**Hersenen en leren**

Hoofdstuk 2: Bouw en functie van het menselijk zenuwstelsel

**Zenuwstelsel** = stelt ons in staat uitwendige en inwendige prikkels waar te nemen, deze registreren we met onze zintuigen.

Bestaat uit twee soorten zenuwcellen; neuronen en gliacellen

* Zenuwstelsel ingedeeld op ligging: centrale en perifere deel
* Zenuwstelsel ingedeeld op functie: animale en autonome stelsel

**Neuronen** = zenuwcellen die informatie (impulsen) doorgeven, opgebouwd uit cellichaam, een of meer dendrieten en een axon. Gebruiken voornamelijk glucose voor energie. Voor verbranding van glucose is O2 en vitamine B1 nodig.

1. Sensorische neuronen
2. Schakelneuronen
3. Motorische neuronen

**Gliacellen** = kunnen geen impulsen geleiden, maar wel stoffen doorgeven aan andere zenuwcellen.

- Functie: synchroniseren van functionele groepen zenuwcellen, vormen van myelineschede, verhuizen van zenuwcellen en stimuleren van deling van nieuwe zenuwcellen tijdens embryonale ontwikkeling

**Centrale zenuwstelsel** = bestaat uit hersenen en ruggenmerg. Wordt beschermd door botstructuur.

**Het perifere deel** = bestaat uit zenuwen die het centrale deel met de organen verbinden

**Animale zenuwstelsel** = handeling bewust

Hersenen geven opdracht aan motorische zenuwcellen, de uitlopers hiervan zijn verbonden met de spieren, als het impuls aankomt trekken ze samen.

**Autonome zenuwstelsel** = onbewust (ademhalen)

* Orthosympatisch zenuwstelsel = stimuleert processen die lichaam in actieve staat brengen. Brengt impulsen via ruggenmerg naar grensstrengen en vervolgens naar alle organen.
* Parasympatisch zenuwstelsel = in rust.

**Bloed-hersenbarrière** = mechanisme waardoor veel chemische stoffen buiten de hersenen worden gehouden, de kans is hierdoor klein dat ziektekiemen de hersenen kunnen bereiken.

* Nadeel: transport van o.a. glucose en aminozuren moet via actief transport (normaal passief) kost energie
* Alleen O2, CO2, H2O en in vet oplosbare moleculen kunnen erdoorheen

**Rustpotentiaal** = verschil in verdeling van ionen in de vloeistoffen binnen en buiten de cel, binnenste van de cel negatief; -70mV

* gehandhaafd door de Na/K-pomp: pompt Na de cel uit en K de cel in, heeft ATP nodig
* ionkanaaltjes kunnen de Na-ionen terug naar binnen en de K-ionen terug naar buiten diffunderen. Doorlaatbaarheid van K-kanaaltjes is in rust veel groter de de Na-kanaaltjes; netto veel minder positieve ionen de cel binnen.

Actiepotentiaal

1. depolarisatie tot aan de drempelwaarde van -50mV (ten gevolge van de prikkel, mebraanpermeabiliteit stijgt voor Na -> Na+ cel in -> minder negatief)
2. depolatisatiefase ten gevolge van natriumstroom tot max 30mV
3. Repolatisatiefase ten gevolge van Kaliumstroom
4. Hyperpolarisatie ten gevolge van voortgezette kaliumstroom tot -80mV
5. Herstelfase: terugkeer naar de rustpotentiaal van -70mV

Snelheid van de prikkelgeleiding is afhankelijk van de vezeldikte en de plaats van de insnoeringen van Ranvier.

**Refractaire periode** = periode van 1 milliseconde waarin de cel niet gevoelig is voor nieuwe prikkels (stap 2,3 en 4).

**Relatief refractaire periode** = periode van 20 tot 200 milliseconde waarin de cel wel geprikkeld kan worden, tegen het einde van de actiepotentiaal, tijdens de herstelfase.

**Richting impuls** = dendriet -> cellichaam -> axon -> synaps

Grijze stof = cellichamen en dendrieten

Witte stof = myelineschede of mergschede om de neurieten of axonen

Bouw en functie van de hersenen

De grote hersenen

De buitenste laag heet de **cortex** of **hersenschors**. In deze roze laag worden opdrachten voor bewuste bewegingen gegeven.

Linkerhersenhelft bedient het rechter gedeelte van het lichaam en omgedraaid.

