de ontwikkeling van de hersenen bij kinderen met ADHD of autisme anders verloopt dan bij leeftijdsgenoten. Kinderen

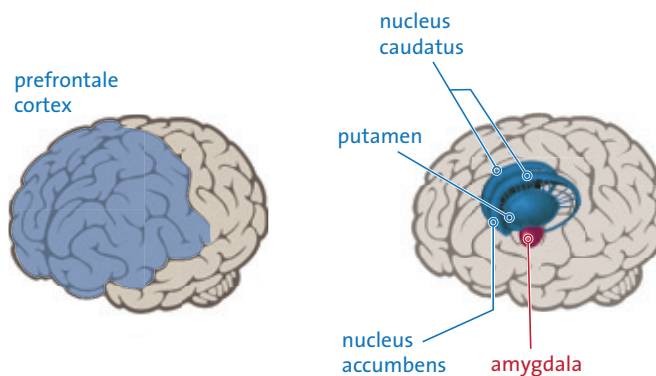
- | | |
|------|--|
| ADHD | ADHD is de afkorting voor Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder ofwel aandachts-deficiëntie/hyperactiviteitsstoornis |
| ASS | Autisme Spectrum Stoornis (ASS) is de verzamelnaam voor de verschillende vormen van autisme die voorheen bekend stonden als klassiek autisme, Asperger en PDD-NOS. |

met ADHD hebben gemiddeld een iets kleiner hersenvolume. Een veel onderzochte theorie is die van de vertraagde hersenontwikkeling. Sommige hersengebieden, vooral in de prefrontale cortex, zouden bij kinderen met ADHD volgens deze theorie achterlopen in de ontwikkeling. Die achterstand halen kinderen met ADHD aan het einde van de adolescentie weer in. Deze 'vertraagde ontwikkeling' past op het eerste gezicht mooi bij het drukke, onoplettende, ofwel 'jonge' gedrag van kinderen met ADHD. Het verklaart echter niet waarom het grootste deel van de mensen met ADHD als volwassene nog steeds last heeft van deze symptomen.

Van kinderen met autisme werd juist gedacht dat hun hersenen zich sneller ontwikkelden en dat zij daarom ook een groter hoofd hadden. Recent onderzoek heeft echter laten zien dat *macrocefalie* (macro: groot, cefalus: hoofd) even vaak voorkomt bij kinderen met als zonder autisme. Wel zijn er aanwijzingen dat bij een kleine groep kinderen met autisme de hersenen in de eerste drie levensjaren veel sneller in volume toenemen dan bij leeftijdsgenootjes. De extreme toename in hersenvolume lijkt te worden veroorzaakt door een excessieve hoeveelheid neuronen in de prefrontale cortex. Deze snelle groei neemt na het derde levensjaar af, waarna het hersenvolume van deze kinderen met autisme niet meer verschilt van hun leeftijdsgenootjes. Het is niet duidelijk waarom de hersenen bij deze kinderen de eerste paar jaar zo snel groeien, of hoe dit precies verband houdt met de symptomen van autisme.

Vergelijkbare symptomen, verschillende oorsprong

Zowel ADHD als autisme worden in verband gebracht met veranderingen in de structuur en functioneren van de *frontostriatale netwerken* die onder andere bestaan uit de prefrontale cortex en het striatum (de basale kernen: *nucleus caudatus*



en *nucleus accumbens*). Dit hersennetwerk heeft onder andere te maken met vaardigheden zoals impulscontrole, beloningsgevoeligheid en bewegingscontrole. De hersenactiviteit in dit netwerk kan worden gemeten met functionele MRI. De deelnemers voeren daarbij tijdens de hersenscan een taak uit die te maken heeft met impulscontrole of beloningsgevoeligheid. Veranderingen in de hersenactiviteit tijdens het uitvoeren van die taken worden vaak in verband gebracht met ADHD of autisme.

Kinderen met ADHD hebben bijvoorbeeld vaak moeite met impulscontrole. Dit hangt samen met verminderde activiteit van de *inferieure frontale gyrus* en de *nucleus caudatus*, hersengebieden in respectievelijk de prefrontale cortex en de basale kernen die betrokken zijn bij doelgericht handelen. Kinderen met ADHD zijn ook vaak minder gevoelig voor beloning. Deze verlaagde beloningsgevoeligheid gaat gepaard met verminderde activatie van de *nucleus accumbens*, het beloningsgebied in de basale kernen. Echter, de biologie van de symptomen van ADHD is niet voor alle kinderen hetzelfde. Bij sommige kinderen hangen de symptomen van ADHD samen met problemen met impulscontrole, terwijl bij andere kinderen de symptomen juist samenhangen met problemen met beloningsgevoeligheid.

ADHD en autisme worden in verband gebracht met veranderingen in de structuur en functioneren van de prefrontale cortex en de basale kernen.

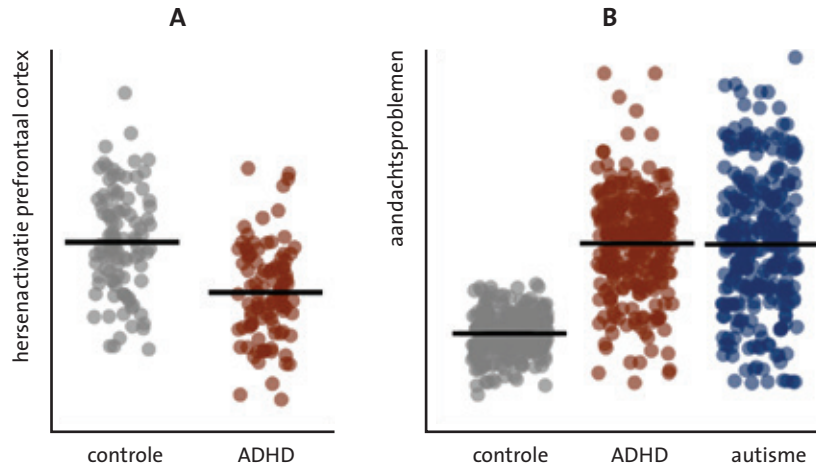
Aan de structuur of functie van de hersenen is niet te zien is of iemand ADHD of autisme heeft.

A. Hersenactiviteit.

Kinderen met ADHD hebben een gemiddeld lagere hersenactivatie in de prefrontaal cortex dan kinderen zonder ADHD. Het verschil is statistisch significant, maar er is ook een enorme overlap tussen de groepen. Dat betekent dat de mate van hersenactivatie niet veel zegt over of je ADHD hebt of niet.

B. Aandachtsproblemen.

Deze symptomen van ADHD komen ook bij de kinderen met autisme voor. Tot wel 80% van de mensen met autisme voldoet hieraan. Of omgekeerd: ongeveer de helft van de mensen met ADHD heeft trekken van autisme.



Ook kinderen met autisme hebben problemen met impulscontrole en beloningsgevoeligheid, alleen uit zich dit anders. Ze zijn rigide, hebben moeite met veranderingen en hebben vaak zeer intense hobby's en interesses. Een hogere mate van rigiditeit wordt bij kinderen met autisme in verband gebracht met een vergrote nucleus caudatus. Volgens de 'sociale motivatie'-hypothese ervaren jongeren met autisme sociale situaties als minder belonend en gaat dit gepaard met verminderde activatie van het beloningscentrum. Omgekeerd lijkt het beloningscentrum overactief bij de intense interesses die mensen met autisme kunnen hebben. Maar ook hier geldt, bij de ene persoon ligt mogelijk een verminderde sociale beloningsgevoeligheid ten grondslag aan de symptomen, terwijl bij een ander juist een overgevoeligheid voor de eigen interesses op de voorgrond staat.

Hersenscans voorspellen weinig

Toch is de belangrijkste conclusie van al het hersenonderzoek naar ADHD en autisme in de afgelopen decennia misschien wel dat aan de structuur of functie van de hersenen niet te zien is of iemand ADHD of autisme heeft. Dat klinkt

opmerkelijk omdat veel onderzoek laat zien dat de symptomen verband houden met veranderingen in activiteit van bepaalde hersengebieden. Echter, vanuit het meeste hersenonderzoek kijkt naar groepsgemiddelden. Zo kunnen kinderen met ADHD gemiddeld een lagere hersenactivatie in de prefrontale cortex hebben dan kinderen zonder ADHD. Tegelijkertijd is er een enorme overlap in de hoogte van hersenactivatie tussen kinderen met en zonder ADHD, waardoor de mate van hersenactiviteit niet veel zegt over of iemand ADHD heeft of niet.

Bovendien komen aandachtsproblemen, een symptoom van ADHD, ook bij kinderen met autisme voor. Tot wel 80% van de mensen met autisme voldoet aan de criteria voor een diagnose ADHD. Omgekeerd heeft ongeveer de helft van de mensen met ADHD trekken van autisme. Aan de ernst van de aandachtsproblemen alleen is niet af te leiden of iemand ADHD of autisme heeft. Dit geldt ook voor de hersenbouw en functie van kinderen met ADHD of autisme. Een lagere beloningsgevoeligheid lijkt samen te hangen met verminderde activatie van de nucleus accumbens, ongeacht of kinderen een diagnose ADHD of autisme hebben.

De criteria waaraan iemand moet voldoen om een diagnose ADHD of autisme te krijgen staan beschreven in het handboek voor de psychiatrie: DSM-5, de Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. Dit handboek is ontwikkeld om de communicatie tussen medici en onderzoekers te vergemakkelijken en eenheid in de diagnose te brengen. Het is belangrijk te beseffen dat een diagnose een beschrijving is van gedrag, geen biologische 'afwijking' die ergens in de hersenen 'zit'. De hersenen zijn niet gebouwd volgens de diagnostische criteria van de DSM-5. De diagnose ADHD of autisme zal dan ook nooit met een MRI-scanner kunnen worden gesteld. Maar, wat hebben we dan wel aan hersenonderzoek?

Kansen voor behandeling

De grootste meerwaarde van biologisch onderzoek zit in de kansen die het biedt voor behandeling. Het wordt in toenemende mate duidelijk dat er tussen verschillende aandoeningen een grote overlap is in symptomen en de biologie die daarbij betrokken is. Dit biedt nieuwe kansen voor behandeling, omdat de kennis die is opgedaan bij de ene stoornis kan worden ingezet bij de andere. Het begrijpen van de biologie van menselijk gedrag biedt ook potentiële aanknopingspunten om te kunnen voorspellen welke therapie voor wie geschikt is of welk medicijn zal werken. Mogelijk zullen nieuwe ontdekkingen over de hersenen zelfs leiden tot de ontwikkeling van nieuwe en meer gepersonaliseerde behandelingen.

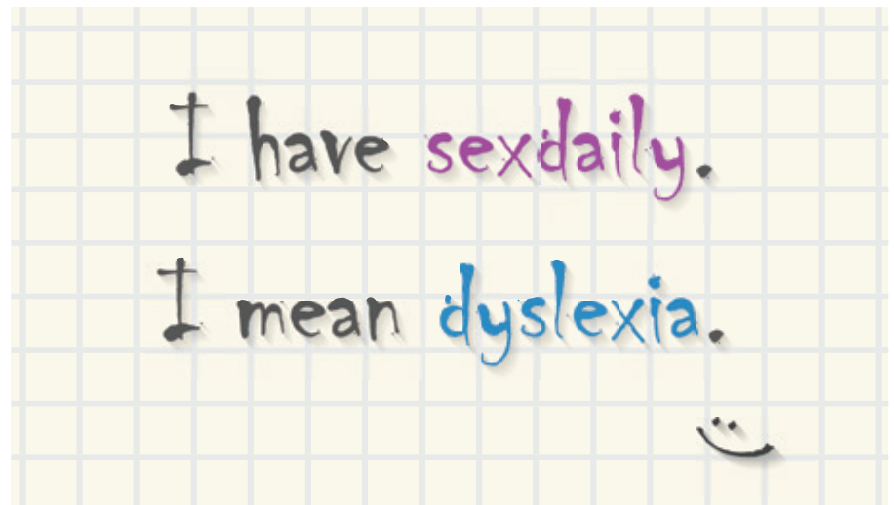
Dyslexie en breinontwikkeling

■ PROF. DR. MILENE BONTE

ONDANKS DAT alle kinderen in Nederland leren lezen via een standaard lesprogramma zijn er grote verschillen in het leesniveau dat daarmee wordt bereikt. Vloeiend kunnen lezen is niet alleen belangrijk voor het succesvol doorlopen van school en een vervolgopleiding, maar ook in het dagelijks leven. Denk bijvoorbeeld aan het lezen van een gebruiksaanwijzing of de ondertiteling van een film. Dit kan een groot obstakel vormen voor de ongeveer 10% kinderen die kampen met ernstige leesproblemen. Bij ongeveer de helft van deze kinderen is er sprake van dyslexie.

Wat is dyslexie?

Het woord dyslexie komt uit het Grieks. 'Dys' betekent 'beperkt' en 'lexis' betekent woord. Kinderen met dyslexie hebben veel moeite met het lezen en spellen van woorden, maar zijn niet minder intelligent dan kinderen zonder dyslexie. Het is een ontwikkelingsstoornis die te maken heeft met de



manier waarop hersengebieden die taal verwerken zich ontwikkelen.

Een kind van een dyslectische vader of moeder heeft 40 tot 50% kans om ook dyslexie te krijgen. Dyslexie zit dus in de genen, maar hoe precies is nog niet bekend. Hoewel er verschillende subtypes bestaan, hebben bijna alle dyslectici moeite met taken waarbij woorden in afzonderlijke spraakklanken opgedeeld moeten worden. Bijvoorbeeld: “Als ik het woord brood heb, en ik haal de ‘b’ eraf, wat houd ik dan over?”. Daarnaast verloopt vooral de eerste stap van het leren lezen, het koppelen van letters en spraakklanken, minder efficiënt.

Prehistorisch brein

Om dyslexie te begrijpen is het belangrijk om te weten wat er nodig is om te leren lezen. Waarom vergt het leren lezen bijvoorbeeld zoveel moeite en jarenlange oefening, terwijl het aanleren van gesproken taal bij jongere kinderen vanzelf lijkt te gaan? Een belangrijke verklaring hiervoor is dat ons brein nog hetzelfde brein is als dat van de prehistorische mens die al sprak lang voordat het schrift ontstond. De evolutie heeft daarom voor gesproken taal genoeg tijd gehad om onze hersenen te optimaliseren, terwijl dat voor lezen nog niet het geval is. Deze optimalisatie moet daarom plaatsvinden tijdens het leren lezen en bestaat uit een aanpassing van al bestaande hersenfuncties.

Spiegelschrift

Een eerste aanpassing die moet plaatsvinden, is dat een hersengebied voor visuele waarneming expert wordt in het herkennen van letters en geschreven woorden. Voorafgaand aan deze aanpassing schrijven kinderen vaak gespiegeld of verwarren letters als ‘b’ en ‘d’. Dit kan verklaard worden doordat spiegeling niet relevant is voor de herkenning van voorwerpen. Een kopje met het handvat aan de linkerkant blijft hetzelfde kopje wanneer het handvat naar de rechterkant gedraaid wordt. De visuele

cortex heeft dus geleerd om spiegeling te negeren. Maar bij letters werkt dit niet. Een gespiegelde ‘d’ is geen ‘d’ meer, maar een ‘b’. Om te leren lezen moet dit mechanisme afgeleerd worden. Spiegelschrift is dan ook een normale stap in de leesontwikkeling en geen teken van dyslexie. Wat wel kenmerkend is voor dyslexie is een minder goede optimalisatie van visuele hersengebieden voor letter- en woordherkenning.

