

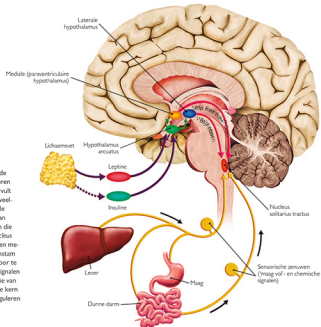
DE SUBTHALAMUS EN EPITHALAMUS

Hoewel de medische kennis van de subthalamus (subthalamus nucleus) nog verre van volledig is, lijkt deze kern tot taak te hebben het activiteitenniveau in de basale ganglia die de bewegingen reguleren aan te sturen. Beschadiging van de subthalamus leidt tot heftige, ongecontroleerde bewegingen aan de linkerkant van het lichaam van de patiënt, een stoornis die hemibalisme wordt genoemd.

De epithalamus omvat een paar zenuwcellernen, de habenula, en de pijnappelklier. De habenula maken deel uit van een circuit waarlangs de gevoelscentra van het limbische systeem in kunnen grijpen in de activiteit van de hersenstam. De pijnappelklier is opgenomen in het circuit dat de slaap-waakcyclus regelt en scheidt melatonine af.

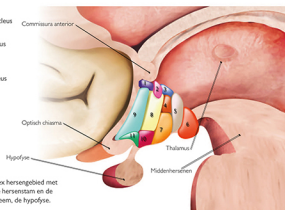
DE CENTRALE KLOK

De nucleus suprachiasmaticus is de naam van een groepje zenuwcellen in de hypothalamus, direct boven de plek op de middenlijn waar de visuele banen elkaar kruisen. Dit is de hoofdklok voor ons circadiaans of dag- en nachtritme die zijn informatie over licht en donker rechtstreeks van het netvlies betreft. De nucleus suprachiasmaticus maakt deel uit van een complex circuit dat de afscheiding van melatonine door de epifyse regelt. De cellen in deze kern hebben een natuurlijke cyclus van ongeveer 25 uur, dat echter via het netvlies voortdurend wordt bijgesteld, tenzij we op een internationale vlucht tijdzones passeren. Deze verstoring van het dag- en nachtritme veroorzaakt het jetlag-gevoel, dat zich weer herstelt door blootstelling aan het daglicht op de plaats van bestemming.



RECHTS: De regulering van de eufus wordt door veel factoren beïnvloed en de thalamus vervult hierbij een grote rol. De hoeveelheid lichaamsvet beïnvloedt de hypothalamus door middel van leptine en insuline, hormonen die via de boogvormige kern (nucleus arcuatus) kern en de laterale en mediale hypothalamus de hersenstam bevelen te stoppen of juist door te gaan met eten. Ook andere signalen spelen hierbij een rol, zoals die van de lever en ingewanden via de kern van de tractus solitarius die reguleren hoe hongert we ons voelen.

- 1 Mediane preoptische nucleus
- 2 Paraventriculaire hypothalamische nucleus
- 3 Dorsaal hypothalamisch gebied
- 4 Dorsomediale hypothalamische nucleus
- 5 Posterieur hypothalamisch gebied
- 6 Corpus mammillare
- 7 Ventromediale hypothalamische nucleus
- 8 Anterieur hypothalamisch gebied
- 9 Preoptisch gebied
- 10 Nucleus arcuatus
- 11 Supraoptische nucleus



RECHTS: De hypothalamus is een complex hersengebied met vele kernen dat verbanden heeft met de hersenstam en de belangrijkste klier van het endocriene systeem, de hypofyse.

DE HYPOTHALAMUS

De hypothalamus is een maar klein onderdeel van het diëncefalon vlak onder de thalamus, maar speelt een cruciale rol bij het reguleren van de automatische functies van het zenuwstelsel, de klieren van het endocriene systeem, de veranderingen in bloeddruk en de hartslag die gepaard gaan met emotionele reacties, plus een reeks van complexe gedragingen die het lichaam en de soort in stand houden (eten, drinken en paren).

De hypothalamus is hecht verbonden met zowel het limbische systeem als het endocriene systeem, zodat het de inwendige omgeving van het lichaam bij emotionele reacties kan beïnvloeden.

