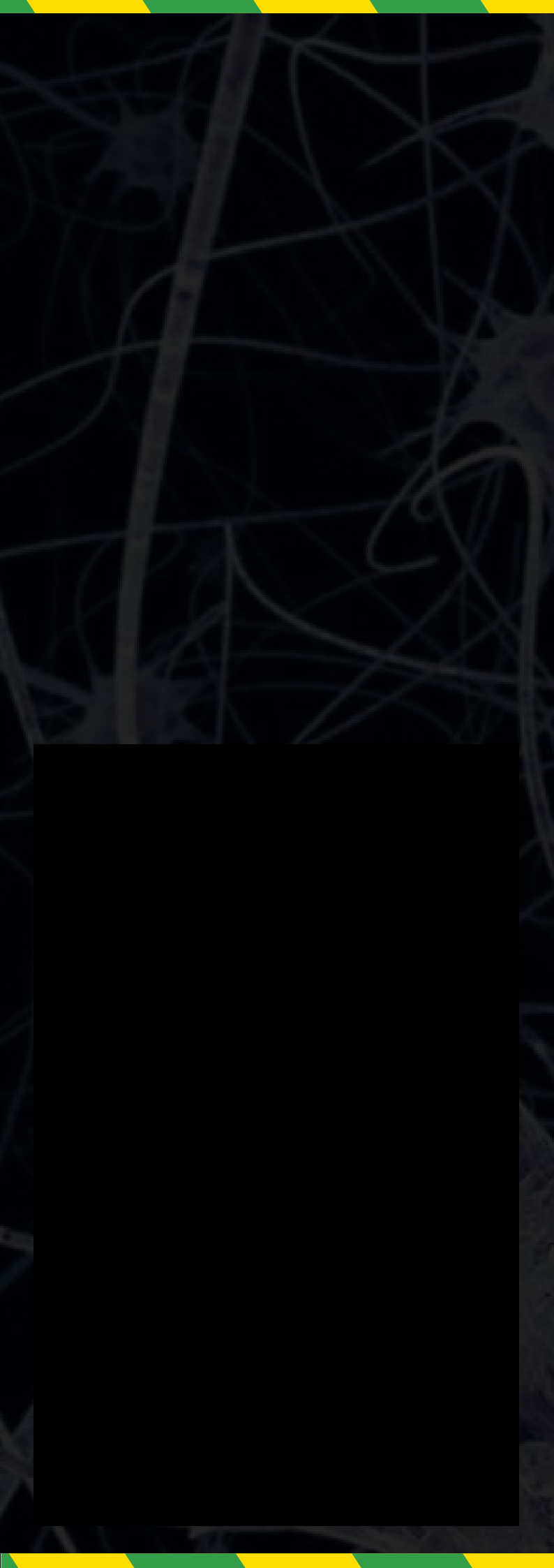


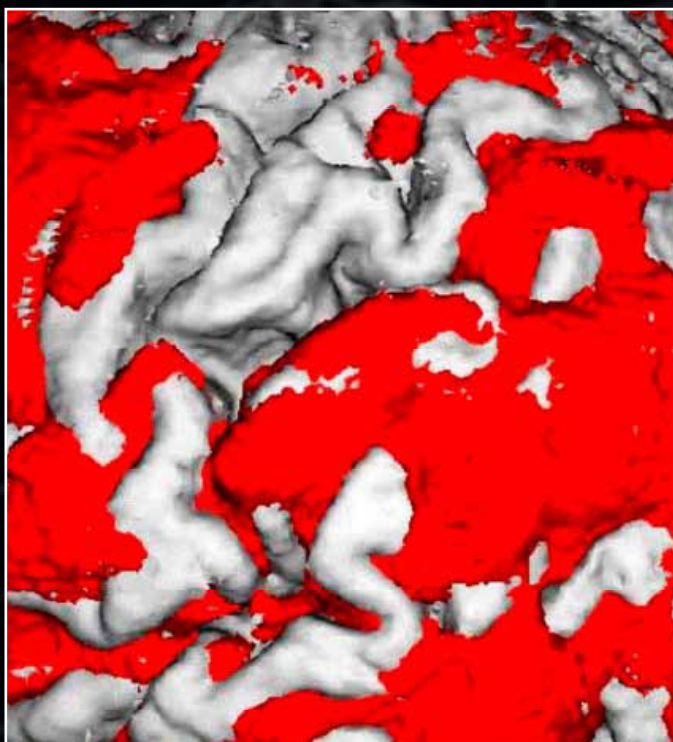
**fototentoonstelling
in zakformaat**

**THE
BEAUTIFUL
BRAIN**

**NEEM
GRATIS
MEE!**







Grijsrood gevecht



Het menselijke brein. In het rood zijn de gebieden met verhoogde bloeddorstrooming afgebeeld, een maat voor hersenactiviteit. Zo'n 3-dimensionaal beeld kan worden gemaakt met een MRI scanner (magnetische resonantie imaging). Daarvoor moeten de mensen die de MRI ondergaan bij vol bewustzijn zijn en een taak uitvoeren.

Als het beeld van voor, tijdens en na de taak wordt vergeleken, kan deze methode van functioneel MRI (fMRI) laten zien welke hersengebieden bij zo'n opdracht betrokken zijn. Zo kunnen verschillen worden geconstateerd tussen bijvoorbeeld gezonde en niet-gezonde personen, tussen mannen en vrouwen of tussen wel of niet muzikale personen. Deze informatie helpt bij het beter kunnen begrijpen van de psychiatrie en psychologie van de mens.

Afbeelding: collectie Brain Awareness Week 2008, Nederlandse Neurofederatie.

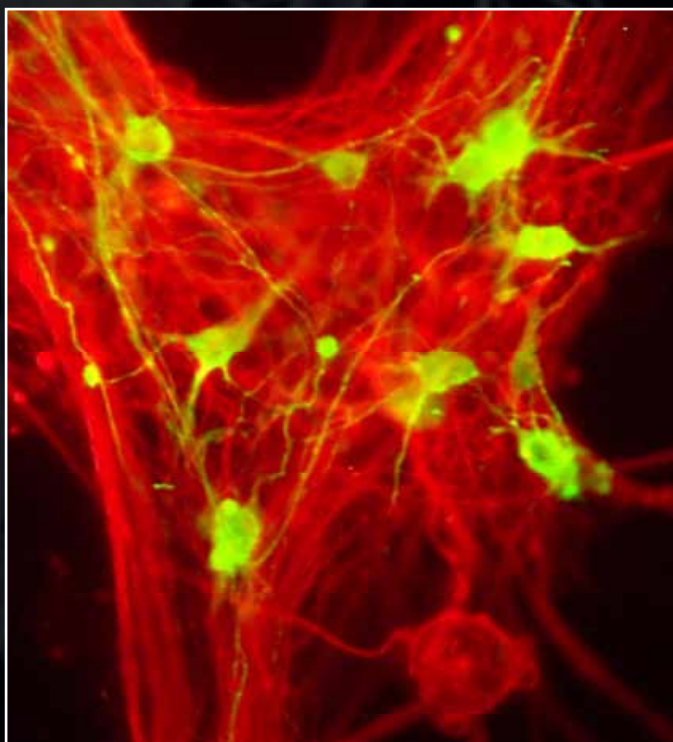
Der grau-rote Kampf



Das menschliche Gehirn. Die stark durchbluteten Abschnitte sind in Rot abgebildet, die Farbe, die einen Messwert für Gehirnaktivität darstellt. Diese Art von dreidimensionalen Aufnahmen entstehen in einem MRT (Magnetresonanztomographie) Gerät. Menschen die sich für diesen Zweck einen MRT-Scan unterziehen, sind bei vollem Bewusstsein und erledigen eine Aufgabe.

Nach Vergleich der Bilder, die vor, während und nach der Erledigung der Aufgabe entstanden sind, kann man mit Hilfe dieses funktionellen MRT (fMRT) Verfahrens, feststellen, welche Abschnitte des Gehirns an der Aufgabe beteiligt waren. So kann man Unterschiede zwischen z.B. gesunden und nicht-gesunden Personen, zwischen Männern und Frauen, zwischen musikalisch oder nicht musikalisch veranlagten Personen feststellen. Diese Daten sind wichtig für ein besseres Verständnis der Psychiatrie und Psychologie des Menschen.

Abbildung: Sammlung Brain Awareness Week 2008, Nederlandse Neurofederatie.



Stofnest



Dit is een microscopopname van embryonale zenuwcellen uit de kleine hersenen (cerebellum) in een laboratoriumkweekschaaltje. De kleine hersenen zijn betrokken bij de fijne coördinatie van bewegingen (zoals pianospelen) en bij het bewaren van het evenwicht. Verschillende typen zenuwcellen werken daarbij samen. Om het verschil te kunnen zien, hebben ze een verschillende kleurstof ingebouwd gekregen. In het geelgroen zijn de grote Purkinje cellen te zien en in rood de kleine korrelcellen. De uitlopers van de korrelcellen vormen duizenden verbindingen (synapsen) met de uitlopers van de Purkinje cellen. Deze synapsen hebben een remmende werking op de activiteit van Purkinje cellen.

Door het in kweek brengen van deze twee typen zenuwcellen uit een muizenembryo op het moment dat de verbindingen nog niet zijn gevormd, is te onderzoeken hoe de uitlopers ontstaan en hoe zich de synapsen vormen. Eiwitten spelen daarbij altijd een rol. Onderzoekers zijn op zoek naar de specifieke functie die deze eiwitten hebben in dit proces van hersenontwikkeling. Deze kennis van groeigerelateerde eiwitten uit de embryonale hersenen wordt ook gebruikt in studies naar mogelijke "reparatie" van hersenweefsel in het geval van ziekten of bij schade aan de volwassen hersenen.

Afbeelding: Rou-Afza Gunput en Jeroen Pasterkamp, Afdeling Neurowetenschappen en Farmacologie, UMCU, Utrecht

Staubmäuse

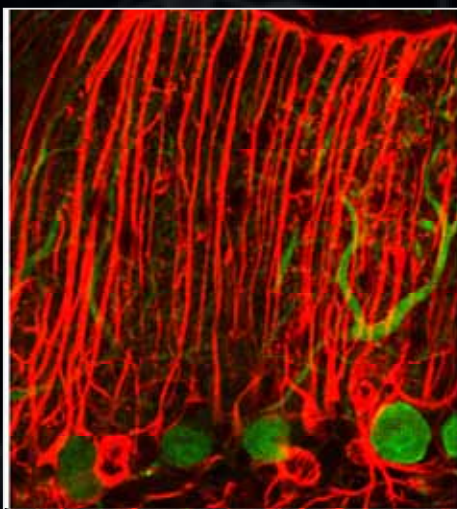


Dies ist eine Mikroskopaufnahme von embryonalen Nervenzellen aus dem Kleinhirn (Zerebellum), die im Labor gezüchtet wurden. Das Kleinhirn ist an der Feinmotorik der Bewegungen (z.B. Klavier spielen) und dem Bewahren des Gleichgewichts beteiligt. Verschiedene Arten von Nervenzellen arbeiten dabei zusammen. Um den Unterschied sichtbar zu machen, wurden unterschiedliche Farbstoffe injiziert. Im gelb-grünen Bereich sieht man die Purkinje-Zellen und im roten Bereich die kleinen Körnerzellen. Die Ausläufer der Körnerzellen bilden tausende Verbindungen (Synapsen) mit den Ausläufern der Purkinje-Zellen. Diese Synapsen haben eine hemmende Auswirkung auf die Aktivität der Purkinje-Zellen.

Die Züchtung dieser zwei Sorten von Nervenzellen, die einem Mäuse-Embryo entnommen wurden, als sich die Verbindungen noch nicht entwickelt hatten, ermöglicht es die Entstehung der Ausläufer und die Bildung der Synapsen zu untersuchen.