Letters & klanken

Een tweede aanpassing is dat het gebied voor letter- en woordherkenning in de visuele cortex nauw verbonden raakt met andere hersengebieden die belangrijk zijn voor het herkennen van gesproken taal, bijvoorbeeld in de auditieve cortex. De auditieve cortex gaat hierdoor niet alleen op spraak reageren maar ook op geschreven taal. Dit vormt de basis voor de koppeling van letters en spraakklanken in het brein. Tijdens de normale leesontwikkeling op de basisschool wordt deze koppeling stapsgewijs geautomatiseerd, maar dit gebeurt veel minder of niet bij kinderen met dyslexie. Hierdoor blijft het vloeiend verklanken van geschreven woorden moeizaam. Daartegenover leren jongeren met dyslexie vaak meer gebruik te maken van andere hersengebieden, bijvoorbeeld voorin de hersenen (frontale cortex). Dit kan te maken hebben met compensatiestrategieën, zoals bijvoorbeeld het hardop uitspreken van woorden, het raden van woorden op grond van andere informatie in de zin of tekst, of het direct herkennen van visuele woordbeelden.

Dyslexie-interventie

Leesproblemen bij dyslexie zijn niet zomaar op te lossen door bijvoorbeeld het dragen van een gekleurde bril, het slikken van visolie of het lezen in een speciaal lettertype. Het enige wat echt helpt is het blijven trainen van letter-klankrelaties, het aanleren van spellingsregels met aandacht voor de

De visuele cortex heeft geleerd om bij voorwerpen spiegeling te negeren. Bij letters werkt dit niet. Een gespiegelde 'd' is geen 'd' meer, maar een 'b'. Om te leren lezen moet dit mechanisme afgeleerd worden.



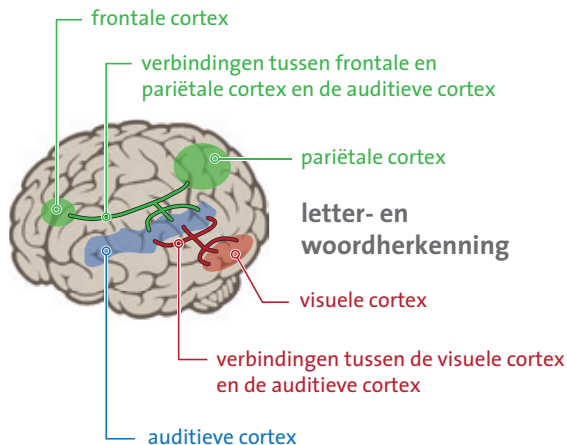
klankstructuur van het Nederlands en natuurlijk veel (blijven) oefenen met lezen. Onderzoek heeft laten zien dat een dergelijke training (interventie) de leesvaardigheid verbetert en leidt tot veranderingen in hersenfuncties voor het lezen. De verbetering in het lezen is echter niet bij alle kinderen te zien, mogelijk doordat interventie vaak pas laat, na een paar jaar leesonderwijs, start. Belangrijke doelen voor toekomstig wetenschappelijk onderzoek zijn daarom het vinden van vroege aanwijzingen voor dyslexie en het optimaal afstemmen van de interventie op het individuele kind. Bij dit laatste valt te denken aan een uitbreiding van de letter-klank-relatietraining met het trainen van compensatiestrategieën, maar ook met het verbeteren van het zelfvertrouwen.

Oorzaak en gevolg

Eerder onderzoek wijst op een mogelijk oorzakelijk verband tussen het leren lezen en de kwaliteit

van letter-klankrelaties in het brein. Maar omdat leren lezen een dynamisch proces is en hersenfuncties voor letter-klankkoppeling tijdens dit proces gevormd worden, is het lastig om oorzaak en gevolg duidelijk te onderscheiden. Met andere woorden, zijn de verschillen in hersenfuncties een indicatie voor een mogelijke oorzaak van dyslexie, of is dit een gevolg van een lager leesniveau, minder oefening met lezen en een andere leesstrategie? Om dit te weten te komen is het belangrijk om verder onderzoek te doen bij kinderen met en zonder dyslexie vanaf het begin van, of zelfs voorafgaand aan, de leesontwikkeling, met verschillende taaltests en hersenscantechnieken. Dat geeft meer inzicht in de voorspellende waarde van factoren zoals letter-klankkoppeling, spraakklankverwerking en hun onderliggende hersenfuncties, voor het leren lezen en leesproblemen bij dyslexie.

Verbindingen tussen hersengebieden zijn nodig om te leren lezen.



Leerproblemen in de praktijk: het ni

■ DR. IR. ASTRID VAN DE GRAAF

BIJNA ELKE ouder heeft weleens dat gevoel: mijn kind zit niet lekker in zijn vel, er is iets niet pluis. Als het dan ook niet goed gaat op school en het kind slechte cijfers haalt, dan kan er sprake zijn van leerproblemen. “Het is de kunst om daar de vinger achter te krijgen en het kind weer te stimuleren en te motiveren,” zegt klinisch neuropsycholoog dr. Dorine Slaats-Willemse, oprichter en directeur van Denkkraft, een expertisecentrum voor neuropsychologische diagnostiek en behandelingen. Ongeveer één op de vijf kinderen heeft leerproblemen. Dat varieert van een licht vertraagde ontwikkeling tot leermoeilijkheden als gevolg van ADHD, autisme, hersenletsel of een neurologische aandoening.

Komen leerproblemen nu meer voor dan vroeger of is het van alle tijden?

“Er is een aantal factoren waardoor leerproblemen zijn toegenomen. Zo zijn psychische problemen onder de jeugd schrikbarend toegenomen, en die gaan vaak samen met leer- en neurocognitieve problemen. De snelle technologische en maatschappelijke ontwikkelingen zorgen voor een toegenomen druk op de jongeren en hun brein. Denk daarbij aan sociale media, en veranderingen in het gezin als echtscheiding en werkloosheid. Bovendien is de wetenschappelijke kennis over het brein en stoornissen zoals ADHD toegenomen. Aan problematiek wordt daardoor sneller een label gehangen.”

Wat is er dan vaak niet pluis?

“Er zijn kinderen die slechte cijfers halen omdat ze een leerprobleem hebben: een of meerdere hersen-

gebieden zijn wat minder goed ontwikkeld, of het onderwijs biedt te weinig uitdaging bij kinderen die zich cognitief snel ontwikkelen. Maar er zijn ook jongeren die slechte cijfers halen door sociale problemen, bijvoorbeeld als ze worden gepest. Het kan nog alle kanten op met dat niet-pluisgevoel. Daarom is het zo belangrijk om te kijken naar de neurocognitieve ontwikkeling, maar ook naar aspecten zoals zelfbeeld, faalangst, motivatie en emotieregulatie.”

Wat kunnen ouders doen als ze merken dat er iets niet pluis is?

“Ouders kunnen op meerdere plekken terecht om dat te bespreken: de school, de huisarts en tegenwoordig ook het wijkteam. Jongeren met lichte leerproblemen krijgen vaak eerst binnen school extra begeleiding. Is de problematiek ernstiger, dan worden ze doorverwezen. Bij een vermoeden van een gedragsprobleem is de jeugd-GGZ of kinderpsychiatrie de aangewezen plek. Lijkt het meer een leer- en neurocognitief probleem, dan kun je bij een centrum voor leerproblemen of leerstoornissen terecht. Bij vermoeden van een onderliggende lichamelijke, neurologische oorzaak is het een zaak voor de kinderarts of kinderneuroloog.”

Wanneer komen jongeren met leerproblemen bij jullie terecht?

“We werken op het snijvlak van de GGZ en de kinderneurologie, juist omdat er zoveel combinaties van ziektebeelden zijn. Je ziet vaak dat ADHD samengaat met autisme, dyslexie of epilepsie. We zijn er van overtuigd dat je veel meer naar het kind

et-pluisgevoel



en de ontwikkeling als geheel moet kijken. Het gaat toch om *dat* kind, in *die* klas, op *die* school, in *die* omgeving en in *dat* gezin. Medicatie voor ADHD werkt in principe goed voor het gros van jongeren met ADHD, maar daarmee onderdrukt je symptomen. Je wil eigenlijk dat de omgeving zich meer aanpast en iemand ook weer vaardigheden leert om op school zo goed mogelijk te functioneren. Daarvoor brengen we de hulpvraag en de neurocognitieve functies in kaart en bieden hulp op de zwakke kanten.”

Wat is een vaak gehoorde hulpvraag?

“Jongeren vinden het bijvoorbeeld moeilijk om op te blijven letten in de les, leerstof te onthouden of toe te passen. Anderen kunnen het tempo niet bijbenen, krijgen hun planning voor huiswerk niet rond, of hebben last van faalangst en zien op tegen toetsen.”

Hoe gaan jullie de denkracht van een jongere onderzoeken?

“We onderzoeken eerst de basale cognitieve capaciteiten. Daarbij gaat het om basisfuncties zoals de visuele informatieverwerking, het kortetermijngeheugen, de werksnelheid, taalbegrip en logisch redeneren. De kwaliteit van deze basale cognitieve functies samen zegt meer dan één IQ-getal. Dit wordt gevolgd door een verdiepend onderzoek naar de informatieverwerking, waaronder de executieve functies.”

En wat zijn executieve functies?

“Executieve functies vormen de dirigent in je brein en zitten vooral voor in het hoofd in de frontaal-kwab. Ze reguleren het gedrag, het denken en het doen. We dachten altijd dat het IQ de voorspeller was voor schoolsucces, maar executieve functies zijn mogelijk nog belangrijker. Zo geven factoren als werkgeheugen, en motivatie, doorzettingsvermogen, maar ook steun vanuit de omgeving, een betere voorspelling voor schoolsucces.”

Hoe kun je schoolsucces stimuleren?

“Het idee is dat je meer moet kijken naar de individuele ontwikkeling van kinderen en ze moet begeleiden naar een ‘groeimindset’: ik kan leren en beter worden. We focussen niet op het eindcijfer, maar coachen ze op de leerstrategie, de weg naar betere prestaties: ‘Als jij goed leert en je best doet, dan word je beter, haal je hogere cijfers en raak je gemotiveerd om door te zetten.’ Dat werkt niet alleen voor school, maar ook in sport en in het bedrijfsleven.”

Gezond ontbijten, genoeg slaap en voldoende bewegen zijn ook belangrijk voor de hersenontwikkeling. Maar een beetje (puber)stress kan geen kwaad, integendeel.



4

De invloed van leefstijlfactoren

Is de ontwikkeling van het jongerenbrein nog gunstig te beïnvloeden door goed te eten, te slapen en te bewegen? Ja zeker, het brein heeft een continue toevoer van energie nodig, iets waar een ontbijt bij uitstek in voorziet. Ook sport is goed voor de geestelijke gezondheid en kan het risico op depressieve en angstklachten verminderen. Om van een goede nachtrust maar niet te spreken. En juist dat staat onder druk, door obsessief gebruik van sociale media en door het schoolstelsel dat – tegen het ritme van de adolescent in – te vroeg begint.

Slaap: een periode van tijdreizen

■ PROF. DR. GERARD KERKHOF

JONGEREN VERKENNEN grenzen, ook die tussen dag en nacht. Vooral de oudere adolescenten verwisselen in het weekend vaak de nacht voor de dag en passeren als het ware in één etmaal vele tijdzones. Zij zijn de grootgebruikers van de ‘nacht-economie’, het nachtleven in grotere steden en daarbuiten, met zijn eigen muziekscene, eet- en drinklocaties en nachtelijke muziekfestivals. Op individueel niveau worden mobiel en sociale media tot diep in de nacht fanatiek, soms zelfs obsessief, gebruikt.

Ploegdiensteffecten

De gevolgen van dit rijke nachtleven liegen er niet om en lijken sterk op de symptomen van een ploegdienststoornis, veroorzaakt door het werken, slapen en eten op steeds wisselende tijden. Deze frequente wisselingen (‘tijdreizen’) roepen niet alleen een algemene stressreactie op, maar ook specifiek een slaapttekort, verstoring van de slaapstructuur en ontregeling van de interne organisatie van de circadiane ritmiek (de biologische klok). Deze verstoringen van het stress-systeem en de circadiane ritmiek veroorzaken ook allerlei andere problemen. Op de korte termijn betreft dat het cognitief-emotioneel functioneren, met als gevolg onder andere foute inschatting van risico’s. Op langere termijn kan de gezondheid aangetast worden, onder andere de stofwisseling (diabetes) en de hormoonhuishouding (borstkanker).

Ook onderzoek naar de gevolgen van andere vormen van 'tijdreizen', zoals een jetlag en zelfs de wisseling van winter- naar zomertijd en vice versa, heeft duidelijk gemaakt dat acute verschuiving van de dag-nachtcyclus en het ontbreken van een vaste regelmaat van slaap-waaktijden deze negatieve effecten kunnen hebben.

Avondmens

In de loop van hun ontwikkeling krijgen adolescenten niet alleen te maken met grote veranderingen in hun sociale milieu, maar ook met reorganisaties in hun interne, biologische milieu. Wat 'slaap' betreft, gaat het om aanpassingen in de regelmechanismen van zowel de slaapbehoefte als de circadiane ritmiek.

Na de kindertijd, waarin het brein een explosieve, energieslurpende groei van neurale netwer-

ken heeft doorgemaakt, worden deze netwerken in de tweede levensdecade fors (circa 50%) en selectief uitgedund. Dit heeft tot gevolg dat het totale activiteits- en stofwisselingsniveau van het brein (het *arousal* niveau) overdag sterk afneemt, zodat er 's nachts minder behoefte is aan diepe (herstel) slaap. Het eerder genoemde slaapttekort en de verstoorde slaapstructuur veroorzaken een verlies aan kwaliteit van de slaap. Een verminderde slaapkwaliteit én een lager *arousal* niveau van het wakkere brein maken het voor de adolescent moeilijk om op een doordeweekse dag permanent wakker en vooral oplettend te blijven.

Bovendien kenmerkt de adolescentie zich door een overgang van ochtendmens-typering naar avondmens-typering (zie onderschrift bij figuur). Een uitgesproken avondmens heeft grote moeite om 's morgens vroeg 'bijtijds' wakker te worden

De afgelopen eeuw is veel slaaponderzoek mogelijk geworden door de ontwikkeling van meetapparatuur als elektro-encefalografie (EEG) en Magnetic Resonance Imaging (MRI). Met EEG kun je de hersenactiviteit volgen in milliseconden. Tegenwoordig zijn er EEG-mutsen met wel 256 elektrodes.



(en te blijven) voor de eerste les op school of andere werkzaamheden, zeker als hij/zij een fors slaaptekort heeft.

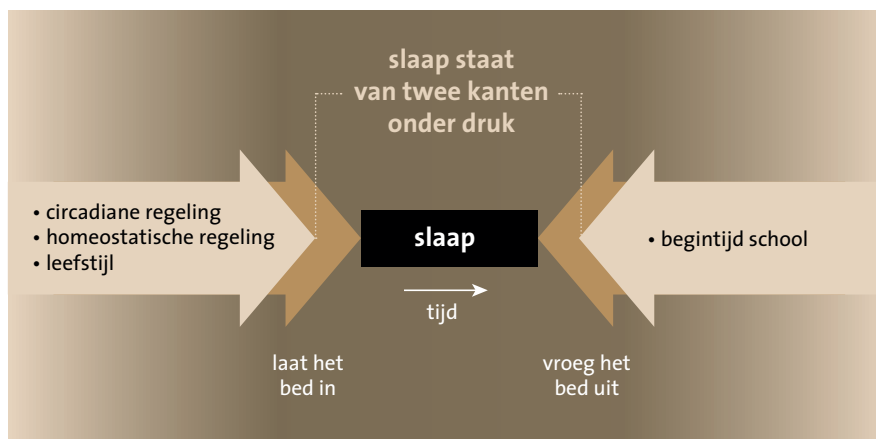
Ernstige slaapklachten

Objectief onderzoek bevestigt dat adolescenten zich overdag niet alleen slaperiger en vermoeider voelen dan kinderen en volwassenen, maar het ook zijn. Ze slapen bijvoorbeeld eerder in als ze rustig op bed liggen. Maar daar blijft het niet bij. Ook bij onderlinge vergelijking van de verschillende leeftijdsgroepen op basis van een algemene slaapklachtenscore blijkt dat de groep adolescenten gemiddeld de hoogste score heeft. Daarbij zijn onder andere klachten over inslapen, doorslapen, nachtmerries, rusteloze benen, slaperigheid en niet goed kunnen functioneren overdag geïventariseerd. Van de adolescenten heeft ruim de helft van de meisjes (53%) slaapklachten die even ernstig zijn als de klachten van patiënten met een medisch vastgestelde slaapstoornis, terwijl dit voor 31% van de jongens geldt. Als meest waarschijnlijke oorzaak wordt menstruatie genoemd.