STABILISERING VAN DE LICHAAMSYSTEMEN

De hypothalamus speelt een heel belangrijke rol bij het relatief stabiel houden van de inwendige processen in het lichaam, de zogeheten homeostase, en draagt mogelijk zelfs bij tot het verouderingsproces. De hypothalamus doet dit door informatie over de toestand van het lichaam (b.v. de bloedtemperatuur) bij te houden en deze op het juiste 'ingestelde' punt (b.v. 37 °C te handhaven). Dit kan het nodig maken gedragingen of fysiologische aanpassingen (rillen, poriën sluiten en

haren overeind als het te koud, en zweten, openen van de poriën en haren strijken plat als het te warm is).

De hypothalamus reguleert zaken als de bloedtemperatuur, de bloeddruk, de hartslag en de ademhaling via verbanden met de hersenstam en bestuurt als zodanig de activiteiten van de zenuwcellen lager in de hersenen. Andere vormen van gedrag die het inwendige van het lichaam constant houden zijn wat ingewikkelder, zoals eten en drinken om voedingsstoffen en vloeistoffen in het lichaam op peil te houden. Met name de zenuwbanen die de voedselgoupen regelen zijn voor artsen en specialisten van vitaal belang, vanwege het groeiende obesitasprobleem in de wereld.

SEKS LAAT SPOREN NA IN DE HYPOTHALAMUS

Beide seksen gedragen zich verschillend bij de paring, een gedrag dat wordt geregeld door groepen zenuwcellen in de hypothalamus. Het is dus geen verrassing dat ook de inwendige structuur van de hypothalamus tussen mannen en vrouwen iets verschilt. Dit seksuele dimorfisme is het uitvoerigst bestudeerd bij knaagdieren, maar is ook in de menselijke hypothalamus vastgesteld.

HET VEROUDERENDE BREIN

Veroudering van de hersenen gaat gepaard met veranderingen in het hersengewicht, het aantal zenuwcellen en synapsen en het neurotransmitterniveau. Hoewel we verouderen vaak associëren met ziekten als Alzheimer kunnen we heel goed oud worden zonder een van deze neurodegeneratieve ziekten te ontwikkelen.

Als we kijken naar de veranderingen in de structuur en de functie van de hersenen die bij het ouder worden optreden, moeten we ons wel bedenken dat niet alle hersenen op dezelfde manier verouderen. Uit onderzoek naar het geheugen voor recente gebeurtenissen blijkt dat deze vaardigheid weliswaar met de ouderdom afnemen, maar dat de helft van de ouderen niet veel onderdoet voor een 25-jarige!

Ouderen hebben vaak een trager psychomotorisch tempo (de snelheid waarmee informatie en bijbehorende commando's wordt verwerkt) dan jongeren, maar vaak worden deze verschillen pas merkbaar als er hoge prestaties moeten worden geleverd. Ouderen die hun hele leven geestelijk actief zijn geweest en lichamelijk fit zijn gebleven, hebben doorgaans tot op hoge leeftijd de prima functionerende hersenen.

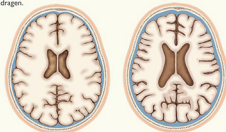
VERANDERINGEN IN STRUCTUUR EN FUNCTIE HET ZENUWSTELSEL BIJ HET OUDER WORDEN

LEEFTIJDGERELATEERDE VERANDERINGEN	EFFECTEN OP HET DAGELIJKS LEVEN
Verlies van hersenvolume	Algehele achteruitgang van cognitief vermogen
Minder bloedtoevoer naar de hersenen	Slechtere cognitieve prestaties. Grotere gevoeligheid voor beroertes en vasculaire dementie
Verlies van synapsen en kleiner wordende dendritische bomen van zenuwcellen	Slechtere cognitieve prestaties. Tragere reactietijden door verlies van psychomotorische snelheid
Trage geleiding van zenuwsprikels	Tragere reactietijden door verlies van psychomotorische snelheid
Verlies van neurotransmitters (bv. glutamaat, acetylcholine, dopamine en noradrenaline) en hun receptoren	Problemen met cognitieve functie, minder goed vasthouden van aandacht en focus, meer kans op fouten maken
Verminderde plasticiteit	Minder in staat om te herstellen van hersenletsel en infarcten
Krimpen van hippocampus	Slechter onthouden van recente gebeurtenissen
Krimpen van prefrontale hersenschors	Minder goed in staat om dingen tijdelijk te onthouden bij het uitvoeren van taken
Krimpen van laterale kleine hersenen	Slechte coördinatie van fijnmotorische activiteit
Verlies van sensorische receptoren en zenuwcellen (smaak, reuk, gehoor, balans, gezichtsvermogen)	Minder plezier in eten, problemen met het verstaan van spraak, vallen en botbreuken, problemen met lezen