**Corpus callosum** (hersenbalk) = verbinding tussen de hersenhelften

Kwabben

1. Frontaalkwab (voorhoofdskwab): menselijk zelfbewustzijn

* primaire motorische cortex (stuurt bewegingen aan)
* gebied van Broca (motoriek van het spreken, wat we zeggen begrijpelijk)

1. Occipitaalkwab: zien
2. Pariëtaalkwab (wandbeenkwab): gewaarwording van gevoelsprikkels
3. Temporaalkwab (slaapbeenkwab): impulsen vanuit oren verwerkt

Kleine hersenen = cerebellum

Handhaving evenwicht, coördinatie en timing van bewegingen. Info ogen en evenwichtsorgaan veroorzaakt activiteit in kleine hersenen.

Impliciet leren; leren die buiten het bewustzijn om gaan (fietsen, pianospelen)

- fietsen: kleine hersenen info vastleggen zodat je nooit meer na hoeft te denken over overeind blijven

- pianospelen: kleine hersenen trainen om timing en coördinatie van bewegingen te vervolmaken

Hersenstam

Bestaat uit medulla (verlengde merg), de pons en de middenhersenen. Piramidekruising

- motorische zenuwbanen = naar beneden

- sensorische zenuwbanen = omhoog

**Medulla** (onderste deel van hersenstam) controleert functies die van levensbelang zijn; ademhalen, hartslag, reflexen. Piramidekruising

**Pons** verbindt grote hersenen met de kleine hersenen

**Middenhersenen** betrokken bij zintuigelijke en motorische functies (oogbewegingen) en coördineren visuele en auditieve reflexen. **Basale ganglia** = zenuwknoppen afstemmen van bewegingsimpulsen. **Substantia nigra** -> dopamine als transmitterstof

Thalamus twee helften

Informatie zintuigen -> primaire secundaire cortex

Selecteert belangrijke van niet belangrijke prikkels

Handhaving van bewustzijn en bij emoties

Hypothalamus

Regelcentrum voor handhaven constant inwendig milieu = handhaven **homeostase**

* hormonaal systeem
* autonoom zenuwstelsel (actie/rust)
* honger, dorst, verzadiging

Limbisch systeem

Motivatie, genot, emotie en emotioneel geheugen, buiten de wil om, bestaat uit;

* Bulbus olfactorius: impulsen vanaf reukzintuigcellen naar hersencortex, hypothalamus en amygdala
* Thalamus
* Hypothalamus
* Hippocampus: opslaan informatie in het geheugen, ruimtelijke oriëntatie
* Amygdala (amandelkern):verbanden tussen informatie van zintuigen en koppelt deze aan emoties, betrokken bij onbewuste herinneringen

Elektrische activiteit van de hersenen

**Elektrocardiogram** (ECG) = hartfilmpje waarbij de elektrische activiteit van de hartspier opgepikt wordt met elektroden, kleine metalen plaatjes die op de huid van de borstkas of de polsen geplaatst worden.

**Encefalogram** (EEG) = meerdere elektroden worden op de hoofdhuid bevestigd, de elektroden, die activiteit weergeven van deel eronder, worden onderling vergeleken.

**Massapotentialen** = opgetelde activiteit van een heleboel zenuwcellen of hartcellen. Elektroden zijn verbonden met signaalversterkers, het signaal is zichtbaar via een **schrijver** of **oscilloscoop**.

Elektrische activiteit van individuele neuronen

Bij bepaalde operaties; schedel geopend en elektroden het brein in

**Elektrische activiteit aan meerdere cellen tegelijkertijd**

- een (activiteit omgeving opgeteld) of meerdere elektroden

**Array-elektrode** = plaatje met daarop enkele tientallen tot honderden elektroden waarvan signalen apart verwerkt kunnen worden.

Clamp-technieken = meten aan individuele zenuwcellen

Onderzoek aan kanaaltjes voor ionen in de celmembraan met superdunne glazen buisjes (micro-elektrodes). Door zuigen plakt een stukje membraan aan de elektrode vast, hierna meten wanneer ionen door een kanaal in het membraan gaan.

**Voltage-clamp** = der versterker compenseert elke stroomverandering die optreedt bij synapsen -> direct synaptische stroom weergegeven

Kleuring van zenuwcellen

Kleurstoffen (**voltage sensitive dyes**)die veranderen potentiaalverandering. Kleurstoffen kunnen ook de verbindingen tussen zenuwcellen zichtbaar maken. Om vertakkingen op te sporen, kleurt men cellen van binnen uit door via een glazen micro-elektrode.