Volgens recent Amerikaans onderzoek onder een representatieve groep adolescenten bleek dat jongeren die op doordeweekse dagen het laatst naar bed gingen (na 22:30 uur), de kortste slaapduur (≤ 7 uur) of het grootste verschil in bedtijden hadden tussen doordeweekse en weekend dagen (> 2 uur), een relatief grotere kans hadden om te voldoen aan de diagnostische criteria voor psychische stoornissen. Het gaat dan om stoornissen zoals stemmingsstoornis, angststoornis, middelenmisbruik (verslaving), gedragsstoornis en suïcidaal-gedragsstoornis, zoals gedefinieerd in het internationale handboek voor de classificatie van psychische stoornissen, de DSM-5.

Later naar school?

Gegeven de ernst van deze gezondheidsproblematiek onder adolescenten, is het raadzaam om ten



Slaap onder druk. Op het moment van inslapen, de duur en de structuur van de slaap (opeenvolging van diepe en lichte slaap) zijn meerdere factoren van invloed: (1) De omloopnelheid van de biologische klok (circadiane regeling) vertraagt in de loop van de adolescentie waardoor 'avondmens-gedrag' wordt opgeroepen. (2) De homeostatische regeling van de slaap streeft naar een balans tussen de 'slaapschuld' die overdag wordt opgebouwd en de inlossing van deze schuld tijdens de diepe slaap. Tijdens de adolescentie stijgt de slaapschuld minder snel, waardoor het voor de adolescent makkelijker wordt om het moment van naar bed gaan uit te stellen. (3) Sociale contacten met leeftijdgenoten vinden bij voorkeur in de (late) avonduren plaats. Dit gaat gepaard met blootstelling aan (blauw) schermlicht, waardoor de biologische klok en het moment van inslapen extra vertraagd worden. (4) De vroege schooltijden zoeken de confrontatie met bovengenoemde factoren, met als resultaat: onvoldoende en kwalitatief slechte slaap.

eerste adolescenten te informeren en te waarschuwen over de onderliggende oorzaken en gevolgen van 'tijdreizen', bij voorkeur in het eerste jaar van het middelbaar onderwijs. Ten tweede is het raadzaam de begintijden van het middelbaar onderwijs aan te passen aan de biologische ontwikkelingsfase van de leerlingen, ofwel de begintijden naar een later tijdstip (minstens een halfuur) te verschuiven.



Al slapend leren

De mythe dat mensen kunnen leren tijdens het slapen is niet nieuw. Onderzoekers uit de voormalige Sovjet-Unie probeerden al in de jaren '50 en '60 of bijvoorbeeld een nieuwe taal kan worden geleerd door al slapende naar geluidsoptnames te luisteren. Sommige van hun studies leverden positieve resultaten op, maar die zaten vol methodfouten. Daarom hebben westerse wetenschappers deze resultaten nooit kunnen herhalen. Om te leren moet iemand gewoon wakker zijn, er is een bewuste inspanning nodig. Recente studies laten wel zien dat het herhalen van buitenlandse woordjes die overdag zijn geleerd tijdens diepe slaap, het onthouden daarvan bevordert. Alhoewel we tijdens het slapen niet kunnen leren, is slaap wel essentieel voor het vastleggen van de ervaringen en kennis die we overdag opgedaan hebben. Onderzoekers hebben de prestaties vergeleken van deelnemers die na het leren van woordjes een goede nacht slaap hebben gehad, met die van deelnemers die wakker werden gehouden. Nadat alle deelnemers weer twee nachten goed hadden geslapen was er een examen, en wat bleek: nog steeds scoorden de nachtbrakers slechter. Goed slapen na het leren is dus belangrijk, en bovendien zorgt goed uitgerust naar school gaan ervoor dat kinderen een betere concentratie hebben.

Leerlingen die ontbijten presteren beter op school

Over de rol van voeding

■ PROF. DR. RENATE DE GROOT EN DR. INGE VAN DER WURFF

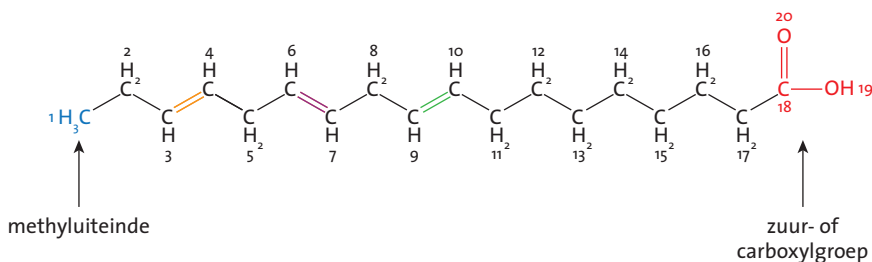
HET BREIN verbruikt 20% van de totale energiebehoefte van het lichaam. Dit percentage kan in de adolescentie, tijdens de periode van sterke hersenontwikkeling, stijgen tot maar liefst 60%. Het brein zelf heeft echter geen mogelijkheid tot energieopslag. Toch heeft het brein wel een continue toevoer van energie nodig, bij voorkeur in de vorm van glucose.

Noodzaak van ontbijt

Omdat tijdens de nacht niet wordt gegeten, heeft het brein 's ochtends bij het ontwaken een ontbijt nodig dat voorziet in nieuwe energie. Helaas is de praktijk zo dat 10-30% van de jongeren niet ontbijt. Dit betreft vaker meisjes, de wat oudere adolescenten en diegenen met een lagere sociaal-economische achtergrond.

Er is inmiddels het nodige onderzoek verschenen dat laat zien dat wanneer er wel ontbeten wordt en er dus energietoevoer naar het brein is, jongeren betere geheugenfuncties hebben, zich alerter voelen en positiever gestemd zijn. Wat betreft schoolprestaties is aangetoond dat leerlingen die ontbijten betere resultaten laten zien dan leerlingen die niet ontbijten; de schoolcijfers van leerlingen die ontbijten zijn 0,1 punt hoger dan van leerlingen die dat niet doen.

Maakt het nog uit wat er gegeten wordt? Jazeker. Een ontbijt dat bestaat uit complexe koolhydraten, dus veel glucosemoleculen aan elkaar, moet eerst in het lichaam afgebroken worden tot glucosemoleculen en voorziet op deze wijze langere tijd in energietoevoer naar de hersenen dan een ontbijt met eenvoudige koolhydraten zoals glucose, fructose (fruitsuiker) en sucrose (tafelsuiker). Een ontbijt met complexe koolhydraten, bijvoorbeeld



Omega-3 zit onder meer in vette vis, avocado en walnoten. Een omega 3-vetzuur is een meervoudig onverzadigde vetzuur, waarbij de eerste dubbele binding zich op het derde koolstofatoom bevindt, gerekend vanaf het methyleinde (de omega-kant). Bij een omega 6-vetzuur (hier niet afgebeeld) bevindt de eerste dubbele binding zich dus op het zesde koolstofatoom.

havermout, kan er dus voor zorgen dat er meer onthouden wordt bij een geheugentaak en dat er minder fouten gemaakt worden dan wanneer er niet ontbeten of vooral eenvoudige koolhydraten genuttigd worden.

Vet als bouwsteen

Vetten hebben een slechte naam als het gaat om gezondheid. Ook jongeren proberen vetten vaak te omzeilen, omdat vetten in verband worden gebracht met overgewicht. Veel vet eten draagt inderdaad bij aan overgewicht. Maar er zijn niet alleen maar slechte vetten. Het lichaam en vooral het brein heeft juist in de adolescentie veel gezonde vetten nodig als bouwstof. Vetten zijn namelijk belangrijke bouwstenen van alle zenuwcellen.

Gezonde vetten betreffen de zogenaamde meervoudig onverzadigde vetzuren. Er bestaan meerdere families van, maar de belangrijkste familie van meervoudig onverzadigde vetzuren zijn de omega-3 vetzuren. Deze zijn zo genoemd omdat de eerste dubbele binding op de derde plek in de koolstofketen van het vetzuur zit. Die dubbele binding in de koolstofketen is heel belangrijk, want deze maakt een vetzuurmolecuul flexibel. Hoe meer dubbele bindingen hoe liever. Een andere familie van vetzuren betreft de omega-6 vetzuren. Zowel de omega-3 vetzuren als de omega-6 vetzuren kan het menselijk lichaam niet of nauwelijks zelf

aanmaken. Daarom moeten deze gezonde vetten via de voeding het lichaam binnenkomen. Voor de omega-6 vetzuren, die vooral voorkomen in plantaardige oliën en vetten, is dit niet zo'n probleem, die eten we meer dan voldoende. De omega-3 vetzuren worden echter veel te weinig gegeten. Deze gezonde meervoudig onverzadigde vetzuren zijn met name terug te vinden in vette vis, avocado en walnoten. Dit zou idealiter dus op het menu van jongeren moeten staan.

Vet en beter leren

Elke zenuwcel in het menselijk lichaam en dus ook in de hersenen is omgeven door een celmembran dat is opgebouwd uit een dubbele laag van vetmoleculen. Hoe meer meervoudig onverzadigde vetzuren er gegeten worden, hoe meer er ook in de hersenen terechtkomen. Daar zorgen ze ervoor dat het celmembran flexibel wordt. Hoe flexibeler het celmembran is, des te makkelijker kunnen er signalen van de ene zenuwcel overgedragen worden naar de volgende zenuwcel. Zenuwcellen kunnen dan makkelijker met elkaar communiceren, ze vormen netwerken en de basis van leren wordt gelegd.

Aan de Open Universiteit loopt het Food2Learn-onderzoeksproject om te kijken of een jaar lang gebruik van capsules met omega-3 vetzuren effecten heeft op de cognitieve prestaties, de schoolprestaties en het mentaal welbevinden van



Jongeren worden druk van suiker

Een van de meest hardnekkige neuromythes is dat het eten van suikerhoudende snacks hyperactieve kinderen oplevert die zich minder goed kunnen concentreren. In de jaren '70 geloofden veel onderzoekers dat het gebruik van suikerrijke voedingsmiddelen en voedseladditieven een verband had met cognitieve gebreken, met name bij schoolgaande kinderen. Verschillende studies lieten een verband zien tussen suikerinname en hyperactief gedrag. Dit werd aangewakkerd door anekdotes van ouders en leraren die alsmaar vertelden dat kinderen minder oplettend en actiever waren na het nuttigen van suiker. Dit lijkt op het 'nocebo-effect': als je verwacht dat iets nare effecten zal hebben, dan zal dat ook gebeuren. Wanneer onderzoekers bijvoorbeeld ouders vertelden dat hun kinderen veel suiker hadden gehad, beoordeelden zij hun kinderen als veel hyperactiever. En dat terwijl de ene helft van de kinderen maar echt suiker had gehad, en de andere helft een placebo. Ook al is deze mythe geruime tijd door vele onderzoeken ontmaskerd, het blijft een populair geloof bij zowel ouders als leraren. De aantrekkingskracht van deze anekdote is eenvoudigweg te sterk. Het blijkt heel lastig om mensen te overtuigen dat iets niet bestaat als ze zelf denken dat verband in het dagelijks leven te zien.

Omega-3 vetzuren zijn belangrijk voor gezonde hersenen

adolescenten. De eerste analyses laten zien dat er een positief verband is tussen de hoeveelheid omega-3 vetzuren in het bloed en de informatieverwerkingssnelheid. Ook lieten de leerlingen met een hoge concentratie omega-3 vetzuren in het bloed minder impulsiviteit zien.

Eerder onderzoek van deze groep, als ook internationaal onderzoek, wijst uit dat meer omega-3 vetzuren in de celmembranen leiden tot uiteindelijk beter cognitief functioneren. Daarnaast is er onderzoek beschikbaar dat laat zien dat consumptie van extra omega-3 vetzuren klachten van jeugdigen met ADHD of leesproblemen kan verminderen.

Omega-3 vetzuren vormen ook de basis van hormonen die bij slaap betrokken zijn. Brits onderzoek heeft dan ook aangetoond dat meer omega-3 vetzuren in het bloed leiden tot betere en langere slaapkwaliteit bij jongeren en slaapkwaliteit kan op zijn beurt ook het hersenfunctioneren gunstig beïnvloeden.

Cafeïne en energiedrankjes

Energiedrankjes zijn heel populair bij jongeren. Volgens onderzoek van het RIVM (2018) dronk 38% van de jongeren tussen de 12 en 16 jaar wel eens een energiedrankje. Energiedrankjes bevatten meestal cafeïne, suiker of zoetstof en soms nog andere ingrediënten zoals guarana, taurine of ginseng met mogelijke positieve psychoactieve werking. Een blikje energiedrank van 250 ml bevat gemiddeld 80 mg cafeïne, ongeveer evenveel cafeïne als een klein kopje koffie van 125 ml. Cafeïne stimuleert het zenuwstelsel en bij volwassenen laat de consumptie van cafeïne kleine positieve effecten zien op de reactietijd, de aandacht en het geheugen. Sommige onderzoeken laten een sterker gecombineerd effect zien van suiker en cafeïne dan deze stoffen afzonderlijk. Bij kinderen en jongeren is er veel minder onderzoek gedaan naar de effecten van cafeïne en energiedrank.



Van de ruim 1,2 miljoen Nederlandse jongeren tussen de 13 en 18 jaar drinkt 1 tot 2 procent regelmatig drie of meer blikjes energiedrank per dag. Deze dranken bevatten cafeïne, taurine en D-glucuronolacton. Wie te veel van deze stoffen binnenkrijgt, kan daarvan klachten als hartkloppingen en duizeligheid ondervinden. Dat blijkt uit onderzoek van het RIVM (2018).

Naar de andere stoffen die soms toegevoegd worden aan energiedrankjes is bijna geen onderzoek gedaan. In het weinige onderzoek dat er is, lijken sommige stoffen (zoals ginseng, tyrosine, en creatine) positieve effecten op humeur en prestaties te hebben en andere (tryptofaan en sint-janskruid) negatieve effecten.

Te veel cafeïne kan leiden tot rusteloosheid, angst, prikkelbaarheid, misselijkheid en slapeloosheid en in zeer grote hoeveelheden kan het zelfs giftig zijn. Hoeveel te veel is, verschilt per persoon.

Energiedrank bevat vaak ook veel suiker, zo'n 5-10 suikerklontjes per blikje van 250 ml. Vanwege de grote hoeveelheid suiker en daarmee de calorieën wordt energiedrank afgeraden door het Voedingscentrum. Het centrum adviseert dan ook geen energiedrank voor kinderen onder de 13 jaar en maximaal 1 blikje per dag voor jongeren tussen de 13 en 17 jaar.