ONS BREIN KRIMPT BIJ HET OUDER WORDEN

Hersensmetingen wijzen uit dat het brein van de gemiddelde man of vrouw respectievelijk 1400 en 1300 gram weegt. Op tachtigjarige leeftijd is dit gewicht afgenomen tot 1250 en 1150 gram, een verlies van ongeveer 10 procent, al is dit mogelijk een te lage schatting omdat het groter worden van de ventriekels in het brein buiten beschouwing blijft. Het werkelijke verlies van hersenweefsel van jonge leeftijd tot ouderdom kan dus wel 20 tot 30 procent bedragen.

Dit krimpen gaat niet in alle hersendelen even snel. De grootste krimp vindt plaats in de hogere verwerkende en uitvoerende gebieden van de frontale, pariëtale en temporale kwabben. Andere delen met veel krimp zijn de hippocampus, de laterale delen van de kleine hersenen en de nucleus caudatus van de basale ganglia.



RECHTS: De hersenen van een dertigjarige (links) hebben 10 tot 30 procent meer volume dan die van een negentigjarige (rechts). Deze krimp betreft zowel de grijze stof aan de binnenkant als de witte stof binnenin.

VEERKRACHTIGE FUNCTIES

Sommige aspecten van het brein veranderen maar weinig bij het ouder worden. Onze persoonlijkheid blijft van de vroege volwassenheid tot op oudere leeftijd tamelijk stabiel en verandert pas als ernstige degeneratieve veranderingen in de prefrontale hersenschors oude, vertrouwde gedrag patronen bemoeilijken. Ook het langetermijngeheugen houdt tot op hoge leeftijd redelijk stand, zodat oudere mensen een waardevolle bron van wijsheid en gerijpte inzichten blijven. Hoewel de plasticiteit op hogere leeftijd afneemt, kunnen ouderen soms functies in hersendelen waar verbindingen verloren gaan naar andere delen van het brein verplaatsen.

RECHTS: Een actieve rol in sociale relaties – al is het maar voorlezen aan je kleinkinderen – is belangrijk om het verouderende brein te blijven stimuleren.



GEZICHT

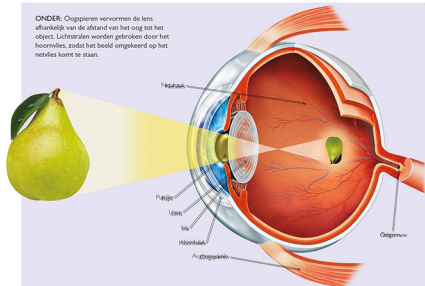
Onze ogen kunnen beelden waarnemen van zeer uiteenlopende lichtsterkte, van zwak sterrenlicht tot fel zonlicht, en lijnen onderscheiden die slechts 0,2 mm uit elkaar liggen en van 30 cm afstand. De ogen ontwikkelen zich als een uitwas van de embryonale hersenen en het netvlies – het lichtgevoelige gebied in het oog – is een integraal onderdeel van het hersenweefsel.

Twee organen in het menselijk oog concentreren het licht tot een beeld op het netvlies achter in het oog. Het eerste is het transparante hoornvlies aan de voorkant van het oog. Het hoornvlies vernicht eigenlijk het grootste deel van de beeldvorming, maar kan niet van vorm veranderen om scherp te stellen op nabije of verre voorwerpen. Achter het hoornvlies bevindt zich een lens, waarvan de vorm kan worden aangepast door een stelset van spieren en ligamenten om de rand. De lens wordt bolter bij het scherpstellen op een nabij voorwerp en platter bij het scherpstellen op een voorwerp verder weg.

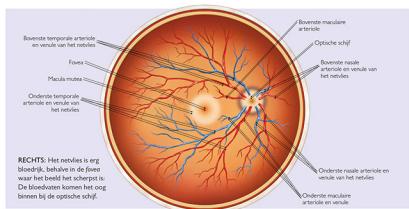
HET NETVLIES

Het hoornvlies en de lens projecteren een omgekeerd beeld van de wereld op het netvlies. Het netvlies zet licht om in elektrische signalen die het netvlies via de oogzenuw verlaten. De plek op het netvlies waar de axonen van de oogzenuw samenkomen heet de optische schijf. Deze is ongevoelig voor licht en vormt een blinde vlek in het gezichtsveld. Het oppervlak van het netvlies is rijk aan bloedvaten.