Eiweiße spielen dabei immer eine Rolle. Forscher untersuchen die spezifische Funktion dieser Eiweiße im Ablauf der Gehirnentwicklung. Diese Kenntnisse auf dem Gebiet der wachstumsbezogenen Eiweiße aus embryonalen Gehirnen, finden auch in Studien zu der möglichen „Wiederherstellung“ von krankheitsbedingten Hirnschäden Anwendung oder wenn dem Gehirn eines Erwachsenen Schaden zugefügt wurde.

Abbildung: Rou-Afza Gunput und Jeroen Pasterkamp, Fachbereich Neurowissenschaften und Pharmakologie, UMCU, Utrecht



Waterval



Een microscopieopname van de rand van de kleine hersenen (cerebellum) van een muis. Deze muis heeft een genetisch defect voor herstel van spontane DNA-schade. Mensen met een defect in een van de enzymen dat een belangrijke rol speelt in het herstel van spontane DNA-schade (ERCC1-deficiënte patiënten), verouderen sneller dan normaal.

Niet-gerepareerde DNA-schade stapelt zich sneller op dan bij mensen zonder dit defect. Ook een muis die dit enzymdefect genetisch kreeg ingebouwd, vertoont deze versnelde veroudering. Dit is net als bij de mens te meten in hun leervermogen en motoriek. Die opgehoopte DNA-schade leidt tot de dood van zenuwcellen. Deze opname laat een dun plakje zien van de kleine hersenen van de genetisch defecte en vroeg verouderde muis. Het toont na cel-specifieke kleuringen het sterven van de Purkinje cellen (groen) en als gevolg daarvan de vermenigvuldiging van niet-zenuwcellen als respons (Bergman glia, rood).

Afbeelding: Monique de Waard en Dick Jaarsma, Afdeling Neurowetenschappen, Erasmus MC, Rotterdam

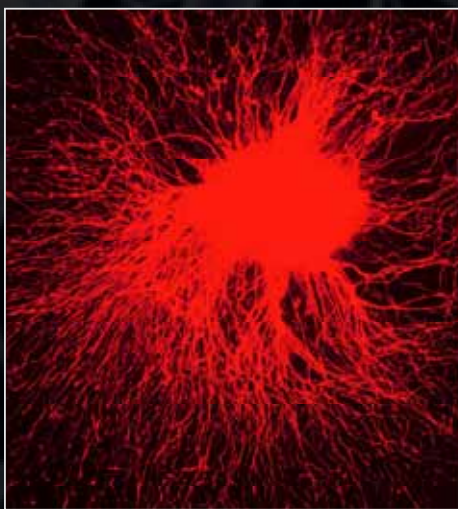
Wasserfall



Eine Mikroskopieaufnahme vom Rand des Kleinhirns (Zerebellum) einer Maus. Diese Maus leidet unter einem genetischen Defekt der eine Wiederherstellung nach einem spontanen DNA Schaden ausschließt. Menschen mit einem Defekt in einem der Enzyme, die eine wichtige Funktion in der Wiederherstellung nach einem spontanen DNA Schaden (Patienten mit ERCC1 Mangel) erfüllen, altern schneller als normal.

Ein nicht zu reparierender DNA Schaden akkumuliert sich bei diesen Patienten schneller als bei Menschen die nicht betroffen sind. Auch eine Maus, der man diesen Enzymdefekt genetisch eingebaut hat, weist diese beschleunigte Alterung auf. Genau wie bei Menschen, kann man diesen Prozess anhand ihrer Lernfähigkeit und Motorik nachweisen. Der kumulierte DNA Schaden führt zum Tod der Nervenzellen. Diese Aufnahme zeigt eine dünne Scheibe des Kleinhirns der genetisch defekten und rasch gealterten Maus. Die Zellen haben eine spezifische Färbung erhalten und die Aufnahme zeigt jetzt das Sterben der Purkinje-Zellen (grün) und die dementsprechende Vermehrung von anderen Zellen (Bergman Gliazellen, rot).

Abbildung: Monique de Waard und Dick Jaarsma, Fachbereich Neurowissenschaften, Erasmus MC, Rotterdam



Zonnetje



Een minuscuul kluitje foetale zenuwcellen van een halve millimeter groot die binnen 24 uur een halo van uitlopers ontwikkelt. Het kluitje is een ganglion, speldenpunten van zenuwknopen langs het ruggenmerg, en wordt als kweekmodel gebruikt om allerlei factoren te testen die op de zenuwceluitgroei een effect kunnen hebben.

Potente factoren kunnen vervolgens getest worden in diermodellen van hersenschade en uiteindelijk een toekomst hebben bij hersenschade en –ziektes bij de mens.

Afbeelding: Simone Niclou, Afdeling Neuroregeneratie, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam

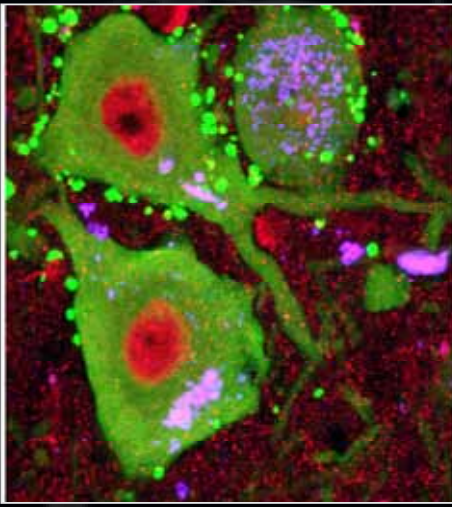
Eine Sonne



Eine kleine Anhäufung fetaler Nervenzellen, nicht größer als ein halber Millimeter, bildet innerhalb von 24 Stunden einen Strahlenkranz von Ausläufern. Die Anhäufung ist eine der vielen Ganglien, auch Nervenknotten genannt, die wie Stecknadelköpfe entlang dem Rückenmark liegen. Diese wird als Kulturmodell zur Untersuchung verschiedener Faktoren die das Nervenzellenwachstum beeinträchtigen könnten verwendet.

Anschließend kann man potente Faktoren an Versuchstieren, die einen Hirnschaden erlitten haben, weiter untersuchen. Später könnten die Ergebnisse in der Humanmedizin zur Behebung von Hirnschäden und Hirnerkrankungen Anwendung finden.

Abbildung: Simone Niclou, Fachbereich Neuroregeneration, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam



Amoeben



Beeld van een microscopopname van twee zenuwcellen in een plakje van het ruggenmerg van een muis. De muis is dubbel genetisch veranderd. Hierdoor lichten de zenuwcellen, in dit geval motorische zenuwcellen, groen fluorescent op en ook een eiwit in verhoogde hoeveelheid produceert dat intracellulaire transport verstoord.

De muis vertoont verschillende degeneratieve stoornissen waarbij er veranderingen in cellen en weefsels plaats vinden waardoor hun normale functie aangetast wordt.

Het is vergelijkbaar met de ziekte amyotrofe laterale sclerose (ALS), waarbij uitval van motorische zenuwcellen de oorzaak is van het langzaam uitvallen van spieren.

Door de cellen experimenteel "groen" te maken, is het mogelijk veranderingen of

afwijkingen van de zenuwcel direct te zien. Het opent ook de weg om te onderzoeken hoe de degeneratie voorkomen kan worden.

Het plakje ruggenmerg is minder dan 0,05 mm dik en de opname is gemaakt met een confocale microscoop (een fluorescentie-microscoop die meestal met een laserstraal een zeer klein plekje van het preparaat aftast en daarmee scherpte en diepte kan zien).

Afbeelding: Eva Teulings en Dick Jaarsma, Afdeling Neurowetenschappen, Erasmus MC, Rotterdam

Amöben

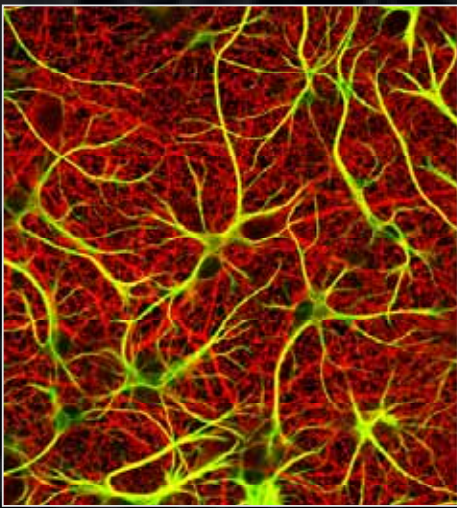


Bild einer Mikroskopaufnahme von zwei Nervenzellen in einer Gewebescheibe, die dem Rückenmark einer Maus entnommen ist. Die Maus wurde zweifach genetisch verändert. Deshalb leuchten die Nervenzellen, in diesem Fall motorische Nervenzellen, grün fluoreszierend auf. Aber auch ein Eiweiß, das in Übermengen produziert wurde und deshalb den intrazellulären Transport stört, leuchtet auf.

Die Maus weist verschiedene degenerative Störungen auf die zu Änderungen in Zellen und Gewebe führen, wodurch ihre normale Funktion beeinträchtigt wird. Ähnlich wie bei der amyotrophischen Lateralsklerose (ALS), wo der Ausfall der motorischen Nervenzellen zu dem allmählichen Versagen der Muskeln führt.

Wenn man die Zellen experimentell ‚grün‘ erscheinen lässt, kann man eventuelle Änderungen oder Abweichungen der Nervenzellen unmittelbar feststellen. Aber es öffnet auch den Weg zur Erforschung wie man der Degeneration vorbeugen kann. Die Rückenmarkscheibe ist weniger als 0,05 mm dick und die Aufnahme wurde mit einem Konfokalmikroskop gemacht (ein Fluoreszenzmikroskop, das meistens mit einem Laserstrahl eine sehr kleine Stelle im Präparat abtastet und so Schärfe und Tiefe wahrnehmen kann).

Abbildung: Monique de Waard und Dick Jaarsma, Fachbereich Neurowissenschaften, Erasmus MC,



Groene spoken



Weefselkweek van embryonale hersencellen waarin de astrocyten een groene kleur is gegeven. Een astrocyt is een stervormige, vertakte gliacel in het centraal zenuwstelsel met lange of korte uitlopers. Het zijn de steuncellen voor de netwerken van zenuwcellen (neuronen) in de hersenen. Astrocyten zijn dus geen zenuwcellen. Astrocyten behoren tot de groep gliacellen van het zenuwstelsel waaronder ook oligodendrocyten, Schwanncellen en microgliacellen vallen. De verhouding van glia-cellen tot zenuwcellen in de hersenen is ongeveer 10:1. Glia is Grieks voor lijm, maar deze cellen fungeren niet alleen als bedding van de zenuwcellen maar zijn essentieel voor het goed functioneren van de netwerken van zenuwcellen. Oligodendrocyten in de hersenen en Schwanncellen in de zenuwbanen van het lichaam maken myeline rond axonen (zenuwceluitlopers voor uitgaande activiteit) als isolatie en om de elektrische geleiding te verhogen. Microglia en astroglia helpen bij het opruimen van afval bij beschadiging van het weefsel.

Astroglia controleert de vloeistofomgeving van de zenuwcellen door opname van ionen (natrium/kalium balans) en afbraak van boodschapperstoffen (neurotransmitters) en is betrokken bij de werking van de bloed-hersen-barrière (dat voorkomt dat schadelijke stoffen uit het bloed de hersenen binnendringen). Bovendien hebben astrocyten een rol bij het ontstaan van de organisatie van de hersenstructuur en netwerkvorming tijdens de ontwikkeling. De precieze moleculaire mechanismes waarmee de astrocyten in al deze processen een rol spelen, kan vooral en uitsluitend in weefsel- of celkweek worden bestudeerd. De resultaten daarvan kunnen daarna worden getest in het intacte proefdier om zo te komen tot inzicht in het ontstaan en verhelpen van hersenstoornissen bij de mens. Een lange weg!