Biologische effecten van voeding, beweging en slaap

Voeding, beweging en slaap delen vele onderliggende biologische mechanismen. Dit zou verklaren waarom al deze factoren een verband hebben met het functioneren van de hersenen en de leerprestaties. Het gaat onder meer om de volgende mechanismen:

- levering van de essentiële brandstof voor de hersenen: glucose, een basisvoorwaarde voor hersenen om te functioneren
- beïnvloeding van het ontstaan van nieuwe zenuwcellen (neurogenese)
- beïnvloeding van de synaptische plasticiteit, het proces waarbij de synaptische verbinding sterker of zwakker wordt
- aanpassing van de hormoonconcentratie (fysiologie en gedragsregulatie)
- regulatie van het aantal zenuwvertakkingen en aantal synaptische locaties
- bevordering van de aanmaak van nieuwe bloedvaten (angiogenese)
- regulatie van factoren die de groei van bloedvaten stimuleren
- regulatie van neurotransmitters, moleculen die signaaloverdracht reguleren
- aanmaak van neurotrofines – eiwitten die de ontwikkeling, functie en overleving van neuronen bevorderen
- beïnvloeding van de samenstelling en vloeibaarheid van de celmembranen, en daarmee de signaaloverdracht.

Het sportende brein

■ PROF. DR. ECO DE GEUS

VOLGENS DE beweegrichtlijnen van de Gezondheidsraad moeten jongeren elke dag tenminste 60 minuten lichamelijk actief zijn. Een goede manier om regelmatig actief te zijn, zijn sportlessen op school of in de vrije tijd bij een voetbal-, hockey- of tennisclub. Naast sporten is fietsen naar school, werk of vrienden, of een lichamelijk zware (bij)baan een belangrijke bron van intensief bewegen.

Bij de gezondheidseffecten van sport denken velen meteen aan lichamelijke gezondheid. Het geeft een betere conditie en bescherming tegen overgewicht en hart- en vaatziekten. Het is inmiddels duidelijk dat ook de geestelijke gezondheid sterk gebaat is bij regelmatige lichamelijke activiteit. Zo is het risico op het krijgen van depressieve en angstklachten lager bij jongeren die regelmatig sporten. Sportende jongeren blijken ook minder vaak te roken of te lijden aan drugs- of alcoholverslaving.

Sporten en betere leerprestaties

Sociaal wetenschappelijke studies laten zien dat er een betrouwbare samenhang is tussen regelmatig sporten en betere cognitieve vaardigheden (aandacht en geheugen) en schoolprestaties (CITO-scores). Zo blijkt dat er al een verband is met cognitieve vaardigheden en schoolprestaties bij hele jonge kinderen die nog niet naar de basisschool gaan. Nog sterkere verbanden worden gevonden op de basisschool en middelbare school.

Maar of de hogere schoolprestaties het gevolg waren van sporten maakten deze studies nog niet duidelijk. Misschien moedigen hoogopgeleide ouders sporten wel meer aan en hebben ze beter lerende kinderen. Daarom is in vervolgonderzoek gekeken of veranderingen over de tijd in sportge-

drag ook samenhangen met veranderingen in cognitieve vaardigheden en schoolprestaties. Verder werd bekeken of jongeren die aan extra sportprogramma's meededen meer in vaardigheden en schoolprestaties vooruitgingen dan vergelijkbare jongeren die niet aan extra sport deelnamen. De resultaten lieten zien dat vooral redelijk intensief en frequent sporten de cognitieve en schoolprestaties verbeteren. Bij schoolprestaties is het effect sterker voor rekenen dan voor taal, en bij cognitieve testen wordt het sterkste effect gevonden bij reactiesnelheid, werkgeheugen en aandacht. Dat laatste wordt nog eens bevestigd door studies in kinderen met ADHD waar meer sporten gepaard ging met minder aandachtsproblemen en impulsiviteit.

Alhoewel de meerderheid van de honderden studies wel enig positief effect van sporten vindt, blijft onzeker of dit voor iedereen en alle cognitieve taken in dezelfde mate geldt. Wereldwijd lopen daarom vele vervolgonderzoeken om beter begrip te krijgen van de mechanismen waarmee sporten de cognitieve en schoolprestaties verbetert. Daarbij wordt als eerste gedacht aan het brein.

Muizen en tredmolens

Dat sporten het brein zou kunnen beïnvloeden is gebaseerd op een fundamenteel principe van de neurowetenschappen dat cellulaire en moleculaire processen in zenuwcellen sterk gevoelig zijn voor ervaringen en prikkels uit de omgeving. Een van de meest spectaculaire bevindingen in de neurowetenschappen ooit, gepubliceerd in 2000 door verschillende onderzoeksgroepen, was het gunstige effect van een 'verrijkte' omgeving op het brein van muizen. Amerikaanse onderzoekers zetten muizen niet in een saaie kooi maar in een soort 'apenkooi'-achtige speeltuin, waardoor er meer zenuwcellen met meer uitlopers naar andere zenuwcellen bleken te groeien. De verrijkte omgeving maakte de muizen bovendien slimmer in het uitvoeren van

Bewegingsrichtlijn

Voor kinderen van vier tot en met achttien jaar geldt de volgende beweegrichtlijn van de Gezondheidsraad (2017):

- Bewegen is goed, meer bewegen is beter.
- Doe minstens elke dag een uur aan matig intensieve inspanning. Langer, vaker en/of intensiever bewegen geeft extra gezondheidsvoordeel.
- Doe minstens driemaal per week spier- en botversterkende activiteiten.
- En: voorkom veel stilzitten.

Volwassenen en ouderen



Matig of zwaar intensieve inspanning
minimaal 150 minuten per week,
verspreid over diverse dagen



Spier- en botversterkende activiteiten (voor ouderen inclusief balansoefeningen):
minimaal 2x per week



En: voorkom veel stilzitten

Hoeveel procent voldoet aan de richtlijn?

vanaf 18 jaar



Kinderen



Matig of zwaar intensieve inspanning
minimaal 1 uur per dag



Spier- en botversterkende activiteiten
minimaal 3x per week



En: voorkom veel stilzitten

4 t/m 11 jaar

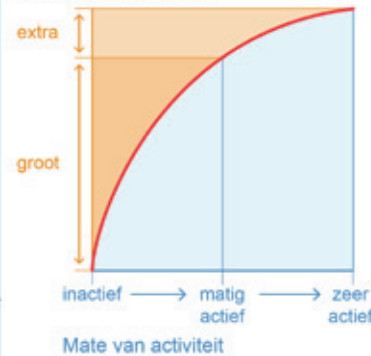


12 t/m 17 jaar



het grootste gezondheidsvoordeel op

Gezondheidsvoordeel



Soorten activiteit gericht op:



Spierversterking
Verbeteren van kracht en vermogen van de skeletspieren



Botversterking
Belasting van het lichaam met het eigen lichaamsgewicht

Naarmate de intensiteit toeneemt gaan hartslag, ademhaling en energieverbruik verder omhoog

Zitten

TV kijken, beeldschermwerk



Hartslag



Ademhaling



Energieverbruik



Licht intensief

Musiceren, afwassen



Hartslag



Ademhaling



Energieverbruik



Matig intensief

Wandelen en fietsen



Hartslag



Ademhaling



Energieverbruik



Zwaar intensief

Hardlopen, voetballen



Hartslag



Ademhaling



Energieverbruik



Sporten is ook goed voor je brein!

testjes. Nader onderzoek wees uit dat het vooral de hogere lichaamsbeweging was die aan de breinveranderingen en betere prestaties ten grondslag lag. Enkel het verrijken van de saaie muizenkooi met een simpele tredmolen waarop de muizen regelmatig konden 'sporten' gaf al aanzienlijke effecten op de zenuwcellen en testprestaties.

Sporten en breinontwikkeling

De adolescentie is bij uitstek de periode dat jongeren complexe motorische vaardigheden onder de knie krijgen. Dit gaat gepaard met vele nieuwe verbindingen tussen zintuigsystemen en de zenuwclusters in de grote en kleine hersenen die beweging aansturen. Omdat het brein van jongeren zich blijft ontwikkelen tot zelfs na de adolescentie, is het een logische gedachte dat zij in die periode nog een extra flexibel brein hebben dat nog makkelijk te beïnvloeden is door prikkels die gepaard gaan met sporten. Die gedachte wordt ondersteund door onderzoeksresultaten. Veranderingen na regelmatig sporten in jongeren omvatten een verbeterde signaaloverdracht in de zenuwuitlopers in de witte stof van het brein, dikkere lagen aan grijze stof en volumetoename van grijze stof. Ook is er meer 'volwassen'-activatie van relevante gebieden in de (voorste) hersenen tijdens taken die aandacht vereisen, een beroep doen op het werkgeheugen of waarbij nieuwe verbanden worden aangeleerd.

Groefactoren, bloedvaatjes en ontstressing

Er zijn drie processen in het lichaam die bij de gunstige effecten van sporten op het brein een rol kunnen spelen. Zo komen er bij hevige inspanning groefactoren vrij die de aanmaak, overleving en specialisatie van zenuwcellen en hun uitlopers kunnen verhogen, bijvoorbeeld de *brain-derived neurotrophic factor* (BDNF) en de *insulin-like growth factor-1* (IGF-1).

Ten tweede komen er door de lage zuurstofspanning in spierweefsels signalen vrij om meer kleine

bloedvaatjes aan te maken (angiogenese). Deze leiden ook in de hersenen tot een betere doorbloeding en een snellere uitwisseling van voedings- en afvalstoffen, bijvoorbeeld door de *vascular endothelial growth factor* (VEGF).

Bij een derde proces werkt regelmatig sporten de negatieve effecten van stressfactoren tegen. Bij stress komen hormonen vrij die schadelijk zijn voor de communicatie tussen zenuwcellen. Jongeren die sporten worden op drie manieren tegen stress beschermd: ze zullen een gebeurtenis minder snel als stressvol ervaren, de reactie van het lichaam op een stressvolle ervaring kan kleiner worden, en het effect van die lichamelijke stressreactie kan door de gunstige lichamelijke effecten van sport worden tegengewerkt.

Naast deze directe (neuro)biologische effecten kan sporten ook sociale aspecten van het gedrag beïnvloeden die een rol spelen bij de leerprestaties, zoals de prestatie-motivatie, een positief zelfbeeld, doelen leren stellen, zelfdiscipline en een groter sociaal netwerk.

Uithoudingsvermogen

Niet alle vormen van sport hebben hetzelfde effect. Veel onderzoekers denken dat het vooral de intensiteit en de totale duur per week zijn die een belangrijke rol spelen. Hoe intensiever en langer men sport hoe groter de 'aerobe fitheid', de wetenschappelijke term voor conditie of uithoudingsvermogen. Een aantal studies heeft laten zien dat een goed uithoudingsvermogen op zichzelf al samenhangt met veranderingen in het brein en verbeterde cognitie en leerprestaties. Toch mogen we het effect van sporten niet alleen toeschrijven aan de verbeterde aerobe fitheid. Het aanleren van complexe motorische vaardigheden (*motor skills*) heeft ook een invloed op de groei van breinstructuren en hun onderlinge verbindingen. In die zin kan sporten vergelijkbaar zijn met het leren spelen van een muziekinstrument of (ballet)dansen,



Bij teamsport worden gevarieerde vaardigheden opgedaan.

waarvan ook is aangetoond dat het de leerprestaties ten goede kan komen.

Complexe oefeningen

Het gunstige effect van sporten lijkt groter als er meer beroep wordt gedaan op het werkgeheugen en andere functies van de voorste hersenen. Dat is bijvoorbeeld sterk het geval voor teamsporten, zoals voetbal en hockey, waar je constant de posities van medespelers en tegenstanders moet bijhouden en hun toekomstige posities moet inschatten. Maar ook tennis of squash vereisen continue inschatting van wat een tegenstander gaat doen. Het lijkt erop dat trainingen en wedstrijden vooral veel variatie in sensorische en motorische elementen moeten hebben om de algemene cognitieve vaardigheden te verbeteren. Gevarieerde trainingen met complexe oefeningen die veel coördinatie en motor skills vereisen zijn dus mogelijk beter

voor de cognitieve ontwikkeling dan een 10-kilometerloop. Alhoewel dat laatste juist weer beter is voor het uithoudingsvermogen.

Pleidooi voor meer sporten

In het licht van de vele positieve effecten die aan sporten kunnen worden toegeschreven is het jammer dat de hoeveelheid tijd die er aan wordt besteed sterk afneemt in de leeftijdsperiode van 9 tot 18 jaar. Slechts circa 40% van de jongeren haalt de aanbevelingen uit de beweegrichtlijnen van de Gezondheidsraad. De oorzaken zijn deels een toename in 'schermtijd' in deze digitale wereld, maar er lijkt ook een trend op basis- en middelbare scholen te zijn om de periodes van actief spelen of sport- en gymnastieklessen in te perken ten gunste van academische vorming. Begrijpelijk, omdat aan goed kunnen leren en hoger opgeleid zijn door velen in onze moderne economieën veel belang wordt gehecht. Een brandende vraag daarbij is echter of de lagere status van lichamelijke opvoeding niet een ongewenst effect sorteert. Immers een sportend brein zou wel eens een hoger rendement uit al die academische opvoeding kunnen halen dan een niet-sportend brein.



Het Mozart effect: slimmer door luisteren naar klassieke muziek

Als het te mooi lijkt om waar te zijn, dan is dat waarschijnlijk ook zo. Dat geldt ook voor de mythe dat het luisteren naar klassieke muziek zorgt voor slimmere kinderen, beter bekend als het Mozart-effect. Deze mythe is geheel gebaseerd op één Amerikaanse studie uit 1993. Het prestigieuze tijdschrift *Nature Reviews* publiceerde een artikel dat concludeerde dat het beluisteren van een sonate van Mozart een lichte toename in IQ gaf. In de studie werden door drie groepen *volwassenen* een reeks cognitieve IQ-tests gedaan voor en na het beluisteren van Mozart, een ontspannend deuntje of helemaal niets. De Mozart -groep vertoonde een lichte toename in ruimtelijk redeneervermogen, – het vouwen van papier of het oplossen van een doolhof – maar dat effect duurde maar ongeveer vijftien minuten. De resultaten gingen als een lopend vuurtje de hele wereld over. Pas vijftien jaar later, na een uitgebreide analyse van veertig studies rond het vermeende Mozart-effect, werd dit idee naar de prullenbak verwezen. Hoewel het Mozart-effect een wetenschappelijke flop bleek te zijn, suggereert recent onderzoek dat het spelen van een muziekinstrument tijdens de kindertijd wel de cognitie verbetert.

Creativiteit:
het vermogen
om nieuwe
dingen
te maken of
oplossingen
te verzinnen

De ontwikkeling van creativiteit

■ DR. PETRA HURKS

OP SOCIALE media schrijft Katja: “Wat ben jij toch creatief!”, als reactie op een gedicht van Simone, een leeftijdsgenoot van haar. Om de opmerking van Katja te begrijpen is het noodzakelijk om te weten wat creativiteit is. Online woordenboeken van de Nederlandse taal geven verschillende definities van het begrip ‘creativiteit’. Zo stelt de Van Dale (2018) dat creativiteit staat voor *het scheppend vermogen*: je maakt ‘iets’, zoals een schilderij of een gedicht. *Woorden.org* (2018) voegt er aan toe dat het hier gaat om het vermogen, of het talent, om *nieuwe dingen te verzinnen*. Volgens dit woordenboek heeft creativiteit dus niet alleen betrekking op het maken of het bedenken van ‘iets’: dit ‘iets’ is pas creatief wanneer het nog niet bedacht is door een ander.