**Groen Fluorescerend Proteïne** (GFP) = eiwitten in cel volgen door UV-lamp.

GFP koppelen aan gen, genexpressie en daarmee het betreffende eiwit volgen.

- zichtbaar = synthese, de locatie en hoeveelheid van geproduceerde eiwit

Maken van beelden van de hersenen

**CT-scan** = bestudering van bouw en werking van hersenen m.b.v. driedimensionale beelden door röntgenstraling.

Röntgenstralen (vorm van elektromagnetische straling) door lichaam heen; niet geabsorbeerd (zachte delen) = zwart op foto.

**Ioniserende straling** = röntgenstraling kan moleculen van stoffen ioniseren, beschadigen.

**Pet-scan** (Positron-EmissieTomografie) = radioactieve marker in lichaam

Patiënt ingespoten met moleculen waarin een niet stabiel radioactief gemaakt atoom voorkomt. Na tijd vervalt het atoom tot een stabiel atoom en produceert een positron. Positron en elektron botsen tegen elkaar en verdwijnen, en laten 2 fotonen achter.

**MRI-scan** (Magnetic Resonance Imaging) = scanning via magnetische resonantie.

De waterstofatomen in het lichaam gaan door het magneetveld, dat tienduizend keer zo sterk is als aardmagnetisch veld, als magneetjes gedragen.

Magneten richten naar magneetveld -> atomen bestookt met radiogolven -> nemen energie op -> tijdelijk van magneetveld af richten -> floepen weer terug -> zenden radiogolven uit -> vertellen waar watermoleculen zitten.

- Nauwkeuriger dan Pet-scan en geen radioactieve marker in lichaam nodig

- Net als bij CT-scan driedimensionaal beeld

**FMRI-scan** (functionele MRI) = gebieden waar meeste zuurstof gebruikt wordt zichtbaar

Actieve gebieden hebben sterke doorbloeding -> veel zuurstof nodig

- voordeel: relatief weinig ongemak voor patiënt

Leren op organismeniveau

Effectiviteit van het leren hangt af van de soort opdracht, de omstandigheden waaronder je leert en ook hoe je leert.

Leerprocessen:

**Gewenning**: afleren van gedrag, leert uit ervaring (niet meer schrikken van flits)

**Inprenting**: in gevoelige periode

**Inzicht**

**Imitatie**: (nabootsing) nadoen van gedrag

v.b.: lopen, zingen van vogels, nieuw geleerd gedrag bij apen (eten wassen)

**Trial and error**: (vallen en opstaan)

**Conditionering**: (straffen en/of belonen)

1. dresseren

2. klassieke conditionering = als een prikkel A (de bel) herhaaldelijk voorafgaat aan prikkel B (het voeren) dat een bepaalde reactie (speekselproductie) oplevert, dan zal op den duur prikkel A reeds die reactie opleveren, ook zonder prikkel B.

Geluid is na enkele herhalingen de geconditioneerde prikkel

3. operante conditionering= spontaan optredend gedrag belonen of straffen, zodat het vaker of minder vaak op gaat treden

**Impliciet leren**: onbewust leren (kleine hersenen belangrijke rol)

v.b.: als iets pijn doet doe je het niet meer, drinken verhelpt dorstgevoel

**Expliciet leren**: leren waar je moeite voor moet doen, vind plaats door straffen en belonen (grote hersenen)

**Inzicht**

Soorten geheugen

**Kortetermijngeheugen** en **langetermijngeheugen** verschillen in capaciteit.

Kort = capaciteit afhankelijk van de omstandigheden

Lang = grote moeilijk te schatten capaciteit, je hoeft geen ruimte te maken als je iets nieuws leert. Voordeel = voorkomen van te veel informatie

**Werkgeheugen** = informatie opslaan terwijl je aan het werk bent, soort kladblok, eerder verkregen info gebruiken en onnodige schrappen om plaats voor nieuwe te maken.

- opslagcapaciteit is klein; tussen 5 en 9 onderwerpen

- v.b.: praten met iemand, persoon botst tegen je aan, herinnert nog wat je aan het zeggen was

**Superwerkgeheugen** = uitgebreider werkgeheugen in een bepaald gebied door specialisatie ervan, langetermijngeheugen zit vol van voor hun specialiteit relevante kennis.

- v.b.: rekenwonders, musici, sporters, serveersters

Geheugen en emoties

Herinneringen aan angsten liggen in de **amygdala**.