Afbeelding: Ger Ramaker, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam

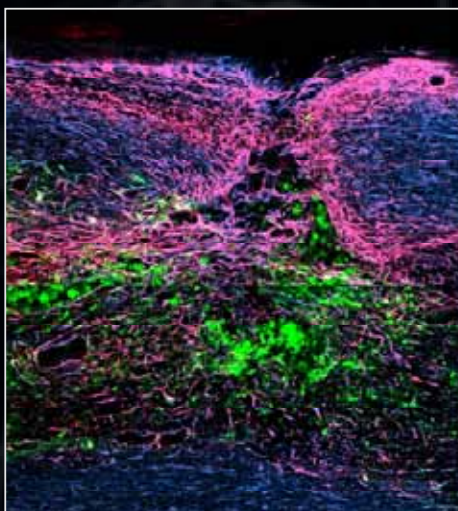
Grüne Geister



Eine Gewebeprobe von embryonalen Hirnzellen, wobei die Astrozyte grün eingefärbt wurden. Ein Astrozyt ist eine sternförmige, verzweigte Gliazelle im zentralen Nervensystem mit langen oder kurzen Ausläufern. Sie sind die Stützzellen für die Netzwerke der Nervenzellen (Neurone) im Gehirn. Astrozyte sind also keine Nervenzellen. Astrozyte, so wie die Oligodendrozyte, Schwann-Zellen und Mikrogliazellen, gehören zu der Gruppe der Gliazellen im Zentralnervensystem. Das Verhältnis zwischen Gliazellen und Nerven-zellen im Gehirn ist ungefähr 10:1. Glia ist Griechische für Leim, aber diese Zellen funktionieren nicht nur als Einbettung der Nervenzellen, sie sind außerdem zuständig für die optimale Funktion der Nervenzellennetzwerke. Oligodendrozyte im Gehirn und Schwann-Zellen in den Nervenbahnen im Körper produzieren Myelin als eine isolierende Ablagerung rund um die Axonen (Nervenzellausläufer für abgehende Aktivität) und erhöhen die elektrische Leitfähigkeit.

Mikrogliazellen und Astroglia leisten einen Beitrag bei der Beseitigung von Abfallstoffen wenn das Gewebe beschädigt wurde. Die Astroglia überwachen die Flüssigkeitsumgebung der Nervenzellen, indem sie Ionen (Gleichgewicht von Natrium/Kalium) aufnehmen und übermittelnde Stoffe (Neurotransmitter) abbauen. Sie sind auch beteiligt an der Blut-Hirn-Schranke (die sicherstellt, dass keine Schadstoffe aus dem Blut in das Hirn eindringen können). Außerdem haben die Astrozyte eine Rolle bei der Entwicklung der Organisation der Hirnstruktur und der Netzerkennung in der Entwicklungsphase. Wie die Molekularmechanismen der Astrozyte in diesen Prozessen genau ablaufen, kann nur anhand von Gewebe- oder Zellproben untersucht werden. Mit den Ergebnissen dieser Untersuchungen kann man Versuche am intakten Versuchstier durchführen, um zu Einsichten in der Entstehung und Genesung von Hirnstörungen beim Menschen zu gelangen. Dies ist ein langer Weg!

Abbildung: Ger Ramaker, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam



Botsing



Detail van de snijwond in het ruggenmerg gezien in een in de lengte gesneden weefselplakje van dat ruggenmerg. Op de plaats van de steek vindt heftige uitgroei plaats van gliacellen (paars gekleurd). Mede daardoor wordt spontaan groeiherstel van de zenuwbanen belemmerd. Verlamming is het blijvende gevolg. Hoe completer de doorsnijding en hoe hoger in het ruggenmerg de snee, hoe meer er verlamd raakt in het lichaam.

In het laboratorium worden proefdieren kunstmatig gedeeltelijk verlamd om met toepassing van groei-eiwitten of implantaties van groei-stimulerende cellen, groeiherstel van de zenuwbanen te forceren.

Mocht dat lukken, dan zou een verlamming geheel of gedeeltelijk moeten kunnen verdwijnen, maar niet zonder ook nog langdurige en gerichte fysiotherapie. Het zenuwstelsel moet de nieuwe verbindingen leren gebruiken!!

In het weefselplakje geeft de groene kleur de cellen aan die genetisch zijn gemodificeerd om lokaal zenuwgroeistoffen aan te maken om de groei van doorsneden zenuwvezels te stimuleren.

Afbeelding: William Hendriks, Ruben Eggers en Gerard Boer, Afdeling Neuroregeneratie, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam

Kollision



Detailaufnahme einer Stichverletzung am Rückenmark, in einer in Längsrichtung geschritten Rückenmarkgewebeprobe sichtbar gemacht. An der Stelle des Stiches ist es zu einem heftigen Auswuchs von Gliazellen (lila gefärbt) gekommen. Dieser Auswuchs hemmt jedoch die spontane Wiederherstellung des Wachstums der Nervenbahnen. Es kommt zu einer chronischen Lähmung. Je komplexer die Durchtrennung und je höher die Stelle des Einstichs im Rückenmark, desto umfangreicher die Lähmung im Körper.

Im Labor werden Versuchstiere künstlich teilweise gelähmt, um unter Verwendung von Wachstums-eiweißen oder von Implantaten mit wachstumssteigernden Zellen die Wiederherstellung des Wachstums der Nervenbahnen herbeizuführen.

Sollte das gelingen, dann könnte eine Lähmung teilweise, oder ganz aufgehoben werden, aber auch dann nicht ohne langwierige und gezielte Reha. Das Nervensystem muss lernen, die neuen Verbindungen zu nutzen!

Die grüne Farbe in der Gewebeprobe zeigt die Zellen die genetisch modifiziert wurden um örtlich Nervenwachstumsstoffe herzustellen, damit die durchtrennten Nervenfasern wieder anfangen zu wachsen.

Abbildung: William Hendriks, Ruben Eggers und Gerard Boer, Fachbereich Neuroregeneration, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam



Zeeanemoon



Het zenuwstelsel kent grijze en witte stof. Dat zie je ook als de hersenen worden opgesneden. De grijze stof bevat het merendeel van de zenuwcellen, de witte stof de zenuwceluitlopers die elders contact maken, soms – zoals bij de mens – op afstanden van een halve tot één meter!

Die uitlopers vormen vaak bundels, een groep of een laag zenuwcellen die allemaal hetzelfde doelgebied bedienen. Met de complexe techniek van MRI (magnetische resonantie imaging), kan ook het stroompatroon van water in het weefsel zichtbaar worden gemaakt in 3 dimensies (diffusietensor MRI, of wel DTI). MRI wordt tegenwoordig vaker gebruikt dan CT scanning (met röntgen straling) om de organen van de mens te bekijken zonder snijden (non-invasief). Met deze krachtige techniek is een beeld te krijgen van het verloop van allerlei zenuwbanen in de hersenen (tractografie). Het water stroomt (diffundeert) immers in de zenuwuitlopers vooral in de lengterichting.

Het huidige beeld toont het zijaanzicht van de corticospinale vezelbanen, die vanuit de cerebrale cortex, de motorschors, samenvloeien in bundels richting ruggenmerg (de zogenaamde pyramidale banen). De kleuren reflecteren de vorm van de onderliggende diffusie van het water: blauw = bolvormig, groen = schijfvormig en rood = sigaarvormig. Dit is de basis om ook een 3-dimensionale afbeelding te maken met de computer.

Afbeelding: Alexander Leemans, Image Sciences Instituut, UMCU, Utrecht

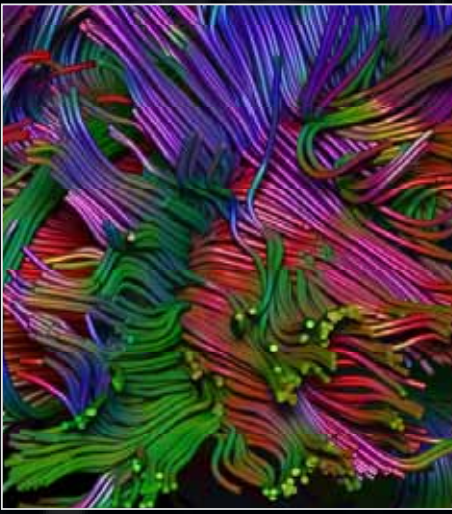
Seerose



Im Nervensystem gibt es einen grauen und weißen Stoff. Die zwei Stoffe sieht man, wenn man das Gehirn öffnet. Die graue Materie enthält den Großteil der Nervenzellen, die weiße Materie die Nervenaufläuffer die an anderen Stellen Verbindungen herstellen, manchmal – wie beim Menschen – in einer Entfernung von einem halben bis einem Meter! Oft sammeln sich die Aufläuffer der Nervenzellen zu Bündeln, Formationen oder Schichten die den gleichen Zielort bedienen. Die komplexe Technik der MRT (Magnetresonanztomographie) macht den Strömungsverlauf von Wasser im Gewebe in 3-D sichtbar (Diffusion MRT oder DTI – diffusion tensor imaging). Das MRT Verfahren wird heute häufiger angewendet als der CT-Scan (der auf Röntgenstrahlung basiert), um die menschlichen Organe zu untersuchen ohne schneiden zu müssen (nichtinvasiver Eingriff). Mit dieser leistungsfähigen Technik kann man ein Bild von dem Verlauf der verschiedensten Nervenbahnen im Gehirn erstellen (Traktographie). Das Wasser strömt (diffundiert) vor allem in Längsrichtung aus den Nervenaufläuffern.

Die Abbildung zeigt die Seitenansicht der cortico-spinalen Fasern. Von dem zerebralen Kortex aus, der für die Motorik zuständig ist, gruppieren sie sich zu Bündeln und wandern ab in Richtung Rückenmark (die sogenannten Pyramidenbahnen). Die Farben spiegeln die Form der zugrundeliegenden Diffusion des Wassers wieder: Blau = gewölbt, Grün = tellerförmig und Rot = zigarrenförmig. Dies ist auch die Grundlage für die Erstellung einer 3-D Abbildung auf dem Computer.

Abbildung: Alexander Leemans, Image Sciences Instituut, UMCU, Utrecht



Geordende chaos



Voor- en zijaanzicht (schuin) van de vele vezelbanen in de hersenen van de mens zoals die gereconstrueerd zijn met diffusietensor MRI (hersenvazel tractografie, zie toelichting 08). De kleuren benadrukken de oriëntatie van deze paden: rood, groen en blauw duiden respectievelijk de links-rechts, voor-achter en boven-onder richtingen aan. Deze techniek wordt meer en meer klinisch toegepast als voorbereiding op operaties in het zenuwstelsel.

In combinatie met gewone MRI – die de 3-dimensionale hersenstructuur in beeld brengt – kan de hersenchirurg bepalen hoe bijvoorbeeld een tumor te benaderen en te verwijderen en daarbij belangrijke zenuwbanen zoveel mogelijk te sparen of belangrijke hersenstructuren zo weinig mogelijk te raken.

Abbeeldingen: Alexander Leemans, Image Sciences Instituut, UMCU, Utrecht.

Geordnetes Chaos

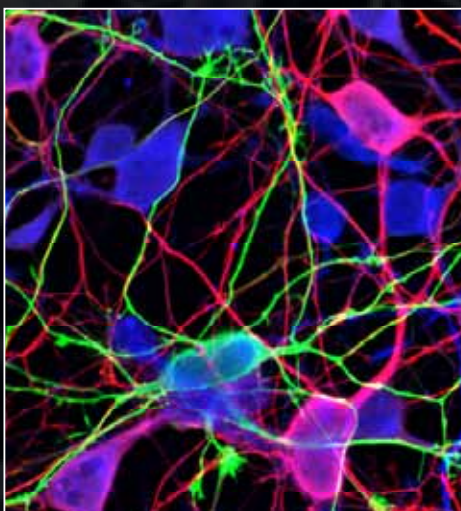


Vorder- und Seitenansicht (schräg) der vielen Faserbahnen im menschlichen Gehirn, rekonstruiert anhand der Diffusion-Tensor-Bildgebung (Traktographie der Hirnfaser, siehe Erläuterung 08).