Uitvoerbaar origineel

Binnen de wetenschap duiden onderzoekers met de term ‘creativiteit’ vaak op het vermogen om ideeën of oplossingen te bedenken voor een probleem. Niet alle ideeën of oplossingen noemen zij echter ‘creatief’. Daarvoor moeten de ideeën of oplossingen ten eerste origineel zijn. Dat betekent afwijken van de gebaande paden en op een ongebruikelijke, unieke manier tot een oplossing van een probleem komen. Maar dat is nog niet alles. Om creatief te zijn, moet ten tweede de oplossing, naast origineel, ook uitvoerbaar of toepasbaar zijn.

Met deze laatste definitie kan iemand op diverse gebieden creatief zijn, bijvoorbeeld als schilder, als fotograaf, of tijdens het ontwikkelen van nieuwe apps, websites, of een eigen webshop. Maar ook als een medewerker van een supermarkt is iemand



Het creatieve brein is cognitief flexibel: het legt verbanden en past zich aan aan een nieuwe omgeving.

creatief, wanneer hij of zij een origineel en toepasbare idee heeft om sneller vakken te vullen in de supermarkt.

Wat maakt iemand creatief?

Creativiteit wordt gezien als een van de belangrijkste vaardigheden van de 21ste eeuw. Oude oplossingen voor problemen werken niet altijd in het hier en nu. De ontwikkelingen op het gebied van bijvoorbeeld technologie brengen daarnaast nieuwe mogelijkheden om problemen op te lossen.

Om te zorgen dat jongeren creatief worden, is het belangrijk om te weten wat daarvoor nodig is en wat bepaalt dat de ene persoon creatiever is dan

de andere persoon. In de wetenschap debatteren onderzoekers hier nog altijd veelvuldig over.

Creativiteit heeft verschillende facetten. Het *Dual Pathway to Creativity Model* van de Nederlandse onderzoekers Carsten de Dreu, Matthijs Baas en Bernard Nijstad uit 2008, stelt bijvoorbeeld dat een creatieve oplossing of idee vaak het resultaat is van cognitieve flexibiliteit enerzijds en volhardendheid anderzijds. Mensen die cognitief flexibel zijn leggen snel verbanden en kunnen snel switchen tussen gedachten, terwijl ze het einddoel (een oplossing vinden voor probleem X) in het vizier houden. Ook kunnen zij hun gedrag of gedachten aanpassen aan veranderde eisen van bijvoorbeeld de omgeving, stellen zij prioriteiten en kunnen kijken naar verschillende perspectieven.

Daarentegen worden mensen die moeite hebben met cognitieve flexibiliteit soms emotioneel of boos als er veel verandert in hun omgeving, of als de omgeving hen vraagt te veranderen. Een term die gerelateerd is aan cognitieve flexibiliteit is 'divergent denken'. De Amerikaanse psycholoog Dennis Hocevar (1980) definieerde dit begrip als het vermogen om een bedacht idee los te laten om zo een ander, nieuw idee te kunnen bedenken. Om flexibel te zijn of om divergent te kunnen denken, zijn ook andere cognitieve functies nodig, zoals aandacht en werkgeheugen.

Onder 'volhardendheid' verstaan we het vermogen om (systematisch) te blijven werken aan een opdracht. Het vinden van creatieve oplossingen of ideeën kost vaak veel energie en moeite, waarbij iemand doelbewust via logisch redeneren oplossingen of ideeën blijft zoeken. Volhardendheid is volgens het *Dual Pathway to Creativity Model* nodig om deze oplossingen of ideeën te blijven zoeken.

Brein en creativiteit

De cognitieve functies die ten grondslag liggen aan creativiteit (als cognitieve flexibiliteit, divergent

Jongeren zijn extra creatief in het verzinnen van nieuwe oplossingen

denken, werkgeheugen, aandacht en volhardendheid) lijken aangestuurd te worden door specifieke gebieden en netwerken in het brein. Echter, de resultaten van het wetenschappelijk onderzoek naar welke hersengebieden en -netwerken betrokken zijn bij creativiteit zijn niet eenduidig. Dit lijkt onder meer te komen doordat de onderzoeken verschillen in hoe ze creativiteit meten.

Een hersengebied dat vaak genoemd wordt in de context van creativiteit is de (pre)frontale cortex, een gebied dat onder meer geactiveerd wordt als iemand plannen maakt of een beslissing over iets neemt, of als iemand bedenkt hoe hij of zij een probleem kan oplossen. Ook het remmen of stoppen van je handelen is een voorbeeld hiervan.

Adolescenten en creativiteit

De adolescentie is een belangrijke periode voor de ontwikkeling van creativiteit. De cognitieve functies die belangrijk zijn voor creativiteit en de hersengebieden en -netwerken die betrokken zijn bij deze functies veranderen sterk in deze levensfase. Zo laten onderzoekers van het Leidse Psychologie Instituut bijvoorbeeld zien dat gedurende de adolescentie de kwaliteit van de oplossingen of ideeën sterk lijkt te verbeteren in termen van originaliteit en hoe nuttig deze oplossingen of ideeën zijn.

Creativiteit trainen

Over de jaren hebben diverse psychologen gesteld dat creativiteit kan verbeteren door specifieke trainingen. Dit vereist onder andere de training van verschillende cognitieve functies, zoals cognitieve flexibiliteit of divergent denken, aandacht en werkgeheugen. De laatste tijd is er veel onderzoek gedaan naar de trainbaarheid van deze cognitieve functies. Deze trainingen bestaan veelal uit het herhaald uitvoeren van een specifieke taak, dus uit het herhaald oefenen. Een voorbeeld is dat je een kind vraagt om cijferreeksen, bijvoorbeeld 3-6-2-1, te onthouden. Of je vraagt een kind twee opdrach-

ten tegelijkertijd uit te voeren. Het onderzoek laat zien dat mensen beter worden in de getrainde oefeningen. Als je een kind bijvoorbeeld vraagt de cijferreeksen te onthouden, zal dit kind door oefening meer cijfers kunnen onthouden. Echter, deze effecten lijken slechts zeer beperkt te leiden tot een beter gebruik van de cognitieve functies in het dagelijks leven. Ofwel het beter kunnen onthouden van bijvoorbeeld de cijferreeksen zorgt niet zonder meer voor een beter gebruik van het geheugen op school of thuis.

Metacognitietraining

Het combineren van het oefenen van specifieke taken met een metacognitietraining is volgens de Maastrichtse neuropsychologe Christine Resch wel veelbelovend. De metacognitieve training is erop gericht om te 'leren te leren'. De docent stelt tijdens het oefenen de leerling vragen als "Wat is de beste manier om deze taak te benaderen of om dit probleem op te lossen?" en "Kun je deze manier ook gebruiken op school of thuis tijdens het doen van andere taken of bij het oplossen van andere problemen? En zo ja, hoe dan?". Daarbij bespreekt de docent met de leerling welke strategie, of aanpak, helpt om een specifieke taak of een probleem te benaderen, bijvoorbeeld door te vragen hoe de leerling een lijst met cijfers het beste kan onthouden of hoe het kind op zoek kan gaan naar alternatieve, creatieve oplossingen voor een probleem. Onderzoekers vonden dat een dergelijke multi-componententraining, waarbij oefenen en de metacognitietraining gecombineerd worden, vaker leidt tot een verbetering in het gebruik van de cognitieve functies, zoals het werkgeheugen, in het dagelijks leven. Echter, meer onderzoek op dit vlak is nodig om een sterkere uitspraak te kunnen doen over hoe iemand zijn of haar creativiteit, of de cognitieve functies, kan verbeteren.



De een denkt meer met links, de ander met rechts

Het idee dat creatieve mensen meer de rechterhersen helft gebruiken en analytische mensen meer de linker, is gebaseerd op een oude waarneming dat beide hersenhelften niet altijd precies hetzelfde doen. Dit onderzoek dateert uit de jaren zestig van de vorige eeuw. In die tijd werd bij mensen met epilepsie als laatste redmiddel chirurgisch de verbindende zenuwbundel – het corpus callosum – doorgesneden. Dit blokkeert de communicatie tussen de twee hersenhelften. Wanneer bij zo'n patiënt een afbeelding aan het linkeroog werd getoond (en dus verwerkt in de rechterhersen helft), kon deze de afbeelding niet beschrijven, want daarvoor was de linkerhersen helft nodig waar het taalgebied ligt. Deze ontdekking is een eigen leven gaan leiden en er zijn zelfs verbanden gelegd met persoonlijkheid en leerstijl. De linkerhersen helft is inderdaad de thuisbasis voor taal bij de meeste rechtshandige(!) mensen. De rechterhersen helft is beter toegerust voor diepte zien. Voor de motoriek stuurt de linkerhelft van de hersenen de rechterkant van het lichaam aan en vice versa. Maar daar houden de verschillen wel ongeveer mee op. Voor de meeste taken werken de beide hersenhelften voortdurend samen, of het nu rationeel denken is of creatief bezig zijn.

Sociale media als studieafleider

■ PROF. DR. STEFAN VAN DER STIGCHEL

ONZE SAMENLEVING maakt op dit moment een uitzonderlijke ontwikkeling door. Waar we in de jaren tachtig en negentig spraken over informatie in termen van kilobytes en megabytes, hebben we het nu over zettabytes en yottabytes. Er komt steeds meer informatie bij en door de snellere verbindingen, betere processoren en geavanceerdere opslagmethoden van de mobiele telefoon in onze broekzak dringt dit enorme informatieaanbod ook steeds verder door in ons dagelijks leven.

Veel jongeren hebben moeite zich te concentreren door de continue afleiding van de omgeving en de oneindige stroom informatie die tot hen komt. Jongeren die nu opgroeien, groeien in een andere wereld op dan twintig jaar geleden. Pubers zijn grootgebruikers van sociale media en andere aandachtsafleiders. Juist in de fase waarin het brein nog niet volgroeid is, wordt er continu en gefineerd aan de aandacht getrokken. Eén moment van verveling en de mobiele telefoon komt tevoorschijn. Als er dan eindelijk geconcentreerd gewerkt wordt, komt er een nieuw bericht binnen, waardoor de aandacht weer is afgeleid.

Multitasken vraagt wisselkosten

Die continue afleiding is een probleem: onze hersenen kunnen namelijk niet twee taken tegelijkertijd uitvoeren als beide taken een beroep doen op het werkgeheugen. Dat werkgeheugen wisselt dan op hoge snelheid tussen twee taken waardoor het lijkt alsof je ze tegelijkertijd uitvoert. Maar dat is dus niet zo. Dit is terug te zien in het brein wanneer iemand twee taken uitvoert: de hersennetwerken die betrokken zijn bij die twee taken worden om en om actief en niet tegelijkertijd. Het brein wisselt dus continu tussen de twee taken.

Multitasken, wat in feite het wisselen tussen taken is, gaat gepaard met wisselkosten, zoals toename van de reactietijd, maar ook toename van de hoeveelheid fouten. Deze kosten zijn extra hoog voor een jongerenbrein vergeleken met het volwassen brein: jongeren doen langer over een taak en maken meer fouten dan wanneer ze zich maar op één taak richten.

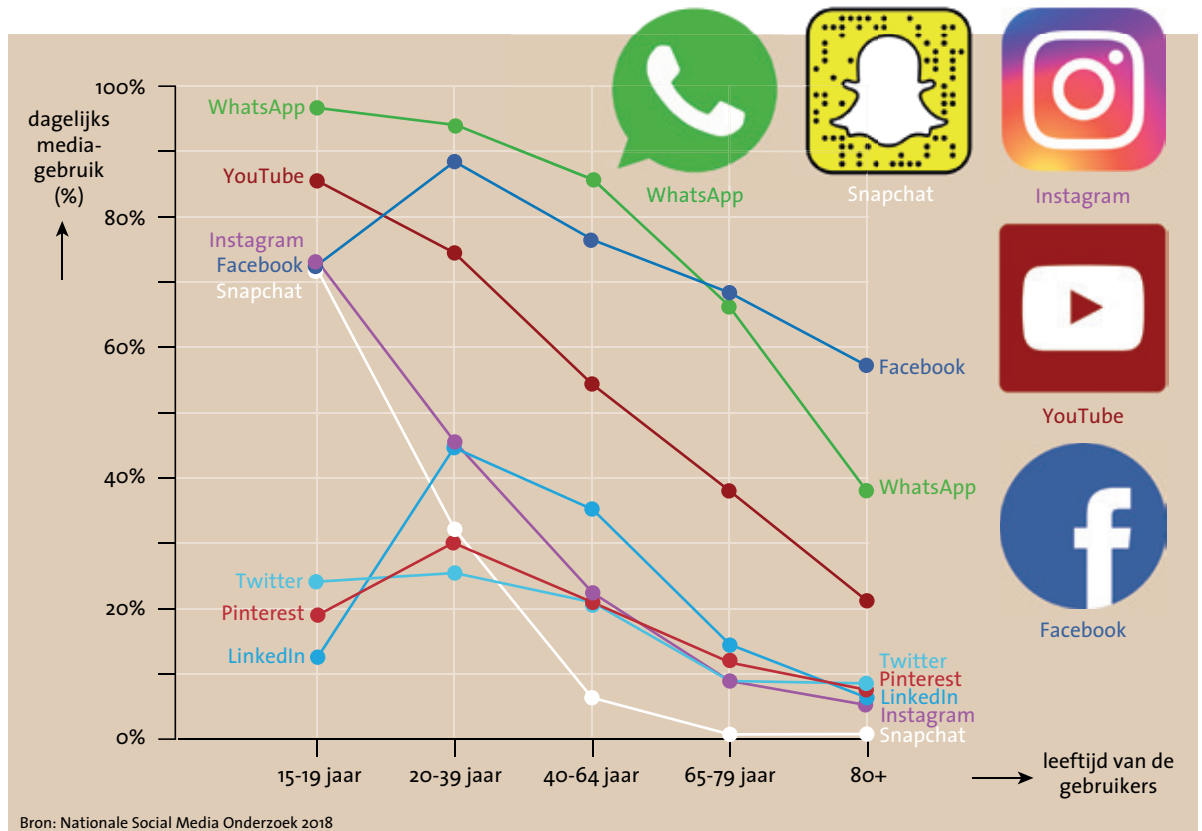
De wisselingen hebben ook gevolgen voor het leren. Om te kunnen leren is het nodig de aandacht volledig op de taak te richten die geleerd moeten worden. Het uitvoeren van meerdere taken tegelijkertijd zorgt ervoor dat jongeren minder goed kunnen leren. Ze leren wel tijdens multitasken, maar kunnen deze informatie op een later

moment minder goed gebruiken, waardoor de voordelen van leren maar heel kortstondig zijn. Het brein gebruikt namelijk andere hersengebieden als iemand leert tijdens multitasken dan wanneer iemand zich slechts op één taak richt tijdens het leren.

Lagere leerprestaties

Wanneer multitasking er inderdaad toe leidt dat we minder goed leren, heeft dit grote gevolgen voor het onderwijs. Als de aandacht van leerlingen verspreid is over verschillende taken zal dit uiteindelijk gevolgen hebben voor het succes van het onderwijs. Observatiestudies laten zien dat scholieren weinig tijd achter elkaar met één taak

Gebruik van verschillende sociale media per leeftijdsgroep.



bezig zijn als ze thuis aan het studeren zijn. Toen studenten verteld werd dat ze een belangrijke tekst moesten bestuderen, konden ze zich gemiddeld niet langer dan drie tot vijf minuten concentreren. Dit gold zowel voor middelbare scholieren als studenten in het hoger onderwijs. De grootste afleiders waren sociale media en persoonlijke berichten. Er was ook een sterke correlatie tussen het gebruik van sociale media tijdens het studeren en de prestaties op schooltaken: hoe intensiever het gebruik, hoe slechter de prestaties.