ONDER: Oogspieren vervormen de lens afhankelijk van de afstand van het oog tot het object. Lichtstralen worden gebroken door het hoornvlies, zodat het beeld omgekeerd op het netvlies komt te staan.



De gevoeligste visuele zenuwbanen in het netvlies liggen direct achter het midden van de lens. Hier ligt ook een kleine inzinking van ongeveer 1,5 mm doorsnee, de *fovea*, die gespecialiseerd is in het waarnemen van zeer fijne details en dichtbevinkt is met zeer lichtgevoelige zenuwcellen of fotoreceptoren, de kegeltjes, waarmee we kleuren kunnen zien. Om de fovea heen ligt een gelig gekleurde band van circa 5 mm breed die *macula lutea* (Latijn voor "gele vlek") wordt genoemd. Het pigment in de gele vlek absorbeert blauw licht om verstrooiing van het licht en onscherpte tegen te gaan. Door middel van oogbewegingen kan de fovea op interessante objecten in onze omgeving worden gericht.



RECHTS: Het netvlies is erg bloedrijk, behalve in de fovea waar het beeld het scherpst is. De bloedvaten komen het oog binnen bij de optische schijf.

FOTORECEPTOREN

Het oog bevat twee typen fotoreceptoren, staafjes en kegeltjes. De 120 miljoen staafjes zijn gevoelig voor zwak licht, maar niet voor kleur; de 6 miljoen kegeltjes zijn wel gevoelig voor kleur, maar niet voor zwak licht. De gevoeligheid van de fotoreceptoren voor bepaalde golflengten licht hangt af van het soort pigment dat ze bevatten. Staafjes bevatten rodopsine, de kegeltjes één van de drie opsinepigmenten. Elk pigment bevat een lichtgevoelig molecuul, retinal geheten, dat van vorm verandert wanneer het wordt getroffen door een

pakketje lichtenergie (foton). De donkergekleurde staafjes zijn zo gevoelig dat ze de inslag van één enkel foton kunnen detecteren. Als het retina van vorm verandert, veranderen ook de elektrische eigenschappen van de fotoreceptor en komt er glutamaat vrij op de plek waar de fotoreceptor contact met bipolaire cellen maakt.

CIRCADIËAN RITME

Speciale ganglioncellen in het netvlies bevatten een lichtgevoelig eiwit dat melanopsine heet. Deze cellen synchroniseren ons circadiaanse ritme met licht en daglicht en duister via zenuwbanen van het netvlies naar de nucleus suprachiasmaticus van de hypothalamus en verder naar de pijnboomklier waar de productie van melatonine wordt gereguleerd.

CREATIEF DENKEN

De menselijk geest bezit het vermogen zich nieuwe objecten voor te stellen en na te denken over moeilijke vraagstukken. Waar ligt de wortel van deze creatieve vermogens? We denken graag dat deze vermogens tot ons eigen brein beperkt zijn, maar samenwerkende geesten zijn vaak tot dingen in staat die de talenten van het individu overstijgen.

Creativiteit is het vermogen om ideeën, begrippen, dingen of beelden te genereren die nog nooit eerder hebben bestaan. Het is de hoeksteen van wat ons menselijk maakt, maar is de minst begrepen functie van ons brein, omdat creativiteit moeilijk te definiëren en neurowetenschappelijk te meten is. We kunnen drie soorten creativiteit onderscheiden: divergent denken, het vermogen op nieuwe manieren over problemen na te denken; kunstzinnig presteren, het vermogen intellectuele vraagstukken in nieuwe vormen en artistieke uitingen te vertalen; en inzicht, het vermogen over onderliggende oorzaken van gebeurtenissen na te denken en verbanden te leggen tussen oorzaak en gevolg, in het menselijk gedrag of in de fysieke en biologische wereld.