Die Farben heben die Orientierung dieser Bahnen hervor: Rot, Grün und Blau markieren die links-rechts, bzw. die vorn-hinten und oben-unten Orientierungen. Diese Technik findet immer häufiger klinische Anwendung während der Vorbereitungen für Operationen am Nervensystem.

In Kombination mit der regulären MRT – die 3-D Bilder der Hirnstruktur liefert – kann der Chirurg entscheiden wie er sich, z.B. einem Tumor am besten nähert, diesen entfernt und dabei gleichzeitig wichtige Nervenbahnen schont oder wichtige Hirnstrukturen möglichst wenig berührt.

Abbildungen: Alexander Leemans, Image Sciences Instituut, UMCU, Utrecht



Kleurgevecht



In dit microscoopbeeld zijn zenuwcellen bezig een netwerk te vormen in een laboratoriumkweekje. Hersenweefsel van vroege embryo's dat is losgeschud tot losse zenuwcellen en die nog geen of heel weinig uitlopers hebben, gaan die uitlopers binnen uren vormen. De voetjes van die uitlopers zoeken hun weg naar andere reeds aanwezige celuitlopers om daar wel of niet een verbinding mee te maken (synaps).

De voetjes (groeiconussen) zijn vooral te zien in groen en verder zijn er nieuwe verbindingen zichtbaar tussen de groengekleurde en roodgekleurde zenuwcel: een groene uitloper eindigt op een rode uitloper of andersom. Dat gebeurt allemaal in enkele dagen en er ontstaat dan ook nog elektrische activiteit, zoals dat ook in het volwassen intacte brein te meten is.

Zulke neurale kweken worden gebruikt om de invloeden van allerlei stoffen op de ontwikkeling van het zenuwstelsel te onderzoeken.

Afbeelding: Ger Ramakers, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam

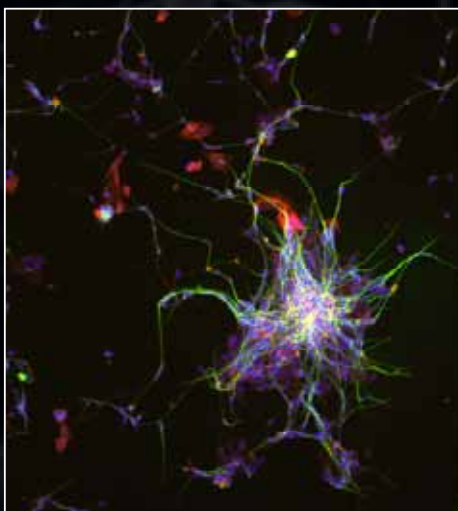
Farbiger Kampf



Diese Mikroskopaufnahme zeigt wie Nervenzellen in einer Probe gerade ein Netzwerk bilden. Dabei erkennt man im Hirngewebe von Embryonen in einem frühen Entwicklungsstadium einzelne Nervenzellen mit wenigen Ausläufern. Innerhalb weniger Stunden bilden die Zellen Ausläufer. Die kleine Füße der Ausläufer machen sich auf den Weg zu Ausläufern die schon vorhanden sind und stellen eine Verknüpfung her, oder auch nicht. Die kleine Füße (Wachstumskonusen) sind vor allem in den grünen Bereichen zu sehen. Neue Verbindungen haben sich zwischen den grün und rot gefärbten Nervenzellen gebildet, wo ein grüner Ausläufer auf einen roten endet, oder andersherum. Das alles passiert innerhalb weniger Tage. Außerdem entsteht dabei auch noch elektrische Aktivität, die im ausgewachsenen und intakten Hirn auch messbar ist.

Solche neuronalen Proben werden zur Untersuchung der Einwirkungen verschiedener Stoffen auf die Entwicklung des Nervensystems genutzt.

Abbildung: Ger Ramaker, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam.



Zenuwheelaal



Zenuwweefsel uit de kleine hersenen (cerebellum) van een muizenfoetus in kweek als celsuspensie (losse cellen in een vloeistof). Zenuwcellen van de kleine hersenen zijn klein en primitief. Ze hebben weinig celuitlopers en worden daarom korrelcellen genoemd.

De groep korrelcellen is de grootste populatie zenuwcellen van het hele zenuwstelsel (zo'n 40%)! In de celkweken van de kleine hersenen kan de migratie van korrelcellen en de uitgroei van hun axonen (een uitloper van een neuron die elektrische impulsen geleidt) in de ontwikkelingsfase van de kleine hersenen worden onderzocht. Dat gebeurt door de condities van de kweek te veranderen en de reactie van de korrelcellen te volgen met een fluorescente kleuring. De groene kleuring op de afbeelding markeert tubuline, een eiwit dat uitsluitend in de zenuwcellen voorkomt. De rode kleur markeert het eiwit actine dat in elke cel voorkomt.

Op de foto zijn cellen te zien die beide kleuringen oppikken; groen in het cellichaam en de uitloper en rood in de uiteindes van de uitlopers. Dat zijn de korrelcellen. Die zijn dus onderwerp van de studie naar de effecten van veranderde kweekomstandigheden.

Het DNA is blauw gekleurd en geeft ter verdere identificatie aan waar het cellichaam zich bevindt. Niet zelden clusteren de cellen in kweek als een groot hemellichaam tussen de korrelcellen als sterren.

Abbeelding: Susan van Erp en Renate Buijink, Rudolf Magnus Instituut, UMCU, Utrecht.

Die Galaxie der Nerven



Eine Hirngewebeprobe aus dem Kleinhirn (Zerebellum) eines Mäusesfetuses als Zellsuspension (einzelne Zellen in einer Flüssigkeit). Die Nervenzellen des Kleinhirns sind klein und primitiv. Sie haben wenig Ausläufer und werden daher Körnerzellen genannt. Die Gruppe der Körnerzellen bildet die größte

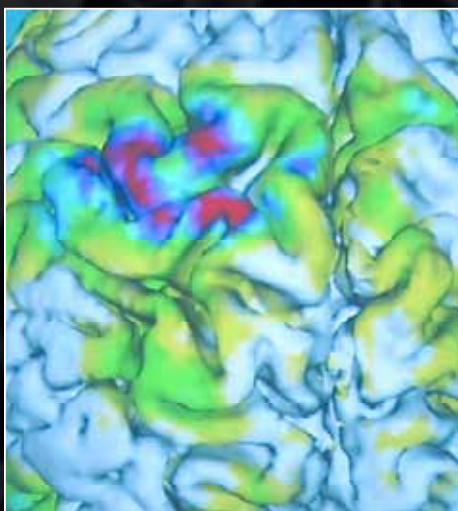
Population von Nervenzellen im ganzen Nervensystem (ungefähr 40%). In Proben des Kleinhirns kann die Migration der Körnerzellen und Entwicklung ihrer Axone (Ausläufer der Neurone die elektrische Impulse leiten) in der Entwicklungsphase des Kleinhirns untersucht werden. Für

Untersuchungszwecke werden die Bedingungen der Kultur geändert und man verfolgt die Reaktionen der Körnerzellen mittels einer fluoreszierenden Färbung. Die grüne Färbung in dem Bild markiert das Tubulin, ein Eiweiß, das ausschließlich in den Nervenzellen vorkommt. Der rote Bereich markiert das Aktin-Eiweiß, das in jeder Zelle vorkommt.

Die Aufnahme zeigt Zellen, die beide Farben annehmen, Grün für den Zellkörper und die Ausläufer und Rot für die Spitzen der Ausläufer. Das sind die Körnerzellen. Sie sind Thema der Studie über die Auswirkungen der geänderten Kulturbedingungen.

Die DNA ist blau gefärbt und lässt erkennen wo sich der Zellkörper befindet. Oft genug gruppieren sich die Zellen zwischen den Körnerzellen als große Himmelskörper.

Abbildung: Susan van Erp und Renate Buijink, Rudolf Magnus Instituut, UMCU, Utrecht.



Vervorming



De werking van het menselijk brein kan worden onderzocht met experimenten waarbij een functionele hersenafbeelding wordt gebruikt. Hierbij bevindt de proefpersoon zich in een MRI-scanner terwijl de hersenactiviteit middels de mate van doorbloeding wordt gemeten tijdens het uitvoeren van een taak.

De afbeelding toont een visualisatie van het oppervlak van het menselijk brein, de cortex. In dit geval had de proefpersoon als taak, telkens een vuist te maken als een gekleurde cirkel verscheen op een scherm. De kleuren geven gebieden aan waar de activiteit veranderde bij het uitvoeren van de taak. Rood geeft de grootste verandering aan.

Dit betreft vooral de motorische en visuele delen van de cortex.

De afbeelding is gemaakt met een computerprogramma en door het samenvoegen van een groot aantal tweedimensionale doorsneden van het brein tot een driedimensionale weergave.

Tenslotte zijn de gegevens gevisualiseerd in een CAVE, een systeem voor "virtuele realiteit" waarmee een 3-D beeld van de hersenstructuren kan worden gemaakt. Met een speciale 3D-bril kan de 3-D hersenafbeelding worden bekeken.

Afbeelding: Hans Hoogduin, Doeke Keizer, Alle Meije Wink, Michel Westenberg, Arnold Meijster en Jos Roerdink, Onderzoeksgroep Wetenschappelijke Visualisatie en Computergrafiek van het Johann Bernoulli Instituut voor Wiskunde en Informatica, het Neuroimaging Centrum, en Center for High Performance Computing and Visualisation, Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.

Verzerrung

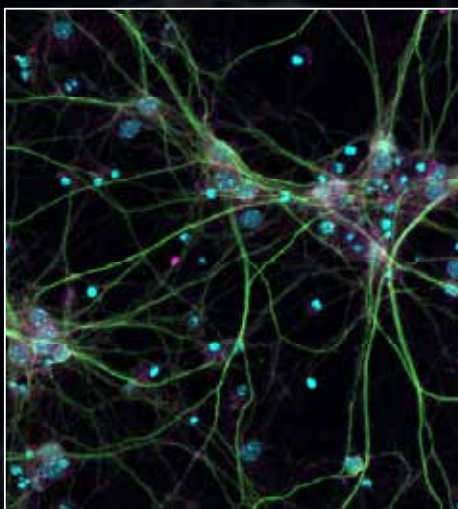


Das Funktionieren des menschlichen Gehirns kann anhand von Experimenten, bei denen eine funktionelle Hirnaufnahme verwendet wird, untersucht werden. Die Versuchsperson befindet sich in einem MRT-Scanner, und während sie eine Aufgabe erledigt, wird die Hirnaktivität anhand der Durchblutung gemessen.

Die Aufnahme zeigt eine Visualisierung der Oberfläche des menschlichen Hirns, den Cortex. In diesem Fall war die Aufgabe der Versuchsperson eine Faust zu machen, wenn ein farbiger Kreis auf einen Bildschirm erschien. Die Farben markieren die Bereiche, in denen sich die Aktivität während der Ausführung der Aufgabe änderte. Rot deutet auf die größte Veränderung. Diese betrifft insbesondere die motorischen und visuellen Bereiche des Cortex. Die Aufnahme wurde mit einem Computer erstellt. Durch die Kombination einer Vielzahl von zweidimensionalen Querschnitten des Gehirns wurde letztendlich eine dreidimensionale (3-D) Ansicht erstellt.

Schließlich wurden die Daten in einem CAVE, ein System „für virtuelle Realität“ visualisiert, damit eine 3-D Darstellung der Hirnstrukturen angefertigt werden konnte. Mit einer speziellen 3-D Brille kann man sich die 3-D Darstellung des Hirns anschauen.

Abbildung: Hans Hoogduin, Doeke Keizer, Alle Meije Wink, Michel Westenberg, Arnold Meijster und Jos Roerdink, Untersuchungsgruppe Wissenschaftliche Visualisierung und Computergrafik am Johann Bernoulli Institut für Mathematik und Informatik, het Neuroimaging Centrum, und Center for High Performance Computing and Visualisation, Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.