Terry Judd van de Universiteit van Melbourne analyseerde 3.372 computersessies van 1.249 studenten die geacht werden zelfstandig te studeren. In bijna alle sessies (99 procent) was er sprake van multitasking. Hoewel het studeren zelf de hoofdactiviteit vormde, was Facebook verantwoordelijk voor 9,2 procent van de rest van de tijd. In totaal werd Facebook in 44 procent van de sessies bezocht. In de sessies met Facebook werd er ook het kortst aan één stuk gestudeerd en daardoor het meest gewisseld tussen taken.

Multitasken zorgt dus uiteindelijk voor lagere leerprestaties, ook wanneer dit plaats vindt tijdens het volgen van lessen. In een onderzoek maakten jongeren die gebruik maakten van e-mail, Facebook en chatten tijdens een college meer fouten in een tentamen dan een groep die dit niet deed. Daarbij schreven de studenten die geen afleiding hadden 62 procent meer informatie op in hun aantekeningen dan de experimentele groepen en waren deze aantekeningen bovendien gedetailleerder. Het is bekend dat het maken van aantekeningen tijdens colleges het studeren veel efficiënter maakt.

Hoewel het gebruik van sociale media in het klaslokaal ook kansen biedt, is er het gevaar dat het gebruik van sociale media leidt tot multitasken. Hoewel er geen wetenschappelijk bewijs is voor het idee dat jongeren zich minder goed kunnen concentreren dan vroeger, mag het echter duidelijk



zijn dat jongeren door te multitasken de concentratie niet optimaal gebruiken. In periodes waarin opperste concentratie in de klas nodig is, is het dan ook verstandig sociale media niet toe te staan in de klas.

Scholieren laten zich tijdens het studeren soms al binnen vijf minuten afleiden door social media.



Vrouwen en jongeren kunnen beter multitasken

Het wordt vaak gezegd dat vrouwen en jongeren beter kunnen multitasken, maar zijn ze ook productiever wanneer ze meerdere taken tegelijkertijd uitvoeren? Het wetenschappelijke antwoord daarop is resoluut: neen. Niemand is productiever wanneer er gemultitasked wordt. Het parallel uitvoeren van meerdere taken belast de hersenen extra zwaar omdat je in werkelijkheid niet twee taken tegelijk kunnen doen, maar er voortdurend tussen twee taken geschakeld moet worden. Op hersenscans is te zien dat bij multitasking tussen twee taken niet twee hersennetwerken tegelijk actief worden, maar dat ze elkaar steeds afwisselen. Het is daarom ook goed dat het bijvoorbeeld verboden is om de telefoon tijdens het autorijden, maar ook tijdens het fietsen, te gebruiken. Twee taken kunnen alleen gelijktijdig uitgevoerd worden wanneer een van die taken volledig geautomatiseerd is, zoals praten tijdens het lopen. Maar zelfs dan kan de automatische activiteit gemakkelijk worden onderbroken door onverwachte omstandigheden, zoals het struikelen over een stoepteg. Onze hersenen zijn veel effectiever bij het uitvoeren van één taak tegelijk, ongeacht leeftijd of geslacht.

Een gezond stress-systeem weet zich ook weer uit te schakelen

Stress en veerkracht

■ DR. MR. CHRISTIAAN VINKERS

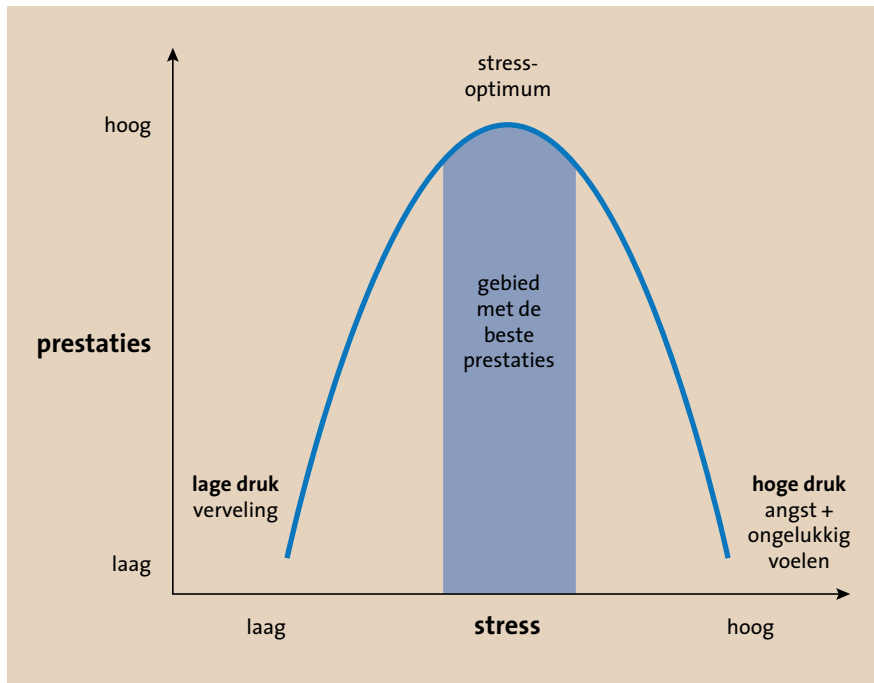
STRESS IS voor iedereen een herkenbaar begrip: iedereen voelt zich wel eens gestrest. Ondanks dat er veel over wordt gepraat, is het antwoord op de vraag wat stress precies is toch lastig. Stress kan zijn hoe iemand reageert op de omgeving (de reactie), maar stress kan ook iets zijn dat je meemaakt (een stressvolle gebeurtenis).

Stress voor balans

Stress heeft vaak een negatieve bijklank. Toch is het vaak een normaal en goed proces. Het stress-systeem zorgt voor balans ondanks dat er (onverwachte) veranderingen en nare dingen in de omgeving plaatsvinden. Bij acute stressvolle situaties, bijvoorbeeld wanneer iemand bijna van zijn fiets valt, schrikt en met bonkend hart in de keel verder fietst, is hij of zij even heel alert en gespannen. Dat verdwijnt normaal gezien snel.

Ook heel normale dingen, zoals een toets of verliefd zijn, kunnen stress geven en gaan vaak gepaard met een gespannen gevoel, zweten en een verhoogde hartslag. Min of meer onbewust zorgt het stress-systeem dat het lichaam weer in balans komt, daar hoeft iemand meestal zelf niet actief iets voor te doen. Dat gebeurt via tientallen verschillende neurotransmitters en hormonen binnen en buiten het brein.

De twee bekendste neurotransmitters zijn het stresshormoon cortisol en de neurotransmitter adrenaline. Cortisol en adrenaline worden na blootstelling aan stress door de bijnier vrijgemaakt in het bloed. Bij een normale stressreactie gebeurt dit zodra het nodig is en stopt de productie ook weer snel als het niet meer nodig is. Deze dynamiek van aan-en-uit – iemands veerkracht – is essentieel. De meeste mensen zijn veerkrachtig.



De relatie tussen de hoeveelheid stress en hoe iemand functioneert.

De veerkracht zorgt ervoor dat ondanks blootstelling aan stress iemand toch in balans blijft en zich goed blijft voelen.

Wanneer het stress-systeem niet meer goed en alert reageert, bijvoorbeeld door te hevige of chronische stress, kan iemand kwetsbaar of overgevoelig raken voor stress. Een klein beetje extra stress kan er al voor zorgen dat iemand minder goed in zijn vel zit, wat minder goed slaapt en geprikkeld op andere mensen reageert.

Een ding is zeker, stress is niet te voorkomen. Er zullen altijd onverwachte en vervelende dingen op iemands pad komen. Bij te veel stress kunnen mensen uit balans raken. Wanneer stress voor iemand 'teveel' is, verschilt sterk per persoon. Teveel stress is niet goed en kan psychische en lichamelijke klachten geven: slaapproblemen, prikkelbaarheid, somberheid en pijn. Iedereen zoekt dus naar een balans tussen te weinig en teveel stress. Maar te weinig stress is ook niet goed: bij

te weinig prikkels, nietsdoen en geen structurele daginvulling functioneert iemand niet optimaal. Vaak wordt dit weergegeven als een berg, waarbij de top de optimale hoeveelheid stress aangeeft.

Uniek stressprofiel

Mensen verschillen erg als het gaat om hoe goed ze tegen stress kunnen en hoe ze er mee omgaan. Dit hangt af van veel verschillende factoren, bijvoorbeeld iemands genetische achtergrond, hoe je als persoon met stress omgaat (actief aanpakken of meer vermijden), of je van nature optimistisch bent ingesteld of niet, maar ook eerdere (nare) ervaringen zoals jeugdtrauma. Factoren op het niveau van de biologie, psychologie en omgeving samen bepalen hoe iemand met stress omgaat. Dat is een beetje te zien als een persoonlijk stresspaspoort.

Puberstress

Ook al heeft stress invloed op iedereen, toch zijn er twee periodes waarin stress extra belangrijk is: dat is tijdens de (vroeg) jeugd en tijdens de puberteit. De puberteit is een ontwikkelingsperiode die zich kenmerkt door fundamentele veranderingen van het lichaam en grote veranderingen op cognitief, sociaal en emotioneel gebied.

Pubers banen zich een weg van de kindertijd naar uiteindelijk volwassenheid. Dat is een periode waarin iemands eigen identiteit wordt opgebouwd en er wordt geëxperimenteerd met autonomie, relaties en intimiteit. Dat betekent dat er veel verandert, en alle veranderingen kunnen stress opleveren. Nieuwe relaties, vriendschappen, dingen die jongeren zelf moeten regelen, maar ook studeren en presteren op school; het kan stress opleveren. Toch betekent dit niet dat stress tijdens de puberteit op zichzelf altijd slecht is. Stress is inherent aan deze periode, en waarschijnlijk stimuleert het de ontwikkeling ook. Dit heet de stress-inoculatietheorie: juist door het ervaren van

Het stresspaspoort.
 Veel verschillende factoren
 bepalen hoe stressgevoelig
 iemand is, en of dat stress
 leidt tot psychische klachten.



stress kan iemand leren hoe hij of zij daar mee om moet gaan.

Niet alleen zijn er veel veranderingen op psychologisch gebied, ook op biologisch gebied verandert er veel in de hersenen tijdens de puberteit. Een biologische manier om kwetsbaarheid tijdens de puberteit te begrijpen is het verschil in ontwikkeling van bepaalde hersengebieden. De prefrontale cortex die belangrijk is voor controle en cognitie ontwikkelt zich langzamer dan de limbische (subcorticale) hersengebieden die belangrijk zijn voor emotie en beloning. Hierdoor ontstaat er een

disbalans tussen het ervaren van emoties en de controle over emotionele reacties. Dit is tijdens de puberteit overigens een 'normale' disbalans, maar dit maakt de puberteit wel een periode waarin iemand extra kwetsbaar is. De puberteit is dan ook de periode waarin de meeste psychiatrische aandoeningen ontstaan, waaronder depressie, angst, en psychose.

Overstresst

De puberteit is een stressvolle periode door alle veranderingen in de hersenontwikkeling: iden-

Stress en de puberteit

1. Stress is op zichzelf niet slecht. Het is juist een normaal proces, maar teveel of te chronische stress is nadelig.
2. Mensen verschillen erg in stressgevoeligheid, en dat heeft te maken met biologische, psychologische en omgevingsfactoren.
3. De puberteit is een kwetsbare periode waarin er veel veranderingen optreden in de hersenen, persoonlijkheidsontwikkeling en omgeving. Hierdoor ontstaat er veel stress en is de gevoeligheid voor stress groter.
4. De puberteit is een periode waarin er veel verandert, waaronder zowel iemands persoonlijkheid, omgeving en ook het brein. Dit ontwikkelingsproces gedurende de puberteit is *op zichzelf* iets dat tussen mensen verschilt – los van de genen en de omgeving. Stress tijdens de puberteit kan dus langdurige gevolgen hebben omdat dit het ontwikkelingsproces verstoort dat voor lange termijn belangrijk is.
5. Stress tijdens de puberteit is niet te voorkomen, en als dit niet teveel of chronisch is, kan het juist de ontwikkeling stimuleren. Omdat stressgevoeligheid en veerkracht individueel bepaald zijn, liggen algemene oplossingen (zoals ‘tien gouden tips tegen stress’) niet zo voor de hand.

titeit, sociale rol en onafhankelijkheid. Teveel of chronische stress tijdens een relatief kwetsbare periode kan iemand langdurig uit balans brengen. Dat maakt ook dat ernstig pesten, hevige trauma's en chronische stress langdurig nadelige gevolgen kunnen hebben. Dit uit zich zowel op neurobiologisch niveau (hoe de hersenen eruit zien) als ook op psychologisch niveau (bijvoorbeeld identiteit en zelfbeeld). Dat de gevolgen van stress hierdoor na de puberteit nog aanwezig zijn, is dan ook niet zo vreemd. Stress brengt iemand immers tijdens een belangrijke kritische ontwikkelingsperiode uit balans.

Helaas weten we niet wanneer stress teveel wordt, en ook kunnen we nog niet precies verklaren waarom pubers onderling zo sterk verschillen als het gaat om stressgevoeligheid en veerkracht. Daarom is toekomstig onderzoek naar verschillende stressprofielen en hoe dat tijdens de puberteit verandert erg belangrijk.

Stress kan
een blijvend
effect in de
hersenen
hebben

Jongeren en hun recht om gehoord t

■ DR. STEPHANIE RAP

VOLWASSEN ZEGGEN vaak dat kinderen de toekomst zijn. Maar dan hebben zij het vaak over hoe zij willen dat de wereld er in de toekomst uitziet en wat zij achterlaten voor de kinderen van nu. Maar kinderen en jongeren hebben zelf ook ideeën over hoe hun toekomst eruit moet zien. Ze hebben, ook als ze minderjarig zijn, zelfs officieel een stem én invloed.

Rechten van het kind

Sinds 1989 hebben 196 landen in de wereld het Internationale Kinderrechtenverdrag ondertekend. Dit betekent dat vandaag de dag 2,2 miljard kinderen van 0 tot 18 jaar wereldwijd aanspraak kunnen maken op de rechten en plichten uit dit verdrag. Een van de uitgangspunten uit dit verdrag is dat kinderen het recht hebben om gehoord te worden (Artikel 12 Mening van het kind). Ieder kind heeft het recht om zijn of haar mening te geven in alle belangrijke beslissingen in zijn of haar leven. En deze mening moet serieus genomen worden door volwassenen. Het kinderrechtenverdrag gaat er verder vanuit dat kinderen groeien en ontwikkelen en daardoor steeds beter in staat zijn om mee te denken over belangrijke beslissingen in hun leven. Dit betekent ook dat naarmate ze ouder worden er meer belang gehecht moet worden aan wat zij vinden.

Kinder- en jongerenparticipatie

Maatschappelijke organisaties, beleidsmakers en overheden hebben de afgelopen jaren veel aandacht besteed aan de participatie van kinderen en jongeren in de samenleving. Zo is in 2018 in

Nederland de eerste Nationale Raad van Kinderen opgericht waarin kinderen zitten die mogen meedenken en advies mogen geven aan scholen, bedrijven en de overheid.

Voor het eerst werd op de Internationale Dag van de Rechten van het Kind op 20 november 2018 een kindervragenuur in de Tweede Kamer georganiseerd. Ook zijn er drie kinderbewindspersonen: Mariam Yousfi (13 jaar), Floris Vooren (13 jaar) en Mookie Saluna (15 jaar) aangesteld om de ministers en staatssecretaris van Volksgezondheid, Welzijn en Sport een jaar lang van adviezen te voorzien. Het achterliggende idee hierbij is dat kinderen en jongeren creatieve en vernieuwende vragen stellen en oplossingen bedenken, die kunnen helpen Nederland duurzamer te maken.