ONDERZOEK NAAR CREATIVITEIT

Onderzoek naar creativiteit met behulp van moderne beeldvormingstechnieken (MRI en PET) toont aan dat verbeeldingskracht en vindingrijkheid niet uitsluitend afhankelijk zijn van één enkel breinproces of bepaalde hersengebieden, al lijken sommige hersengebieden actiever dan andere. Vooral bij divergent denken lijken diverse delen van de hersenschors te worden geactiveerd, met de



BOVEN: Recent onderzoek wijst op een mogelijk verband tussen letsel aan de slaapkwab en verhoogde kunstzinnige creativiteit. Mogelijk leed de schilder Vincent van Gogh aan epilepsie in de slaapkwab als gevolg van een hersenlaesie op die plek.



LINKS: Bij het oplossen van problemen komt het aan op het formuleren en toetsen van hypothesen over mogelijke oplossingen. Verbeeldingszin en toetsen aan de werkelijkheid zijn daarbij essentieel.

HET DAGDROMENDE BREIN

Doelgericht denken heeft in het neurowetenschappelijk onderzoek altijd veel aandacht gekregen, omdat het gemakkelijker te analyseren is, maar veel van ons denken is niet gericht op een specifieke taak. Dagdromen kan niet alleen een aangename manier zijn om de tijd te doden, maar kan ook inzichten en ideeën opleveren die we met doelgericht denken niet zouden hebben. Dagdromen is een vorm van denken die niet direct gerelateerd is aan de huidige eisen van de externe omgeving. Er komen twee processen aan te pas: het vermogen om de aandacht te ontkoppelen van de waarneming (perceptuele ontkoppeling) en het vermogen om informatie te halen uit de huidige inhoud van het bewustzijn (metabewustzijn).

Denken zonder enige relatie met wat er om ons heen gebeurt, kan de rechteerbreke verwerking van sensorische

informatie soms in de weg staan en tot onoplettendheid of verstrooidheid leiden. Aan de andere kant kunnen we, dankzij deze ontkoppeling van denkprocessen van de buitenwereld, ons helemaal concentreren op wat er in ons hoofd omgaat en naderen of andere problemen en doelen dan die welke direct van belang zijn.

Het default mode netwerk (DMN) is een groep hersenstructuren waarvan de activiteit veel sterker met elkaar verbonden is dan met andere hersengebieden. Het DMN omvat de cortex cingulata posterior, precuneus, de mediale prefrontale cortex en een aantal gebieden in de pariëtale cortex en de slaapkwab, en speelt een belangrijke rol bij de creativiteit, het nadenken over onszelf, ons autobiografische geheugen en het simuleren van toekomstige sociale interacties.

nadruk op de mediale prefrontale cortex en de *gyrus inferior frontalis*, die het meest consistent actief zijn. Ook bij artistiek presteren komen grote gebieden van de hersenschors in actie, in het bijzonder de motorische gebieden en de associatiecortex op de overgang tussen de slaap- en pariëtale kwab. Inzicht lijkt wat hersenactiviteit betreft nog het meest consequente type creativiteit en activeert overwegend het voorste deel van de *gyrus cingulatus* (een deel van het limbische systeem) alsmede de prefrontale cortex.



IS CREATIVITEIT EEN FUNCTIE VAN DE LINKERHERSENHELF?

In de populaire literatuur wordt creativiteit vaak toegeschreven aan de rechterhersehelf, maar het wetenschappelijk bewijs hiervoor is zwak en vaak tegenstrijdig. Hoewel er aanwijzingen zijn dat de rechter mediale prefrontale cortex een kritische rol vervult in de netwerken die de basis van de creativiteit vormen, is dit misschien te wijten aan het feit dat de rechterhelf, anders dan de linkerhelf, niet door de spraak wordt gedomineerd.

BOVEN: Creativiteit is een unieke menselijke eigenschap die al ten minste 20.000 jaar in ons aanwezig is, gevolgd door rotstekeringen uit het laatpaleolithicum in Frankrijk en Spanje.

Uit recentere onderzoek van de menselijke creativiteit blijkt dat de rechterhersehelf bij creatieve taken weliswaar actiever is dan de linker, maar dat creativiteit sterk afhankelijk is van de interactie tussen tal van gebieden aan beide zijden. Dit lijkt eigenlijk vanzelfsprekend, omdat creativiteit de integratie van veel afzonderlijke cognitieve vermogens vereist die niet alle in hetzelfde gebied of zelfs aan dezelfde kant van de hersenen aanwezig kunnen zijn.