Breingooglemap



Deze hersencellen zijn ontstaan in kweek uit stamcellen verkregen uit muizenembryo's. Dus, zenuwcellen in het laboratorium "gemaakt" uit niet-zenuwcellen, de embryonale stamcellen.

Embryonale stamcellen zijn cellen waaruit tijdens de ontwikkeling nog allerlei soorten cellen kunnen ontstaan, van levercel tot huidcel en van hartcel tot zenuwcel. Pluripotente cellen worden ze genoemd. Ook in volwassenheid zijn deze cellen nog overal in het lichaam aanwezig, maar recent zijn wetenschappers erin geslaagd gewone rijpe cellen terug te brengen in hun ontwikkeling tot pluripotente stamcellen.

Dit opent heel veel mogelijkheden. Eén daarvan is het zoeken naar de oorzaak van psychiatrische ziekten. Het vinden van die oorzaken wordt bemoeilijkt door de lastige diagnose van psychiatrische patiënten en de beperkte mogelijkheden om de biologische processen in hun hersenen te onderzoeken. Door huidcellen van patiënten uit families met een duidelijke genetisch overdraagbare psychotische aandoening te her programmeren tot pluripotente stamcellen en deze vervolgens te differentiëren tot elke soort cel, ook een zenuwcel, leidt voor het eerst tot de mogelijkheid de biologische mechanismen van deze ziekten bloot te leggen.

Afbeelding: Femke de Vrij, Nilhan Gunhanlar en Steven Kushner, Neurobiologische Psychiatrie, Erasmus MC, Rotterdam.

Das Gehirn als Googlemap



diese Gehirnzellen-Kultur ist aus einer Stammzellenprobe von Mäuseembryonen entnommen. Das heißt, dass die Zellen im Labor aus Nicht-Nervenzellen, den embryonalen Stammzellen, 'angefertigt' wurden.

Embryonale Stammzellen sind Zellen, die während der Entwicklungsphase verschiedene Zelltypen entstehen lassen können, von Leber- und Hautzellen, bis hin zu Herz- und Nervenzellen. Sie werden pluripotente Zellen genannt. Sogar im Erwachsenenalter sind diese Zellen noch überall im Körper vorhanden, doch erst vor kurzem ist es Wissenschaftlern gelungen, normale, reife Zellen in pluripotente Stammzellen zu verwandeln.

Dies eröffnet viele Möglichkeiten. Eine davon ist die Suche nach der Ursache von psychiatrischen Krankheiten. Die schwierige Diagnose bei den psychiatrischen Patienten und die begrenzten Möglichkeiten, die biologischen Prozesse in ihren Gehirnen zu untersuchen, hat eine erschwerende Auswirkung auf die Forschung. Das Verfahren, Hautzellen von Patienten aus Familien mit deutlich genetisch übertragbaren psychotischen Erkrankungen zu pluripotenten Stammzellen umzuprogrammieren und nach einzelnen Zelltypen zu differenzieren, ermöglicht es jetzt zum ersten Mal, die biologischen Mechanismen dieser Krankheiten aufzudecken.

Abbildung: Femke de Vrij, Nilhan Gunhanlar und Steven Kushner, Neurobiologische Psychiatrie, Erasmus MC, Rotterdam.



Onze wortels



Deze foto laat drie individuele hersencellen zien uit een plakje cerebrale cortex van de mens. De cerebrale cortex is de hersenschors, het gebied in de hersenen waar informatie uit de rest van het lichaam ontvangen, geanalyseerd en geïnterpreteerd wordt. Vervolgens wordt deze informatie in de cortex weer omgezet in gedachten en concrete aansturingen van het lichaam.

Het zenuwweefsel is afkomstig van een epilepsiepatiënt waar voor de behandeling van de symptomen een klein deel van de hersenen moest worden weggenomen. Onderzoekers kunnen dit weefsel in leven houden en zo in het laboratorium de onderlinge communicatie van menselijke zenuwcellen onderzoeken alsof ze nog in de hersenen aanwezig zijn. Normaal kan dit uitsluitend in de hersenen van een levend proefdier. Geavanceerde elektronische technieken kunnen de kleine elektrische signalen tussen individuele hersencellen oppikken. Door de gemeten hersencellen met een bruine kleurstof in te spuiten, die de hele cel vult, kan achteraf gekeken worden waar de hersencellen fysieke contacten met elkaar hebben. Vergeleken met de communicatie van zenuwcellen in de hersenen van ratten en muizen blijken menselijke hersencellen veel complexer van structuur te zijn en meer onderlinge verbindingen te maken. Dit is mogelijk een verklaring voor de grote rekenkracht van onze hersenen.

Abbeelding: Christiaan de Kock, Afdeling Integratieve Neurofysiologie, CNCR, Vrije Universiteit, Amsterdam.

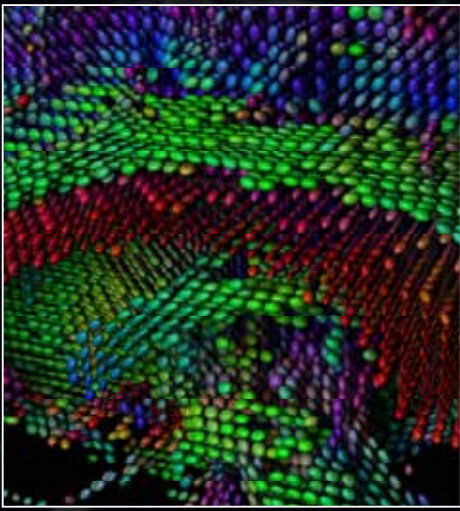
Unsere Roots (Wurzeln)



Diese Foto zeigt drei einzelne Hirnzellen aus einer Probe des menschlichen zerebralen Cortex. Der zerebrale Cortex ist die Hirnrinde, der Bereich im Gehirn wo Informationen aus dem Rest des Körpers eingehen, analysiert und interpretiert werden. Anschließend werden in dem Cortex diese Informationen in Gedanken und konkrete Steuerbefehle umgesetzt.

Die Nervengewebeprobe stammt von einem Epilepsiepatienten, bei dem im Rahmen der Behandlung der Symptome ein kleiner Teil des Gehirns entfernt werden musste. Forscher können dieses Gewebe am Leben halten und im Labor die Kommunikation zwischen den Nervenzellen des Menschen untersuchen, als ob sie sich noch im Gehirn befinden. Normalerweise kann die Untersuchung ausschließlich im Gehirn eines lebenden Versuchstiers ausgeführt werden. Die neuesten Verfahren machen es möglich die winzigen elektrischen Signale zwischen den einzelnen Hirnzellen zu registrieren. Wenn die erfassten Hirnzellen mit einem braunen Farbstoff injiziert werden, kann man nachher feststellen wo die Hirnzellen physisch in Kontakt waren. Im Vergleich mit der Kommunikation der Hirnzellen von Ratten und Mäusen haben die menschlichen Hirnzellen eine durchaus komplexere Struktur und bilden mehr gegenseitige Verbindungen. Dies könnte eine Erklärung für die große Rechenkapazität unseres Gehirns sein.

Abbildung: Christiaan de Kock, Fachbereich Integrative Neurofysiologie, CNCR, Vrije Universiteit, Amsterdam



Memory & Mind?



Zijaanzicht van de rechter hersenhelft van de mens in de vorm van een schema van locale diffusie (proces ten gevolge van de willekeurige beweging van deeltjes) van de watermoleculen in de hersenbanen en structuren. Het is het resultaat van diffusion tensor imaging (DTI), een MRI (magnetische resonantie imaging) techniek die gevoelig is voor diffusie van watermoleculen in weefsel. Daarbij worden diffusiepatronen in een driedimensionaal beeld weergegeven.

Het beeld is opgebouwd uit eenheden met locale diffusierichting. Elke "M&M"-beeldje geeft de mate waarin de watermoleculen een diffusie voorkeursrichting hebben: bolvormig staat voor geen voorkeursrichting, sigaarvormig wel voorkeursrichting.

De oriëntatie zelf bepaalt de hoofdrichting waarlangs de diffusie plaatsvindt en wordt met een gebruikelijke kleurcodering geaccentueerd: rood, groen en blauw duiden respectievelijk de links-rechts, voor-achter en boven-onder richtingen in de hersenen aan. De rode, links-rechts georiënteerde en sigaarvormige M&M's in het midden van het beeld reflecteren bijvoorbeeld de diffusie-eigenschappen van de hersenbalk (corpus callosum), de grootste witte materie vezelbundel van de hersenen die links en rechts met elkaar verbindt.

Abbeelding: Alexander Leemans, Image Sciences Instituut, UMCU, Utrecht.

Gedächtnis & Geist?

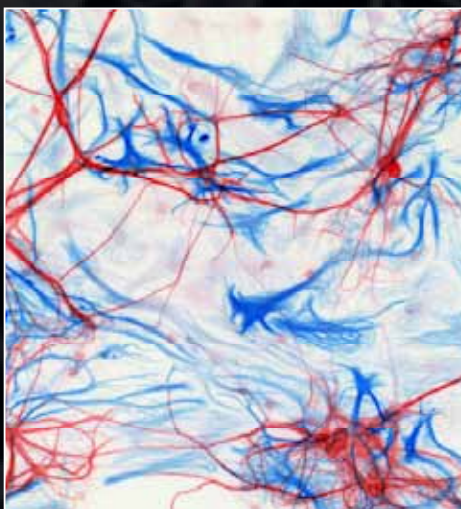


Seitenansicht der menschlichen rechten Hirnhälfte, in der schematischen Form einer örtlichen Diffusion der Wassermoleküle (ein Prozess, der durch die willkürlichen Bewegung der Teilchen verursacht wird) in den Hirnbahnen und Strukturen. Das ist das Ergebnis der diffusion tensor imaging (DTI), eine MRT (magnetische Resonanz Bildgebung) Technik, die für die Diffusion von Wassermolekülen im Gewebe empfindlich ist. Die Diffusionsmuster werden in einem dreidimensionalen Bild dargestellt.

Das Bild erstellt sich aus Einheiten mit räumlicher Diffusionsrichtung. Jedes „M&M“ Bild zeigt in welchem Maße die Wassermoleküle eine Diffusionsrichtung bevorzugen: kugelförmig heißt keine bevorzugte Richtung, zigarrenförmig jedoch steht für eine Bevorzugung der Orientierung.

Die Orientierung selbst legt die Hauptrichtung fest wo entlang die Diffusion stattfindet und wird mit einer herkömmlichen Farbkodierung hervorgehoben: Rot, Grün und Blau markieren die links-rechts, bzw. die vorne-hinten und oben-unten Ausrichtung im Gehirn. Die roten, links-rechts ausgerichteten und zigarrenförmigen M&Ms in der Mitte des Bildes spiegeln z.B. die Diffusions-eigenschaften des Balken (corpus callosum), des größten Faserverbundes weißer Materie im Gehirn, der die linke und rechte Gehirnhälfte verbindet, wieder.

Abbildung: Alexander Leemans, Image Sciences Instituut, UMCU, Utrecht



Zwevend rood



In dit microscoopbeeld van een laboratoriumkweek zijn de zenuwcellen rood gekleurd en astrocyten blauw. Astrocyten zijn geen zenuwcellen. Ze werden voorheen vaak alleen maar beschouwd als een soort bedding voor de zenuwcellen. Meer en meer blijkt echter dat hun functie van essentieel belang is voor het goed functioneren van de hersenen. Maar ze zijn ook van groot belang voor de groei en ontwikkeling van de hersenen.

De interactie van zenuwcellen en astrocyten in de ontwikkeling van de hersenen kan worden onderzocht door het functioneren van de astrocyten in de laboratoriumkweek het hersenweefsel van het embryo te beïnvloeden. Hier gebeurt dat door de aanmaak van specifieke astrocyt-eiwitten stil te leggen via de techniek van RNA-silencing.