Maar waarom is participatie van kinderen en jongeren zo belangrijk? Uit wetenschappelijk onderzoek onder jongeren die te maken hebben met het rechtssysteem, blijkt dat wanneer zij kunnen zeggen wat ze vinden, zij tevredener zijn over de uitkomsten van juridische procedures. Bijvoorbeeld wanneer hun ouders gaan scheiden of wanneer ze met de politie in aanraking zijn gekomen. Jongeren vinden het belangrijk dat ze echt gehoord worden, en dat op basis daarvan de beslissing genomen wordt. Volwassenen spelen in dat proces een belangrijke rol. Wanneer zij vriendelijk en respectvol zijn, voldoende informatie geven en echt luisteren naar jongeren dan worden procedures als eerlijker en kind-vriendelijker ervaren. Dit helpt jongeren vervolgens om de beslissing die genomen wordt beter te begrijpen en te accepteren. Het betrekken van jongeren



De eerste kinderministers van Nederland (2018)
V.l.n.r.: kinderminister Floris Vooren, minister Bruno Bruins, kinderminister Mariam Yousfi, minister Hugo de Jonge, staatssecretaris Paul Blokhuis en kinderstaatssecretaris Mookie Saluna.

e worden

bij beslissingen rondom medische behandelingen laat diezelfde positieve uitkomsten zien. Zij begrijpen beter wat er aan de hand is en wat de behandeling zal inhouden, waardoor zij zich ook beter voelen.

Maatschappelijke veranderingen

Tijdens de adolescentie gaan jongeren zich steeds volwassener voelen en zetten zij zich vaker af tegen volwassenen. Aan de andere kant willen ze ook voor vol worden aangezien en gehoord worden door volwassenen. Een ander belangrijk kenmerk van adolescenten is dat zij in grotere mate idealen hebben en gevoelens van rechtvaardigheid bezitten dan volwassen die meer 'gehinderd' worden door praktische bezwaren en relativierungsvermogen.

Door hun ongenoegen te uiten en op de barricaden te gaan staan, zoals bij de studentenprotesten in de jaren '70, hebben jongeren vaak een belangrijke rol in het op gang brengen van maatschappelijke veranderingen. Een recent voorbeeld is dat van *March for Our Lives*, waarbij scholieren in meerdere landen demonsteren tegen vuurwapengeweld. David Hogg (18), een van de Amerikaanse jongeren die deze beweging is gestart na de *school shooting* op zijn school in Parkland (Florida), zegt daarover: "Alle grote sociale omwentelingen in de VS begonnen met jongeren die de situatie niet langer accepteerden. Wij zijn de generatie die is opgegroeid met massaschietpartijen. Ik kan niet accepteren dat vrijheid in de VS samenvalt met het dragen van een wapen. Dat wij moeten bedenken op welke plek in een klas we moeten zitten om de



beste overlevingskansen te hebben" (Bron: NRC Handelsblad, 23-11-2018).

Deze jongeren worden inmiddels gehoord, zij hebben de *March for Our Lives*-beweging succesvol grote bekendheid gegeven en hebben online en offline vele volgers. Daarvoor hebben zij de Internationale Kindervredesprijs 2018 gekregen die ieder jaar uitgereikt wordt aan een jongere die zich inzet voor de rechten van kinderen.

Recht op bescherming

Maar niet alle jongeren worden altijd gehoord. Om het recht om gehoord te worden goed in de praktijk te kunnen brengen, moet daarom ook een ander algemeen uitgangspunt uit het Kinderrechtenverdrag gewaarborgd worden, namelijk het recht op bescherming tegen discriminatie. Alle rechten gelden voor alle kinderen, zonder enige uitzondering (Artikel 2 Geen discriminatie). Pas dan kunnen alle kinderen en jongeren invloed hebben op hoe hun leven er nu en in de toekomst uit zal gaan zien.

De 'March for Our Lives'. Honderdduizenden studenten, ouders, leerkrachten en hun supporters gingen op 24 maart 2018 de straat op in Washington, D.C om te demonsteren tegen vuurwapengeweld en voor veiligheid op school. Overal in de VS en de rest van de wereld vonden demonstraties plaats ter ondersteuning.

De tiener tussen brein en omgeving

■ PROF. DR. JELLE JOLLES

DE TIENER is werk in uitvoering. Hij of zij heeft de vele jaren van de adolescentie nodig om de kennis en vaardigheden op te doen die nodig zijn om zich een plek te verwerven in de-wereld-van-straks. Daarom loopt ook de hersenrijping in de adolescentie en jonge volwassenheid door tot na het 22ste jaar. In die periode van rijping vormen zich de complexe netwerken die nodig zijn om ruim tweehonderd verschillende hersengebieden met elkaar te verbinden. Die netwerken zorgen dat de verbonden structuren functioneel actief kunnen worden. De omgeving van de tiener is hiervoor essentieel; het brein ontwikkelt zich namelijk dankzij de vele zintuiglijke, emotionele, cognitieve en sociale prikkels die het ontvangt. De omgeving stelt daardoor de adolescent in staat om vaardigheden te ontwikkelen, om kennis op te doen, zelfinzicht te krijgen en als persoon te groeien. Daardoor kan hij of zij leren om zijn weg te vinden tussen de verlokkingen, uitdagingen, kansen en mogelijkheden in onze snel veranderende samenleving.

Sociale omgeving

De omgeving: dat zijn de ouders en leraren, de sport- en de muziekcoach, de familie en burens en natuurlijk de leeftijdsgenoten. Maar het gaat ook om instituties zoals scholen, de overheid en andere maatschappelijke en onderwijsorganisaties. De omgeving zorgt voor de randvoorwaarden waarbinnen de jongere zich kan ontwikkelen.

Biologisch gezien wordt de adolescentie bepaald door de lichamelijke ontwikkeling en de rijping van de hersenen. Die hersenrijping is pas afge-

rond ver ná het moment dat de jongere juridisch meerderjarig is geworden. Maar ook de sociale omgeving stuurt de hersenrijping omdat de aard en intensiteit van de interactie met de omgeving bepalend is voor ervaringen die de adolescent kan opdoen. Dat verklaart waarom veel adolescenten onderling zo sterk verschillen. Hoe een jongere beweegt en handelt, wordt bepaald door fysieke training en door het fijnslijpen van complexe motorische activiteiten. Zo worden ook de cognitieve en sociaal-emotionele vaardigheden en het gedrag gevormd door training en ervaring. De sociale groep, de intellectuele en emotionele sfeer thuis en een schrale dan wel rijke leeromgeving met nieuwe uitdagingen zijn daarmee medebepalend voor de ontplooiing van onze jongeren.

Nature én nurture

De ontplooiing wordt dus bepaald door biologie én omgeving; door nature én nurture. Het zijn hersenstructuren en –netwerken die het mogelijk maken dat wij waarnemen, dat we spreken, denken en begrijpen, dat we keuzes kunnen maken en dat we leren. Maar de steun, de sturing en inspiratie die de adolescent krijgt zijn evenzeer van groot belang, omdat de hersenrijping wordt gestimuleerd door de kennis die de tiener opdoet en zijn leerervaringen – positief en negatief – op school en in de sociale groep. Net zo is de kwaliteit van de slaap relevant. En het welbevinden en de mate waarin hij of zij stress ervaart. Omdat veranderingen in de hersenen optreden *in reactie* op de prikkels van buiten kan dus gesteld worden: *context shapes the brain*. Nature en nurture zijn even



belangrijk; het zijn twee kanten van hetzelfde muntstuk. Genetische factoren bepalen de grenzen waarbinnen het individu zich kan ontwikkelen. De omgevingsfactoren bepalen hoever de jongere zich kan ontplooiën binnen die genetisch bepaalde grenzen.

Kennis, steun en inspiratie

De sociale omgeving is verantwoordelijk voor een optimale ontplooiing van de adolescent en moet daarvoor de mogelijkheden aanreiken. Aan jongeren wordt de gecumuleerde kennis en ervaring van eerdere generaties overgedragen. Deze zorgt dat zij vaardigheden kunnen ontwikkelen en zelfinzicht krijgen evenals het vermogen om impulsen te beheersen, om te kiezen en om te denken. Ze worden vanuit de omgeving gestimu-

leerd om nieuwsgierig te zijn en dat te blijven, en om ondernemend te zijn. En ze krijgen kennis over vroeger, over andere culturen en over alternatieve mogelijkheden tot ontplooiing. Die kennis en ervaring zit deels in kennisdragers zoals boeken en informatie die via internet kan worden ingezien. Maar die ervaring zit vooral in de verhalen en de directe steun en inspiratie van volwassenen: van opvoeders, van leraren en van sportcoaches.

Voor de samenleving van straks

Omdat de samenleving om ons heen snel verandert, moeten jongeren voorbereid worden op een maatschappij die we nog geheel niet kennen: de samenleving van 2025, 2035 en verder. De gecumuleerde ervaring van volwassenen is daarvoor heel behulpzaam. De huidige ouders, leraren, onderwijsorganisaties, bestuurders en politici moeten daarom zorgen dat jongeren niet alleen de kennis- en procedures-van-gisteren overgedragen krijgen. Daarvoor zijn de volwassenen verantwoordelijk, niet de jongeren. Zij moeten de kansen krijgen en actief worden gestimuleerd en geïnspireerd. Zo zullen zij in staat zijn om creatieve, geheel nieuwe combinaties te maken van 'oude' en 'nieuwe' kennis en procedures. Daardoor zullen ze routes kunnen inslaan die de huidige volwassenen zonder deze jongere generatie niet zullen vinden.

Van spraakverwarring naar dialoog

In 1997 zei de eminente Amerikaanse onderwijskundige John Bruer dat het onderwijs geen baat zou hebben bij kennis over de hersenen: "A bridge too far". Anno 2019 blijkt toch een fors aantal brug-

BRIDGING THE GAP



gen geslagen te zijn over de heftig kolkende rivier die het heuvelende domein van het onderwijs scheidt van de landen van de hersen- en cognitieve wetenschappen. Er is voortgang geboekt bij de vertaling van wetenschappelijke inzichten over hersenen en leren naar de praktijk. Maar er is nog steeds een grote spraakverwarring. Die uit zich in het feit dat onderwijs- en neuromythen veel voorkomen. Ook zijn er nog te veel wetenschappers én praktijkprofessionals die ontkennen dat inzichten in 'dat andere' domein relevant kunnen zijn. 'Hoed u voor de hersenwetenschap' is wel eens gezegd, en zelfs over kernbegrippen zoals 'leren' en 'geheugen' bestaan grote meningsverschillen. Die spraakverwarring moet worden opgelost en dialoog is daarvoor noodzakelijk. Dát moet een kerndoel zijn van onderzoek en onderwijsinnovaties die voor de komende jaren worden gepland. Er is al veel kennis beschikbaar over het brein, over leren, instructie en onderwijs, en over opvoeding en ontplooiing. Deze is beter te gebruiken als er wordt samengewerkt over de grenzen van disciplines en praktijkvelden heen. Zo'n samenwerking kan wel eens belangrijker zijn dan het streven naar nieuwe en verdiepende kennis op hooggespecialiseerde deel-

gebieden in de neurowetenschap, in de cognitieve wetenschap of in de praktijk.

Van onderwijzen naar leren

Onze wetenschappelijke inzichten in 'de ontwikkeling van hersenen & gedrag' suggereert dat we er veel baat bij kunnen hebben als we meer investeren in *het lerende individu*. Dat betekent een attitudeverandering en een verschuiving van 'onderwijzen' naar 'leren'. Het gaat om de persoon van de adolescent en diens vaardigheden en om de ontplooiing van de talenten die nodig zijn om zich succesvol in te voegen in een veranderende samenleving. Daarvoor moet hij of zij kennis verwerven, ook en vooral buiten de context van school. En daarnaast moet het individu in staat gesteld worden om veel en vooral brede ervaringen op te doen, nieuwsgierig te blijven en ondernemend te zijn. Cognitieve, emotionele, fysieke en sociale functies zijn daarvoor nodig en de omgeving heeft daarin een centrale rol: leraar én opvoeder zijn motor van de talentontwikkeling ... En de hersenen zijn het voertuig dat die talentontwikkeling en ontplooiing mogelijk maakt.

Meer informatie

- De jeugd van tegenwoordig! (2008) Diesoratie Prof. dr. P.M. Westenberg, Universiteit Leiden. www.leidenuniv.nl/nieuwsarchief2/content/docs/080208/oratie-westenberg.pdf
- Die jeugd van tegenwoordig – Over opvoeden en opgroeien in Nederland (2015) Kees Bakker, Hellen Kooijman, Erik Jan de Wilde, Nederlands Jeugdinstituut, ISBN 978-90-8830-212-1. www.nji.nl/nl/Download-Nji/Publicatie-Nji/Publicatie-Die-jeugd-van-tegenwoordig.pdf
- De deugd van tegenwoordig – Onderzoek naar jongeren en hun grenzen (2008) Dr. Maarten Prins, Radboud Universiteit Nijmegen. www.youngcrowds.nl/wp-content/uploads/2010/07/dedeugdvan-tegenwoordig.pdf
- Alcohol en hersenontwikkeling bij jongeren (2018) Advies Gezondheidsraad nr.2018/23, www.gezondheidsraad.nl.
- Beweegerichtlijnen 2017, Advies Gezondheidsraad, <https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2017/08/22/beweegerichtlijnen-2017>
- Baby & Child Research Center bestudeert de taal- en sociaal-cognitieve ontwikkeling van kinderen tot de leeftijd van zes jaar: www.babyandchild.nl
- Toepassingen voor de onderwijspraktijk: www.hersenenenleren.nl.
- Alles over kinderrechten en het kinderrechtenverdrag: www.kinderrechten.nl
- De Hersenstichting met alles over hersenen: www.hersenstichting.nl/alles-over-hersenen
- Brainwiki met informatie voor jongeren over psychische problemen: www.brainwiki.nl
- Het Centrum voor Begaaafdheidsonderzoek (CBO), een expertisecentrum op het gebied van hoogbegaafdheid: <https://cbo-nijmegen.nl>

Video's

- Afgeleide pubers, hoe krijg je hun aandacht? https://www.youtube.com/watch?time_continue=28&v=fXjGIDtCe08
- Hoe werkt aandacht in de hersenen? | Focus | NTR, https://www.youtube.com/watch?time_continue=40&v=X75fAggh3E

Websites

- Het ontwikkelende brein, informatie voor jongeren: www.kijkinjebrein.nl
- Het Brain & Development Onderzoekscentrum; onderzoek, lesmaterialen en lezingen: www.breinkennisleiden.nl en www.brainanddevelopmentlab.nl
- Hersenen in actie: lopend onderzoek van het Brain & Development Onderzoekscentrum van de Universiteit Leiden. www.juniorhersenen.nl
- Kenniscentrum kinder- en jeugdpsychiatrie: www.kenniscentrum-kjp.nl

Boeken

- Het Babybrein, Wat iedereen moet weten over de hersenontwikkeling van baby's, Michiel van Elk en Sabine Hunnius. (2018) Prometheus.
- Het sociale leven van baby's, En de spectaculaire groei van de hersenen in het eerste levensjaar, Chantal Kemner (2011) Balans.
- Kijken in het brein – mythen en mogelijkheden. Sandra van Aalderen, Nienke van Atteveldt en Meike Grol (2015) Querido.
- Het Sociale brein van de puber, Eveline Crone (2012) Bert Bakker.