Amygdala + hippocampus = limbisch systeem, belangrijk voor emoties

Voorvallen die stress of emoties veroorzaken -> productie van cortisol -> adrenaline -> nervus vagus -> amygdala -> hippocampus -> cortex

- aanhoudende stress remt het geheugen

Leren en hersenplasticiteit

De lichaamsdelen die je vaker gebruikt nemen ook meer hersenweefsel in beslag en zijn hierdoor beter in hun functie geworden. Het leren veroorzaakt onderscheiden van toonhoogte een toename van de activiteit in en de omvang van de auditieve cortex.

Hersennetwerken en onthouden

Elke herinnering is vastgelegd in een netwerk van neuronen. Alle hersenfuncties zijn in feite processen in hersennetwerken.

v.b.: een patroon in de amygdala veroorzaakt een gevoel van angst

v.b.: een patroon in de auditieve hersenschors veroorzaakt de ervaring van een bepaalde muziektoon

**Herinneringen** ontstaan als een netwerk steeds groter wordt.

Zo kan je een bepaald akkoord beter herinneren als je het vaker gehoord hebt.

**Pruning**: wegkappen van synapsen

Netwerken die niet onderhouden zijn, doordat de herinnering niet is opgeroepen verdwijnen ”**use it or lose it**”.

Verbindingen tussen zenuwcellen kunnen worden gekapt.

Vorming netwerken en verwijdering verbindingen  
Op cellulair niveau; in en tussen de neuronen

1. neurogenese (aanmaken nieuwe neuronen) en celdood

Aanmaak van nieuwe neuronen vindt onder andere plaats in de hippocampus. Deling wordt gestimuleerd door; beweging, cognitieve stimulatie, plannen, concentratie en het gebruik van geheugen.

Sterven van neuronen in het centrale zenuwstelsel kan door kunstmatige en natuurlijke veranderingen. Axon geen contact meer met postsynaptische cellen, door bijvoorbeeld geen productie van transmittervloeistof (-> geen impulsoverdracht).

2. synaptogenese (vorming nieuwe synapsen) en pruning

In uitdagende omgeving maken ratten nieuwe synapsen aan. Mensen kunnen dat ook.

Gevolgen: beter plannen, organiseren, seksdriften in toom houden, betere impulscontrole

3. verandering in de synapsen   
Van sterkte veranderen (**synaptische plasticiteit**)

NOG EVEN VERDER NAAR KIJKEN BLZ 101

4. vertakken van dendrieten

Dendrieten kunnen groeien en vertakken, ontstaan zo complexere structuren in de hersenen. Bij normale veroudering treed toename van complexiteit op (als reactie op verliezen van cellen)

5. myelinisering   
Impulssnelheid wordt over deze axonen dan wel tot 10 keer verhoogd. Gaat je hele levensjaar door met een piek rond je vijftigste.

Voordeel = toename van witte stof zorgt ervoor dat de verbindingen tussen verschillende delen van de hersenen beter en sneller worden. Beter informatie oproepen en in verband leggen.

Nadeel = de neuronen die eenmaal gemyeliniseerd zijn, kunnen minder makkelijk nieuwe verbindingen leggen.

Moleculaire processen in de zenuwcel, leren op celniveau

**LTP** (long term potentiation) = proces in de membraan van zenuwcellen dat kan verklaren waardoor een zenuwcel na veelvuldige prikkeling gevoeliger wordt. Verbindingen tussen zenuwcellen versterkt.

**Glutamaat** is de meest voorkomende neurotransmitter in de hersenen. Als glutamaat aan AMPA-receptoren bindt, stromen natriumionen naar binnen en wordt het ladingsverschil tussen binnen en buiten kleiner: EPSP

NMDA-receptoren normaal geblokkeerd door magnesiumionen -> postsynaptische membraan enigszins gedepolariseerd door natriuminstroom -> magnesium afgestoten -> NMDA-receptoren open -> natrium en calciumionen naar binnen -> calciumionen activeren via genen productie van eiwit in zenuwcel.

Synapsen door LTP sterker = verandering in structuur van het membraan zodat de synaps gevoeliger wordt voor herhaalde prikkeling van dezelfde soort. Hoe meer prikkeling hoe meer AMPA-receptoren, hoe sterker de gevoeligheid.

**LTP** (long term depression)

AMPA-receptoren verdwijnen uit postsynaptische membraan -> synaps verzwakt. In hippocampus versterken en verzwakken synapsen binnen minuten.

Leren spreiden is beter omdat dan de kans groter is dat LTP plaats vindt.