Ribonucleïnezuur, vaak afgekort tot RNA (Ribo Nucleic Acid) dient voor het kopiëren van genetische informatie die is opgeslagen in het DNA. Het lijkt qua chemische structuur op DNA. Elk bepaald RNA molecuul geeft de matrix om een bepaald eiwit te maken. Specifiek blokkeren van een bepaalde RNA-matrix zorgt ervoor dat een bepaald eiwit niet wordt aangemaakt. Vervolgens wordt de ontwikkeling van de zenuwcel bekeken (groei van uitlopers, aanmaken van contactpunten). Op deze wijze worden nieuwe eiwitten ontdekt, maar ook nieuwe genen in het DNA, die gestuurd kunnen worden in gevallen van abnormale hersenontwikkeling en voor hersenherstel na beschadiging of ziekte.

Afbeelding: Nutabi Camargo, Molecular and Cellular Neurobiology, Vrije Universiteit, Amsterdam

Schwebendes Rot



In dieser Mikroskopaufnahme einer Laborprobe sind die Nervenzellen rot gefärbt und die Astrozyte blau. Astrozyte sind keine Nervenzellen. Früher wurden sie meistens nur als eine Art Einbettung für die Nervenzellen gesehen. Jetzt stellt sich aber mehr und mehr heraus, dass ihre Funktion für ein optimales Funktionieren des Gehirns von wesentlicher Bedeutung ist. Sie sind aber auch für das Wachstum und die Entwicklung des Gehirns wichtig.

Die Interaktion zwischen Nervenzellen und Astrozyten während der Entwicklung des Gehirns kann man untersuchen, indem man das Funktionieren der Astrozyten in einer Laborprobe des Hirngewebes eines Embryos beeinflusst. In diesem Fall heißt das, dass man die Produktion der Astrozyt-typischen Eiweiße mittels der Technik des RNA-Silencing unterbindet.

Die Ribonukleinsäure, meistens abgekürzt RNA (Ribo Nucleic Acid), ist zuständig für das Kopieren der genetischen Daten, die in der DNA gespeichert sind. Von der chemischen Struktur her sieht sie der DNA ähnlich. Jedes RNA Molekül liefert die Matrix zur Bildung von einem bestimmten Eiweiß. Wenn eine bestimmte Matrix gezielt gesperrt wird, wird ein bestimmtes Eiweiß nicht hergestellt. Anschließend kann man die Entwicklung der Nervenzelle beobachten (Wachstum der Ausläufer, Herstellung von Kontaktpunkten). Auf diese Weise entdeckt man nicht nur neue Eiweiße, sondern auch neue Gene in der DNA, die in Fällen von anormalen Hirnentwicklungen und zur Wiederherstellung des Gehirns nach Krankheit oder Beschädigung gezielt eingesetzt werden können.

Abbildung: Nutabi Camargo, Molecular and Cellular Neurobiology, Vrije Universiteit, Amsterdam



Breinwoud



Op deze foto zie je een hersenplakje van een deel van de menselijke frontale hersen-schors. Dit hersenplakje is gekleurd met de Golgi-techniek. Op deze foto zijn zenuwcellen (pyramidecellen) met uitlopers zichtbaar. De Golgi-kleurings-techniek maakt niet alle, maar slechts een klein percentage van de zenuwcellen zichtbaar met zilverschroomaat. Daardoor geeft deze kleuring een mooi totaalbeeld van de zenuwcel met zowel zijn cellichaam, de celuitlopers (dendrietten en axonen) als de synaptische contactpunten (spines).

Camillo Golgi ontdekte deze kleuring, die uiterst bewerkelijk is. Door zijn tijdgenoot en Spaanse landgenoot Santiago Ramón y Cajal werd deze kleuring uitgebreid toegepast om alle typen zenuwcellen in alle hersengebieden en hun contacten te beschrijven. Beiden ontvingen in 1906 voor hun werk de Nobelprijs voor geneeskunde en fysiologie.

De Golgi-kleuring stelt neuroanatomen tot op de dag van vandaag in staat de vorm en structuur van de verschillende zenuwceltypen te beschrijven in ziekteprocessen, bij veroudering en bij neurologische aandoeningen.

In het getoonde preparaat van een 93-jarige zien de zenuwcellen er nog gezond uit: er is nog geen aftakeling zichtbaar.

Afbeelding: Harry Uijlings, Afdeling Anatomie en Neurowetenschappen, VU Medisch Centrum, Amsterdam

Gehirnwald



Dieses Foto zeigt eine Probe der menschlichen frontalen Hirnrinde. Für die Färbung der Probe wurde die Golgi'sche Technik angewandt. In diesem Bild sind die Nervenzellen (Pyramidenzellen) mit ihren Ausläufern zu sehen. Die Golgi'sche Technik macht nicht alle, sondern nur einen kleinen Teil der Nervenzellen mittels Silberchromat sichtbar. Durch die Färbung erscheint die Nervenzelle als ein schönes Totalbild mit seinen beiden Zellkörpern, den Zellausläufern (Dendrite und Axone) und den synaptischen Kontaktpunkten (spines).

Der Spanier Camillo Golgi entdeckte diese Färbung, die sehr aufwändig ist. Santiago Ramón y Cajal, sein Zeitgenosse und Landsmann, hat diese Färbung für eine detaillierte Beschreibung aller Zelltypen in allen Hirnbereichen, samt ihren Kontaktpunkten angewendet. Beide erhielten 1906 für ihre Arbeit den Nobelpreis für Medizin und Physiologie. Bis auf den heutigen Tag erlaubt die Golgi-Färbung Neuroanatomen die Formen und Strukturen der unterschiedlichen Zelltypen in Krankheitsprozessen, während der Alterung und bei neurologischen Störungen zu beschreiben.

In dem Präparat, das von einer 93-jährigen Person stammt, sehen die Nervenzellen noch recht gesund aus und es ist keine Spur von Altersschwäche zu erkennen.

Abbildung: Harry Uijlings, Fachbereich Anatomie und Neurowissenschaften, VU Medisch Centrum, Amsterdam



Griemel



Het menselijk brein bestaat uit grijze en witte stof. De grijze stof zijn de cellen, de witte stof zijn de lange uitlopers van de cellen. Miljoenen van deze uitlopers vormen op hun beurt samen grote witte stofkabels, die de verschillende gebieden van ons brein in staat stellen om met elkaar te communiceren. Hier zie je een afbeelding van zulke witte stofbanen van het menselijk brein.

Met behulp van een diffusion tensor imaging (een MRI techniek) werden deze witte stofbanen in kaart gebracht. Samen vormen al deze connecties één groot netwerk: het menselijk connectoom (complete kaart van de neurale verbindingen in de hersenen). Door het in kaart brengen van deze banen kan bestudeerd worden welke gebieden met elkaar communiceren en hoe ze dat doen. Dit geeft ons fundamentele informatie over de werking van het menselijk brein als een netwerk.

Ook kan het een beter inzicht geven over de mate waarin veranderingen in het netwerk van verbindingen hebben plaatsgevonden in de hersenen van verschillende hersenaandoeningen als bijvoorbeeld schizofrenie, autisme of de ziekte van Alzheimer.

Afbeelding: Martijn van den Heuvel, Neuroimaging, Afdeling Psychiatrie, Rudolf Magnus Institute, UMCU, Utrecht

Ungeheuer

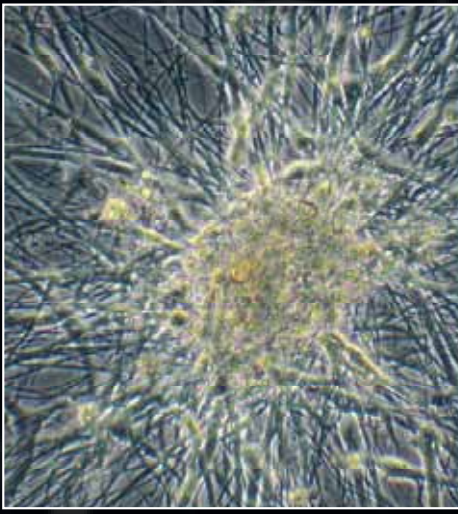


Das menschliche Gehirn besteht aus grauer und weißer Materie. Die graue Materie enthält die Zellen, die weiße Materie die langen Ausläufer der Zellen. Millionen dieser Ausläufer wiederum bilden große, weiße Stränge, die die Kommunikation zwischen den unterschiedlichen Bereichen unseres Gehirns möglich machen. Dieses Bild zeigt solche weißen Stränge im menschlichen Gehirn.

Mittels Diffusion Tensor Imaging (ein MRT Verfahren) wurden diese weißen Stränge wie auf einer Karte dargestellt. Gemeinsam bilden diese Verbindungen ein Riesennetzwerk: das menschliche Konnektom (die komplette Karte der neuronalen Verbindungen im Gehirn). Anhand einer Karte dieser Bahnen kann erforscht werden, welche Areale kommunizieren und wie das vor sich geht. Die Forschung lehrt uns, dass das Gehirn funktioniert wie ein Netzwerk.

Außerdem kann die Karte über die Frage, im welchen Maße es zu Veränderungen im Verbindungsnetzwerk in den Gehirnen verschiedener Patienten mit Gehirnerkrankungen, wie Schizophrenie, Autismus oder der Alzheimer-Krankheit gekommen ist, Auskunft geben.

Abbildung: Martijn van den Heuvel, Neuroimaging, Fachbereich Psychiatrie, Rudolf Magnus Institute, UMCU,



Gordiaanse zenuwknop



Een web van neurale stamcellen in een laboratoriumkweek, afkomstig uit de hersenen van een overleden hersendonor. Stamcellen zijn cellen die kunnen delen en daarna nog kunnen uitgroeien tot allerlei soorten cellen, van levercel tot huidcel en van hartcel tot zenuwcel. Stamcellen zijn ook in de volwassen hersenen aanwezig (neurale stamcellen) en kunnen daar uitgroeien tot zowel zenuwcellen als de zenuwcelondersteunende gliacellen.

Zelfs in de hersenen van oude mensen zijn deze cellen nog aanwezig. Ze kunnen in "leven" worden gehouden als ze kort na de dood uit de hersenen worden verwijderd. Donorschap bij de Nederlandse Hersenbank maakt dat mogelijk. De neurale stamcellen blijken zich vooral, maar niet uitsluitend, te bevinden aan de rand van de voorste ventrikels (vloeistofholtes) van de hersenen (de subventriculaire zone). Ze hebben daar het karakter van astrocyten, bekend als steuncellen voor de zenuwcellen.

Weefselfragmenten van de subventriculaire zone produceren in laboratoriumkweek kluitjes met multipotente cellen. Daaruit worden in kweek nieuwe zenuwcellen gevormd. Een zenuwcelabriekje in het laboratorium! Ook in de hersenen van Parkinson- en Alzheimerpatiënten zijn neurale stamcellen aanwezig en ook die kunnen in kweek worden gebracht na overlijden. De studie van deze cellen zou wellicht een therapie kunnen opleveren voor herstel van de degenererende hersenen van deze en andere patiënten, door de zenuwcelaanmaak in het brein zelf aan te wakkeren.

Afbeelding: Miriam van Strien, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam

Ein gordischer Nervenknotten



Ein Netz von neuronalen Stammzellen in einer Laborprobe, die dem Gehirn eines verstorbenen Hirnspenders entnommen wurde. Stammzellen sind Zellen, die sich teilen und sich zu verschiedenen Zelltypen - von der Leberzelle über die Hautzelle, bis zur Herzzelle - entwickeln können. Stammzellen sind auch im ausgereiften Gehirn (neuronalen Stammzellen) vorhanden und sind fähig, sich dort sowohl zu Nervenzellen als auch zu Gliazellen, die die Nerven unterstützen, zu entwickeln.

Diese Zellen sind sogar noch in dem Gehirn alter Menschen vorhanden. Man kann sie „am Leben“ erhalten, wenn sie dem Gehirn unmittelbar nach dem Tod entnommen werden. Dazu ist allerdings ein Spenderausweis notwendig. Die neuronalen Stammzellen befinden sich überwiegend, aber nicht ausschließlich, am Rand der vorderen Hirnventrikel (Flüssigkeitskammer), in der subventrikulären Zone. Sie haben die Merkmale der Astrozyte, die wie Stützzellen für die Nervenzellen funktionieren.