- Het puberende brein, Over de ontwikkeling van de hersenen in de unieke periode van de adolescentie, Eveline Crone (2018) Prometheus.
- Haperende hersenen, Iris Sommer (2018, 9de druk) Balans.
- De gestoorde geest, wat ongewone hersenen ons vertellen over onszelf, Eric Kandel (2018) Atlas Contact.
- Creativiteit krijg je niet voor niks, de psychologie van creativiteit in werk en wetenschap, Carsten de Dreu en Daniel Sligte (2016) Koninklijke van Gorcum.
- Brein onder druk, over stress, agressie en veerkracht, Malou van Hintum (2017) SWP Uitgeverij B.V.
- Donker, A.G. & Kogel, C.H. de (2017). De biologische invloed op antisociaal gedrag. In: Koppen P. van e.a. (red.) *Routes van het Recht*. Boom Juridisch.
- Dit is dyslexie, achtergrond en aanpak, Aryan van der Leij (2016) Lanno campus.
- De pretparkgeneratie, Aryan van der Leij (2013) Nijgh & Van Ditmar.
- Mindset, Verander je manier van denken om je doelen te behalen, Carol S Dweck, 2018 (8ste druk) SWP Uitgeverij.
- Het tienerbrein. Jelle Jolles (2016). Over de adolescent tussen biologie en omgeving. Amsterdam University Press.
- Leer het brein kennen. Over een 'New Learning Science' op het kruispunt van neurowetenschap, cognitiewetenschap en onderwijswetenschap. Jolles, J., Groot, R. de, Benthem, J. van, Dekkers, H., Glopper, C. de, Uijlings, H., & A. Wolff-Albers (2005). Den Haag: NWO. <http://static.jellejolles.nl/50520JollesLeerBreinKennenDef.pdf>
- Uitblinkers, waarom sommige mensen succes hebben en andere niet (2012, 10e druk). Malcolm Gladwell, Uitgever: Business Contact.
- Het Riskante brein, Het belang en gevaar van risicogedrag bij jongeren, Barbara Braams, 2017, Uitgever Spectrum.
- Het maakbare brein, gebruik je hersens en word wie je wilt zijn, Margriet Sitskoorn, 2006, uitgeverij Bert Bakker, Amsterdam.
- Hoogbegaafdheid bij kinderen, Franz Mönks en Irene Ypenburg, (2011) Boom Uitgevers Amsterdam.
- De geheimen van ons geheugen. Over herinneren en vergeten en het trainen van een superbrein. Boris Nikolai Konrad. (2018) Ambo/Anthos, Amsterdam.
- Savage girls and wild boys: A history of feral children. Michael Newton (2002) London: Faber & Faber.
- Iedereen Slaapt. Alles wat we willen weten over onze nachtrust. Ysbrand van der Werf (2016) Athenaeum/ Polak & Van Gennep, Amsterdam.
- Talent binnenstebuiten, daag jongeren uit met hun talenten aan de slag te gaan, Huub Nelis en Yvonne van Sark (2017) Kosmos Uitgevers.
- Puberbrein binnenstebuiten, Wat beweegt jongeren en hoe krijg je ze in beweging?, Huub Nelis en Yvonne van Sark (2018) Kosmos Uitgevers.
- The Spirit Level: Why Greater Equality Makes Societies Stronger, Richard Wilkinson en Kate Pickett (2010) Bloomsbury Press, New York.
- Vonken in de meterkast, de schokkende strijd tegen depressie, Parkinson en andere hersenziekten, Bart Lutters (2016) Uitgever Lucht Bv.
- Zo werkt aandacht, opvallen, kijken en zoeken in een wereld vol afleiding, Stefan van der Stigchel (2015) Maven Publishing
- Concentratie, gefocust blijven in tijden van afleiding, Stefan van der Stigchel (2018) Maven Publishing
- De zeven zintuigen: over waarnemen en onwaarnemen. Iris Sommer (2018) Prometheus.
- Tis hier geen hotel, het leukste boek voor ouders met een puber, Saskia Smith en Martine de Vente (2018), Nijgh & van Ditmar.

Auteurs

Drs. Laura van der Aar is promovenda in het Brain and Development Research Center van de afdeling Ontwikkelings- en Onderwijspsychologie van het Instituut Psychologie aan de Universiteit Leiden.

Dr. Nienke van Atteveldt is universitair hoofd-docent bij de sectie Klinische ontwikkelingspsychologie van de faculteit der Gedrags- en Bewegingswetenschappen van de Vrije Universiteit Amsterdam.

Prof. dr. Milene Bonte is hoogleraar Cognitieve neurowetenschap van taal- en leesontwikkeling aan de Faculteit Psychologie en Neurowetenschappen van de Universiteit Maastricht.

Dr. Dienne Bos is universitair docent bij het neuroimaging lab NICHE van het Hersencentrum van het Universitair Medisch Centrum Utrecht.

Dr. Marieke Bos is universitair docent bij de afdeling Ontwikkelings- en Onderwijspsychologie en verbonden aan het Brain and Development Research Center aan de Universiteit Leiden.

Prof. dr. Eveline Crone is hoogleraar neuro-cognitieve ontwikkelingspsychologie aan de Universiteit Leiden.

Drs. Renske van der Cruijssen is promovenda in het Brain and Development Research Center van de afdeling Ontwikkelings- en Onderwijspsychologie van het Instituut Psychologie aan de Universiteit Leiden.

Prof. dr. Sarah Durston is hoogleraar Ontwikkelingsstoornissen van de hersenen bij het Hersencentrum van het Universitair

Medisch Centrum Utrecht en hoofd van het neuroimaging lab NICHE.

Prof. dr. Eco de Geus is hoofd van de afdeling Biologische Psychologie van de faculteit der Gedrags- en Bewegingswetenschappen van de Vrije Universiteit Amsterdam.

Dr. ir. Astrid van de Graaf is freelance wetenschapsjournalist en science writer te Delft.

Drs. Martine Groefsema is promovenda bij het Behavioral Science Institute van de Radboud Universiteit in Nijmegen.

Prof. dr. Renate de Groot is hoogleraar Biopsychologie van Leren bij het Welten Instituut van de faculteit Psychologie en onderwijswetenschappen van de Open Universiteit.

Dr. Jorien van Hoorn is postdoc bij het Brain and Development Research Center van de afdeling Ontwikkelings- en Onderwijspsychologie van het Instituut Psychologie aan de Universiteit Leiden.

Prof. dr. Sabine Hunnius is hoogleraar Developmental Cognitive Neuroscience aan de Radboud Universiteit in Nijmegen en directeur van het Baby & Child Research Center en hoofd van de BabyBRAIN-groep van het Donders Instituut.

Dr. Petra Hurks is universitair hoofddocent Kinderneuropsychologie bij de Faculteit der Psychologie en Neurowetenschappen aan de Universiteit Maastricht.

Prof. dr. Jelle Jolles is hoogleraar Neuropsychologie e.m. aan de Vrije Universiteit Amsterdam en Universiteit Maastricht en directeur van het Centrum Brein & Leren.

- Prof. dr. Gerard Kerkhof is emeritus hoogleraar psychofysiologie van de 24-uurs ritmiek en slaap aan de Universiteit van Amsterdam en was verbonden aan het Centrum voor Slaapstoornissen van het Medisch Centrum Haaglanden te Den Haag.
- Dr. Katy de Kogel is senior wetenschappelijk medewerker bij de afdeling Criminaliteit, Rechtshandhaving en Sancties van het Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum van het Nederlands ministerie van Justitie en Veiligheid in Den Haag en senior onderzoeker bij de Capaciteitsgroep Strafrecht en Criminologie van de faculteit Rechten van de universiteit Maastricht.
- Prof. dr. Lydia Krabbendam is hoogleraar Neuropsychologie bij de sectie Klinische ontwikkelingspsychologie en de sectie Klinische neuropsychologie van de faculteit der Gedrag- en Bewegingswetenschappen van de Vrije Universiteit Amsterdam.
- Dr. Nikki Lee is universitair docent Neuropsychologie bij de sectie Klinische ontwikkelingspsychologie van de faculteit der Gedrag- en Bewegingswetenschappen van de Vrije Universiteit Amsterdam.
- Dr. Lucre Nauta-Jansen is senior onderzoeker en plaatsvervangend hoofd van de afdeling kind- en jeugdpsychiatrie van het EMGO + Instituut van het VU medisch centrum in Amsterdam.
- Dr. Sandy Overgaauw is universitair docent op de afdeling Klinische Psychologie van het Instituut Psychologie van de Universiteit Leiden.
- Dr. Sabine Peters is universitair docent in Educatieve Neurowetenschappen bij de afdeling Ontwikkelings- en Onderwijspsychologie van het Instituut Psychologie van de Universiteit Leiden.
- Dr. Stephanie Rap is universitair docent bij de Afdeling Jeugdrecht van de Universiteit Leiden.
- Dr. ir. Janny Stapel is onderzoeker bij het Donders Centrum voor Cognitie van de Radboud Universiteit Nijmegen en gastonderzoeker bij het Oxford Department of Experimental Psychology van de Universiteit van Oxford.
- Prof. dr. Stefan van der Stigchel is hoogleraar cognitieve psychologie bij afdeling Experimentele Psychologie aan de Universiteit Utrecht.
- Prof. dr. Harry Uylings is emeritus hoogleraar Functionele neuroanatomie aan het Amsterdam Universitair Medisch Centrum (VUmc) te Amsterdam.
- Dr. Annelinde Vandenbroucke is programma-coördinator van het Startimpuls onderdeel van NeuroLabNL, kennisplatform en werkplaats voor hersen-, cognitie- en gedragsonderzoek in Nederland.
- Dr. mr. Christiaan Vinkers is psychiater en onderzoeker aan de afdelingen Psychiatrie en Anatomie & Neurowetenschappen aan het Amsterdam UMC (VUmc).
- Dr. Bart Vogelaar is universitair docent bij de afdeling Ontwikkelings- en Onderwijspsychologie van het Instituut Psychologie aan de Universiteit Leiden.
- Dr. Lex Wijnroks is ontwikkelingsneuropsycholoog en universitair hoofddocent Educatie en Pedagogiek bij de Universiteit van Utrecht.
- Dr. Geert-Jan Will is een Marie-Sklodowska-Curie onderzoeker op de afdeling Klinische Psychologie van het Instituut Psychologie van de Universiteit Leiden.
- Dr. Inge van der Wurff is universitair docent Biopsychologie van Leren bij het Welten Instituut van de faculteit Psychologie en onderwijswetenschappen van de Open Universiteit.

bio

WETENSCHAP+
MAATSCHAPPIJ

www.biomaatschappij.nl

50% korting op
de normale
verkoopprijs



4X BWM-cahiers
voor maar € 27,50

Cadeautje!

Wilt u uw klanten informeren? Uw collega's verrassen? Denk eens aan een cahier! Neem contact op met BWM via 070-3495402 of bestellingen@biomaatschappij.nl. Bij afname van grote aantallen kan de prijs daarop worden afgestemd.



Ontdek met BWM de nieuwste ontwikkelingen op het gebied van biowetenschappen. Van diabetes tot biograndstoffen en van hersenen tot evolutie. De cahiers zijn geschreven door topwetenschappers: objectief, scherpzinnig en verrassend.

Met BWM weet je meer!

Cahiers in 2019

- > Brein in de groei
- > Jubileum 50 jaar Biowetenschappen en Maatschappij
- > Plastics

Gratis lesmateriaal

BWM maakt ook lesmateriaal bij de cahiers. Voor havo en vwo bovenbouw.

U kunt dit gratis downloaden via

<https://www.biomaatschappij.nl/publicaties/lesmateriaaloverzicht/>

Illustratieverantwoording

Cover : iStockphoto

Marc de Haan / Universiteit Leiden: p. 2

Reuters / ANP Photo, Rijswijk: p. 5, 83

Jos van den Broek, Leiden: p. 6, 7, 9, 10 o, 13, 15 l, 24, 28, 29, 30, 33, 37, 39, 44, 45, 47, 50, 53, 57, 63, 64, 66, 72, 75, 76, 78, 79, 80 en inlegvellen.

Professor Paul Thompson / Nitin Gogtay et al., PNAS, 2004: p. 8

Dreamstime: p. 10 rb, 19 o, 31, 38, 51, 65 l

Imageselect, Wassenaar: p. 11

Harry Uylings, Afdeling Anatomie en Neurowetenschappen, Amsterdam UMC, VUmc, Amsterdam: p. 15 m, r, 16

OHA184.06.001.002.00001.00012, National Museum of Health and Medicine, Silver Spring, MD: p. 17

Getty Images: p. 18

Sittrop Grafisch Realisatie Bureau, Nijmegen: p. 19 b, 65 r, 86

Heritage Book Shop, Tarzana, CA: p. 21

iStockphoto: p. 22, 42, 46, 73, 77

Depositphotos: p. 25

Shutterstock: p. 27, 55, 59, 62, 71

Ellis Nadler / Cartoonstock.com: p. 34

www.kijkinjebrein.nl / Brain & Development Onderzoekscentrum: p. 35

Science Museum Group Collection, The Board of Trustees of the Science Museum: p. 41

Rijksoverheid e. a.: p. 48

Nationale Beeldbank, Den Haag: p. 49, 67

Dienke Bos, UMC Utrecht: p. 54

Hollandse Hoogte, Den Haag: p. 60

Gezondheidsraad.nl: p. 69

Ministerie van VWS / Paul Voorham: p. 82

Greet Egbers / Great Graphic Design, Amsterdam: p. 85

Stichting Biowetenschappen en Maatschappij
werkt samen met:

Dit cahier is mede tot stand gekomen door:

 KENNISLINK

 ZonMw

 NWO

In dit nummer:

- › **Hoe ontwikkelt ons brein zich?**
- › **Wat zijn kritische perioden?**
- › **Wat is plasticiteit?**
- › **Bestaat de wiskundeknobbel?**
- › **Verschilt het brein van jongens en meisjes?**
- › **Wat als de hersenontwikkeling anders verloopt?**
- › **Wat is de invloed van slaap, voeding en beweging?**

Redactie:

Katy de Kogel

Sabine Peters

Annelinde Vandenbroucke

Bas Defize

Astrid van de Graaf

Met een voorwoord van Eveline Crone,
hoogleraar neurocognitieve
ontwikkelingspsychologie aan
de Universiteit Leiden en winnaar
van de Spinozapremie in 2017.

De weg naar volwassenheid is niet voor iedere jongere even eenvoudig. Met name de puberteit, de periode waarin jongens en meisjes lichamelijk volwassen worden, is een tijd waarin de hersenen volop in ontwikkeling zijn. Dit heeft zo zijn invloed op het gedrag. Jongeren nemen meer risico en proberen soms onverstandige dingen uit. Door deze kwetsbaarheid en een interne drang naar sociale status is het ook de periode waarin ernstigere problemen kunnen ontstaan, zoals middelenmisbruik, crimineel gedrag en depressie. Het is tegelijkertijd ook de tijd dat jongeren ontdekken welke talenten ze hebben. De hersenontwikkeling gaat nog door tot gemiddeld 22 jaar. Inlevingsvermogen en zelfcontrole komen dan tot volle ontwikkeling.

Tot die tijd kan de omgeving jongeren een helpende hand bieden, niet alleen bij het nemen van beslissingen, maar ook bij het ontplooiën van hun talenten. Ieders genetische aanleg bepaalt de groeipotentie, maar de omgeving bepaalt uiteindelijk wat er van al die mogelijkheden wordt gerealiseerd.

In dit cahier vertellen ontwikkelingspsychologen, (kinder)neuropsychologen, psychofysiologen, (kinder)psychiaters en andere hersen- en gedragswetenschappers vanuit hun vakgebied de laatste stand van zaken over de ontwikkeling van de hersenen van kinderen vanaf de geboorte tot volwassenwording en hoe dat invloed heeft op hun gedrag.

 **wetenschap+**
MAATSCHAPPIJ