Gewebeteilchen aus der subventrikulären Zone wachsen im Labor zu Anhäufungen, die multipotente Zellen enthalten. Aus diesen Zellen können neue Nervenzellen gezüchtet werden. Eine kleine Nervenzellfabrik im Labor! Auch die Gehirne von Parkinson- und Alzheimerpatienten enthalten neuronale Stammzellen, und auch diese Zellen können nach dem Tod für Züchtungszwecke benutzt werden. Diese Zellforschung könnte zu einer Therapie für die degenerierte Gehirne dieser und anderer Patienten führen, in dem man die Nervenzellproduktion im Gehirn stimuliert.

Abbildung: Miriam van Strien, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam



Horizon van de geest



Hier is onmiskenbaar het oppervlak van de menselijke hersenen te zien. Deze hersenen zijn gefixeerd in formaline. Het laat de windingen van de cortex zien. Dit is het deel van de hersenen waar o.a. het bewustzijn en de hogere mentale functies zitten. Hier wordt ook de sensorische en motorische informatie verwerkt. Het brein werd gedoneerd en na het overlijden uitgenomen. De Nederlandse Hersenbank (NHB, www.hersenbank.nl) is ooit begonnen met het verzamelen van hersenen om onderzoek naar de oorzaak van de ziekte van Alzheimer mogelijk te maken. Inmiddels verzamelt de Hersenbank ook hersenen van mensen met andere vormen van dementie, met neurologische aandoeningen zoals multiple sclerose en de ziekte van Parkinson, en met psychiatrische aandoeningen zoals depressie en schizofrenie.

Het hersenweefsel wordt voorzien van klinisch en neuropathologisch goed gedocumenteerde gegevens en vervolgens wereldwijd beschikbaar gesteld voor wetenschappelijk onderzoek. Doel is het inzicht in de werking van onze hersenen te vergroten, waardoor therapieën kunnen worden ontwikkeld voor de behandeling van neurologische en psychiatrische hersenziekten. De NHB heeft ondertussen ruim 3500 hersenobducties verricht en momenteel staan ongeveer 2500 mensen geregistreerd als hersendonor. Meer dan 1000 daarvan zijn mensen zonder hersenziekte (zogenaamde 'controledonoren'). Controledonoren zijn uitermate belangrijk voor het wetenschappelijk onderzoek. Om een goede conclusie te kunnen trekken, is het immers van groot belang om een "ziek" stukje weefsel te kunnen vergelijken met een "gezond" stukje weefsel.

Abbeelding: Inge Huitinga, Nederlandse Hersenbank, Amsterdam

Horizont des Geistes



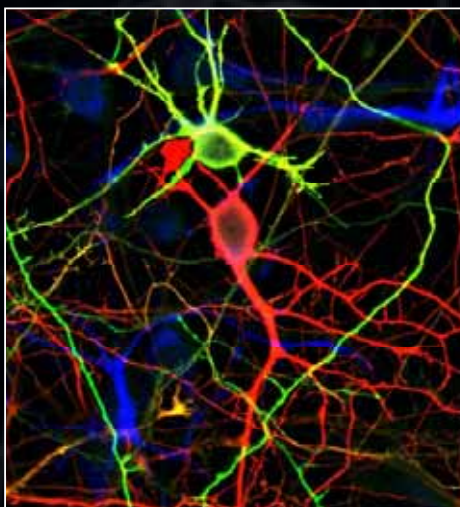
Ein unverkennbares Bild der Oberfläche des menschlichen Gehirns. Dieses Gehirn wurde in Formalin konserviert. Das Bild zeigt die Windungen des Cortex. Der Cortex ist das Areal im Gehirn, in dem das Bewusstsein und die höheren geistigen Funktionen angesiedelt sind. An dieser Stelle werden auch die sensorischen und motorischen Informationen verarbeitet. Das Gehirn wurde gespendet und dem Körper nach dem Tod entnommen.

Die Nederlandse Hersenbank (NHB, www.hersenbank.nl - Gehirnbank) hat 1986 angefangen, Gehirne zur Erforschung der Ursachen von Alzheimer zu sammeln. Mittlerweile sammelt die Hersenbank auch die Gehirne von Patienten mit anderen Erscheinungsformen der Demenz, mit neurologischen Störungen, wie multiple Sklerose und Parkinson und mit psychiatrischen Störungen wie Depressionen und Schizophrenie.

Das Gehirngewebe wird mit klinisch und neuropathologisch gut dokumentierten Daten versehen und weltweit für wissenschaftliche Forschungszwecke zur Verfügung gestellt. Ziel ist es, zu besseren Einsichten in das Funktionieren unseres Gehirns beizutragen, damit Therapien für die neurologischen und psychiatrischen Krankheiten entwickelt werden können.

Mittlerweile hat die NHB gut 3500 Gehirnobduktionen durchgeführt und zurzeit haben sich ungefähr 2500 Spender registriert. Mehr als 1000 von ihnen sind Menschen ohne Gehirnerkrankungen (die sogenannten „Kontrollspender“). Kontrollspender sind außerordentlich wichtig für die wissenschaftliche Forschung. Eine gültige Schlussfolgerung kann nur dann gezogen werden, wenn man eine „kranke“ Gewebeprobe mit einer „gesunden“ Probe vergleichen kann.

Abbildung: Inge Huitinga, Nederlandse Hersenbank, Amsterdam



Red meets green



Zenuwcellen in een netwerk, maar dan in een kwekschaaltje van het laboratorium.

De rood- en geelgekleurde zenuwcellen maken contact via hun uitlopers (dendrieten). Op de achtergrond zijn de astrocytes te zien. Ze zijn blauw gekleurd. Deze cellen dienen die als belangrijke ondersteuning bij het ontstaan van deze zenuwcelverbindingen voor overdracht van informatie.

Zulke kweken worden gecreëerd door het dun uitzaaien van embryonale zenuwcellen op een bedje van astrocyten. Uitgroei vindt plaats in een aantal dagen en de zenuwcellen worden spontaan elektrisch actief. Dit model voor de ontwikkeling van het zenuwstelsel geeft de mogelijkheid om de invloed van hormonen, farmaca en allerlei vreemde stoffen (bijvoorbeeld cocaïne, nicotine, LSD, etc., maar ook gifstoffen en metalen) en ook straling (UV, radioactieve straling) op de hersenontwikkeling te bestuderen. Ook biedt het de kans om de invloed van mutaties of genetische veranderingen te ontdekken.

Afbeelding: Ger Ramakers, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam.

Red Meets Green (Rot trifft Grün)

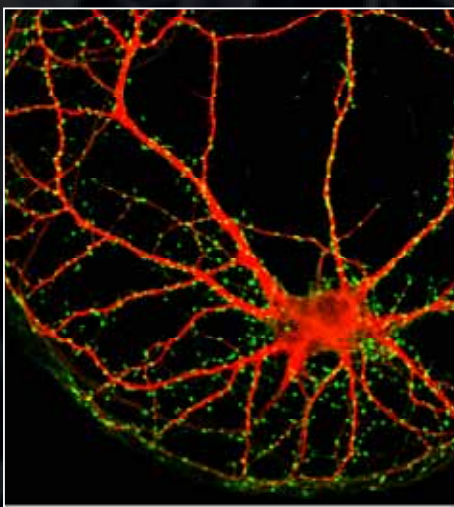


Nervenzellen in einem Netzwerk, aber diesmal in einer Laborprobe.

Die rot- und gelbgefärbten Nervenzellen stellen den Kontakt über ihre Ausläufer (Dendrite) her. Im Hintergrund kann man die Astrozyte erkennen. Diese sind blaugefärbt. Diese Zellen bieten eine wichtige Unterstützung beim Entstehen der Nervenzellverbindungen für die Informationsübertragung.

Man kann diese Zellen züchten, indem man eine dünne Schicht embryonaler Zellen auf eine Schicht von Astrozyten aussät. Innerhalb weniger Tage fangen die Nervenzellen zu wachsen an und kommt es zu einer spontanen elektrischen Aktivität. Dieses Modell der Entwicklung des Nervensystems bietet die Möglichkeit, die Auswirkung von Hormonen, Pharmaka, Fremdstoffen (z.B. Kokain, Nikotin, LSD, etc., aber auch Giftstoffe und Metalle) und Strahlung (UV- und radioaktive Strahlung) auf die Entwicklung des Gehirns zu erforschen. Es bietet auch die Gelegenheit den Einfluss von Mutationen oder genetischen Veränderungen auf die Spur zu kommen.

Abbildung: Ger Ramaker, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam.



Zenuwcel aan de rol



Zenuwcellen maken contacten om informatie over te kunnen dragen. De plaats van de verbinding en de overdracht heet een synaps. Hier is een enkele gekweekte zenuwcel te zien in bolvorm als het resultaat van kweken op een bolletje gliacellen. De zenuwcel laat een uitbundig patroon van uitlopers zien (rood gekleurd). Die uitlopers maken – en dat is bijzonder – veel synapsen op zijn eigen “huid” (groen gekleurd).

Zenuwcellen kunnen zichzelf dus innervieren met een soort automatische terugkoppeling. Deze synapsen worden dan ook wel autapsen genoemd. Dat verschijnsel was bekend uit de elektrofysiologie van hersenweefsel. De weefselkweek maakt het mogelijk te onderzoeken hoe deze zelf-innervatie tot stand komt en welke factoren daarvoor belangrijk zijn.

Abbeelding: Keimpe Wierda en Ruud Toonen, Center for Neurogenomics and Cognitive Research (CNCR), Vrije Universiteit, Amsterdam.

Nervenzellrolle



Nervenzellen knüpfen Kontakte zur Übertragung von Daten. Die Stelle wo eine Verbindung hergestellt wird und wo die Datenübertragung statt findet, ist eine Synapse. Dieses Bild zeigt eine gezüchtete kugelförmige Nervenzelle, die auf einer Anhäufung von Gliazellen gezüchtet wurde. Die Nervenzelle weist ein ausgiebiges Muster von Ausläufern auf (rotgefärbt). Das Besondere ist, dass die Ausläufer eine Menge Synapsen (grüngefärbt) auf ihrer eigenen Haut bilden.

Nervenstellen sind also fähig sich mittels einer Art Rückkoppelung selber mit Nervenfasern zu versorgen. Daher werden diese Synapsen auch Autapsen genannt. Dieses Phänomen war schon bekannt aus der Elektrophysiologie des Hirngewebes. Anhand des Züchtungspräparats kann man diese Selbstversorgung mit Nervenfasern erforschen und feststellen, welche Faktoren dabei eine wichtige Rolle spielen.

Abbildung: Keimpe Wierda en Ruud Toonen, Center for Neurogenomics and Cognitive Research (CNCR), Vrije Universiteit, Amsterdam.



Gekleurde symmetrie



Schema van het vooraanzicht van het netwerk van verbindingen op het middelste deel van de hersenen, gereconstrueerd met behulp van tractografie.

Tractografie is het in beeld brengen van neurale verbindingen in de hersenen, door middel van Diffusion Tensor Imaging (DTI). DTI is een MRI (magnetische resonantie) techniek die gevoelig is voor diffusie van watermoleculen in het lichaam. Diffusie is een proces ten gevolge van de willekeurige beweging van deeltjes. Deze willekeurige beweging is het gevolg van de kinetische energie die deze deeltjes bezitten. Dankzij tractografie kunnen de diffusiepatronen in een driedimensionaal beeld worden weergegeven. Hiermee kunnen zowel de lange bundels van zenuwvezels als de meer gecompliceerde korte verbindingen in een driedimensionaal beeld worden weergegeven.

De kleuren geven de richting van vezelpaden aan: rood, groen en blauw duiden respectievelijk de links-rechts, voor-achter en boven-onder richtingen aan.

De rode 'glimlachende' boog in het midden bijvoorbeeld stelt het corpus callosum voor: de grootste hersenvezelbundel die beide hersenhelften met elkaar verbindt.

Afbeelding: Alexander Leemans, Image Sciences Instituut, UMCU, Utrecht

Farbenfrohe Symmetrie



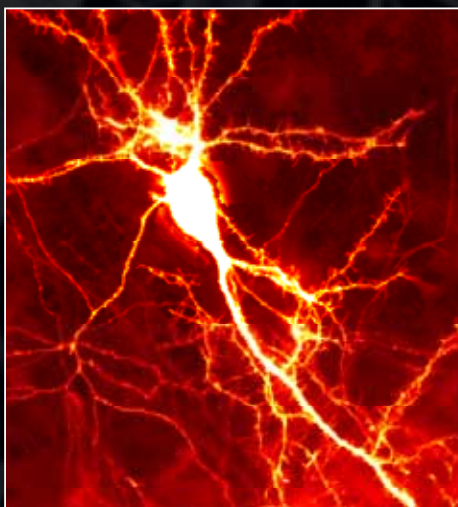
Eine schematische Darstellung der Vorderansicht der Netzwerkverbindung im mittleren Teil des Gehirns, eine traktographische Rekonstruktion.

Die Traktographie ist ein Verfahren das sich der Diffusion Tensor Imaging (DTI) Technik bedient, um die neuronalen Verbindungen im Gehirn sichtbar zu machen. DTI ist eine MRT (Magnetresonanztomographie) Technik die empfindlich für die Diffusion von Wassermolekülen im Körper ist. Diffusion ist ein Prozess, der auf die willkürlichen Bewegungen der Teilchen zurückzuführen ist. Diese willkürlichen Bewegungen sind die Auswirkungen der kinetischen Energie, mit der die Teilchen aufgeladen sind. Dank der Traktographie können die Diffusionsmuster in einem 3-D Bild dargestellt werden. Eine 3-D Aufnahme zeigt sowohl die langen Nervenstränge, als auch die komplizierteren und kürzeren Verbindungen.

Die Farben heben die Orientierung dieser Faserbahnen hervor: Rot, Grün und Blau markieren die links-rechts, bzw. die vorn-hinten und oben-unten Orientierungen.

Der rote, „lächelnde“ Bogen in der Mitte z.B. stellt das corpus callosum dar: der größte Hirnfaserstrang der die beide Hirnhälften miteinander verbindet.

Abbildung: Alexander Leemans, Image Sciences Instituut, UMCU, Utrecht



Aanval



Hier is een in leven gehouden zenuwcel in een hersenweefselplakje te zien. De zenuwcel is geïnjecteerd met een kleurstof en laat hier zijn complexe set uitlopers (dendrieten) zien en alle kleine uitstulpingen (spines) op die uitlopers, waar een of meer andere zenuwcellen contact kunnen maken.

Dit illustreert dat zenuwcellen gigantisch veel, tot wel zesduizend, inkomende signalen te verwerken krijgen. Vervolgens worden deze signalen samengevoegd tot een geheel en op grond daarvan wordt zelf een uitvoerend signaal afgegeven via het axon (in de afbeelding de diagonale uitloper naar rechtsonder).

Het aantal en de vorm van de spines kunnen veranderen wanneer de zenuwcel een veranderde vorm van input te verwerken krijgt. Mede hierdoor kan het zenuwstelsel zich aanpassen aan externe nieuwe situaties (plasticiteit) of gegevens vasthouden (leren en onthouden).

Afbeelding: Ger Ramakers, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam

Angriff!

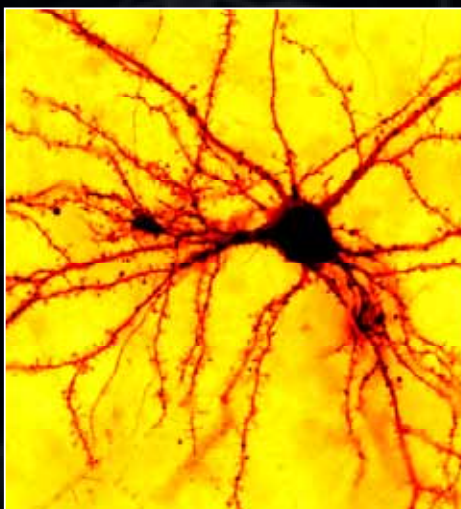


Dieses Bild zeigt eine Nervenzelle in einer Hirngewebescheibe, die am Leben gehalten wurde. Der Nervenzelle wurde ein Farbstoff injiziert und zeigt hier die komplexen Ausläufer (Dendryte) und alle kleinen Ausstülpungen (spines) auf den Ausläufern, auf denen eine oder mehrere andere Nervenzellen Kontakt aufnehmen können.

Dieses Bild belegt, dass Nervenzellen gigantisch viele, bis zu sechstausend eingehende Signale verarbeiten müssen. Die Nervenzellen fassen die Signale zu einem Ganzen zusammen und geben eigenständig über das Axon (der Ausläufer der im Bild schräg nach rechts unten verläuft) einen Befehl ab.

Die Mengen und Formen der spines können sich ändern, wenn eine Nervenzelle eine andere Art Information zur Verarbeitung erreicht. Deshalb kann sich das Nervensystem auf neue externe Situationen einstellen (Plastizität) oder Daten speichern (lernen und behalten).

Abbildung: Ger Ramaker, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam



Zenuwspin



Een zenuwcel in een hersenweefselplakje dat in leven is gehouden en geïnjecteerd is met een kleurstof. Hier is zijn complexe set dendrieten te zien en alle kleine uitstulpingen (spines) op die uitlopers, waar een of meer andere zenuwcellen contact kunnen maken. Zie de beschrijving bij image 24.

De spines zijn hier nog duidelijker zichtbaar, maar ook en vooral het output-gevende axon. Het axon is de zenuwceluitloper die recht omhoog loopt en géén spines heeft.

Afbeelding: Ger Ramakers, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam

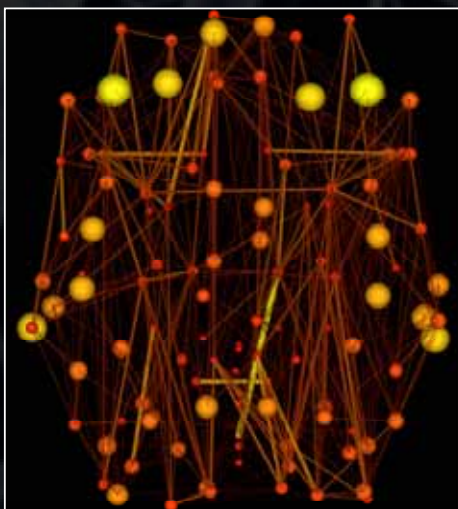
Nervenspinne



Dieses Bild zeigt eine Hirngewebescheibe, die am Leben gehalten und der ein Farbstoff injiziert wurde. Das Bild zeigt auch die komplexen Dendryte und alle kleinen Ausstülpungen (spines) auf den Ausläufern, auf denen eine oder mehrere andere Nervenzellen Kontakt aufnehmen können. (Siehe auch die Beschreibung zum Bild 24.)

Hier sind nicht nur die spines noch besser zu sehen, sondern auch und insbesondere das Axon, das Befehle erteilt. Das Axon ist der senkrechte Zellausläufer ohne spines.

Abbildung: Ger Ramaker, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam.



Constructie



Dit computergetekende schema is een symbolische weergave van het netwerk van zenuwbaanverbindingen (witte materie - de lijnen) tussen gebieden van de zenuwcellen (grijze materie - de bollen) gezien vanaf de bovenkant van de hersenen.

Zowel de grootte, kleur en transparantie van deze objecten zijn gerelateerd aan sterkte-eigenschappen die de interregionale hersen-connectiviteit (het in contact staan van onderdelen van de hersenen met elkaar) karakteriseren. Dit beeld is maar een summier en grof beeld van de complexiteit van verbindingen binnen de hersenen, maar laat wel zien dat alles met alles "spreekt" in neuronale connecties.

Afbeelding: Alexander Leemans, Image Sciences Instituut, UMCU, Utrecht.

Konstruktion



Dieses Schema, das auf einem Computer gezeichnet wurde, ist eine symbolische Darstellung des Netzwerkes aller Nervenbahnverbindungen (weiße Materie - die Linien) zwischen den Arealen der Nervenzellen (graue Materie - die Kugeln), von der Oberseite des Gehirns gesehen.

Größe, Farbe und Transparenz dieser Objekte beziehen sich auf die inhärenten Kräfte, die überregionale Konnektivität des Gehirns (die Verbindungen zwischen den verschiedenen Hirnarealen). Obwohl diese Darstellung nur ein oberflächliches und ungenaues Bild der Verbindungen innerhalb des Gehirns vermittelt, zeigt es dennoch dass jedes Teil in den neuronalen Verbindungen miteinander „spricht“.

Abbildung: Alexander Leemans, Image Sciences Instituut, UMCU, Utrecht

Colofon

Concept, acquisitie, selectie en samenstelling:
Gerard J. Boer, Nederlands Herseninstituut, Amsterdam

Productie en realisatie:
Discovery Center Continium Kerkrade

Co-productie:
Stichting Nederlandse Neurofederatie, Rotterdam

Met dank aan:
Sanders & Clients, Willy Boer, Stephan Muis, Barbara Mulderink en Loeky Rebel voor hun artistieke bijdrage bij de selectie van beelden.

Copyright afbeeldingen:
Stichting Nederlandse Neurofederatie, Rotterdam



Discovery Center Continium

Museumplein 2

6461 MA Kerkrade

T 045 5670809

www.continium.nl

De activiteiten van Discovery Center Continium worden mede mogelijk gemaakt door:

provincie limburg



Project Brain 2012: a year to brighten up your brain

Deze expositie is onderdeel van Project Brain, een initiatief van Discovery Center Continium. Tijdens dit project staan de hersenen centraal in talloze, veelal gratis, activiteiten.

Op www.projectbrain.eu vind je alle activiteiten en veel leuke en interessante hersenweetjes!

Heeft je brein de smaak te pakken? Kom dan naar het Continium in Kerkrade

Beleef zelf hoe leuk science is! Ga aan de slag met alle leuke doe- en ontdekstations. Bind de strijd aan met robots of shop in de winkel van de toekomst. Reis door de tijd in het Time Warp Theater of geniet van stampende machines van vroeger en de prachtige collectie die het Continium rijk is. Ook zijn er in 2012 twee wisselexposities in het teken van de hersenen:

Get Smart! Entertain your Brain – t/m 10 juni 2012

De expo vól fitness voor je brein. Ontdek hoe je jouw brein weer in optimale conditie krijgt en fit houdt!

Hoe werkt jouw Brein – vanaf juli 2012

Beleef hoe je zintuigen je brein prikkelen en ontdek hoe de bovenkamer alle prikkels verwerkt!

Project Brain 2012: [a year to brighten up your brain](#)

Diese Ausstellung ist Bestandteil von Project Brain, einer Initiative des Discovery Center Continium. Bei diesem Projekt wird das Gehirn von allen Seiten belichtet und werden zahlreiche, oft kostenlose, Aktivitäten angeboten.

Auf www.projectbrain.eu findest du alle Aktivitäten, tolle und interessante Informationen und viel Wissenswertens über das Gehirn.

Heeft je brein de smaak te pakken?

[Kom dan naar het Continium in Kerkrade](#) Beleef zelf hoe leuk science is!

Ga aan de slag met alle leuke doe- en ontdekstations. Bind de strijd aan met robots of shop in de winkel van de toekomst. Reis door de tijd in het Time Warp Theater of geniet van stampende machines van vroeger en de prachtige collectie die het Continium rijk is. Auch gibt es zwei Wechselausstellungen die im Zeichen des Gehirns stehen:

Get Smart! Entertain your Brain – bis 10. Juni 2012

Die Expo voller Fitness für dein Gehirn.

Wie funktioniert dein Gehirn – ab Juli 2012

Erlebe, wie deine Sinne dein Gehirn reizen und entdecke, wie dein Oberstübchen all Reize verarbeitet.

