

Cellen van ons lichaam

Cellen, weefsels en organen

- **Cel** = Kleinste functionele eenheid van ons lichaam.
- **Organen** = Onderdelen v/h lichaam met specifieke functies, opgebouwd uit verschillende weefseltypes.
- **Weefsels** = Verzameling gelijkvormige cellen met gelijkaardige functie. Bestaan uit cellen, intercellulaire substantie en weefselvocht.

CEL	FUNCTIE
Pancreas cellen	Synthese en stapeling van eiwitten
Darmepitheelcel	Absorptie van voedingsstoffen
Macrofaag v/h afweersysteem	Fagocytose en intracellulaire afbraak
Epitheelcel in de nierbuisjes	Ionentransport
Spiervezel	Contractie
Neuron (CZS)	Prikkelgeleiding
Sensorische receptorcel	Signaaltransductie

Cellulaire differentiatie

- Cellulaire specialisatie wordt weerspiegeld in de morfologische, biochemische en functionele eigenschappen v/d cel.

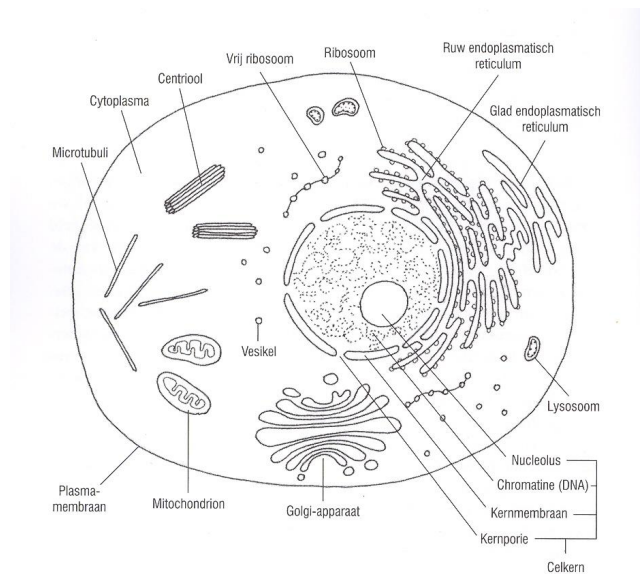
- **Cellulaire differentiatie:** Ongedifferentieerde, multifunctionele cellen ontwikkelen tot gespecialiseerde cellen. **1. Morfologische verschillen** -> Bij dwarsgestreepte spiercellen leidt dit tot langgerekte, spoelvormige morfologie. Epitheelcellen vertonen kubus- of balkvorm. **2. Biochemie** -> Spiervezels synthetiseren contractiele eiwitten. In epitheelcellen bevinden zich enzymen en eiwitten die instaan voor transport en metabolisme van bepaalde stoffen. **3 Functioneel** -> Meeste cellen hebben verschillende functies.

Delen v/d cel

- Celmembraan (barrière tussen binnen- en buitenkant v/d cel), celkern (nucleus), cytoplasma (tussen celmembraan en celkern), cytosol (waterige, gelatineuze materiaal in de cel), organellen (bestaat uit membranen of maakt deel uit van membraneuze structuren), golgi-apparaat (verpakking), ruw endoplasmatisch reticulum (synthese), glad endoplasmatisch reticulum, ribosoom, microtubuli, centriool, lysosoom.
- **Exocytose:** Gesynthetiseerde eiwitten die de cel verlaten.

Transport over het celmembraan

- **Celmembraan:** Elektrische isolator en ondoordringbare barrière voor wateroplosbare deeltjes.
- Transport tussen cellen via gap junctions: Eiwitmoleculen die een porie vormen om de cytoplasma's van naburige cellen te verbinden.
- **Gefaciliteerde diffusie:** Selectief transport door het gebruik van specifieke membraaneiwitten. Van hoge naar lage concentratie -> Vereist geen energie = **Passief transport** -> Door selectieve eiwitkanaaltjes (ringen van eiwitmoleculen) die een porie vormen om elektrisch geladen deeltjes (ionen) volgens hun concentratie- of ladingsgradiënt door de membraan te laten stromen. Ionenkanaaltjes zijn selectief voor ionengrootte en kunnen gated of ungated zijn. Ungated K^+ channels (continu doorlaatbaar voor kaliumionen) en gated Na^+ channels (laten enkel natriumionen door onder specifieke omstandigheden).

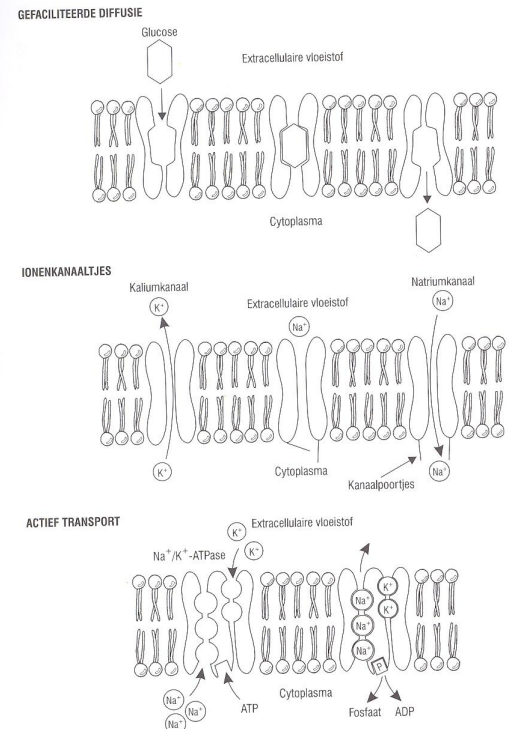
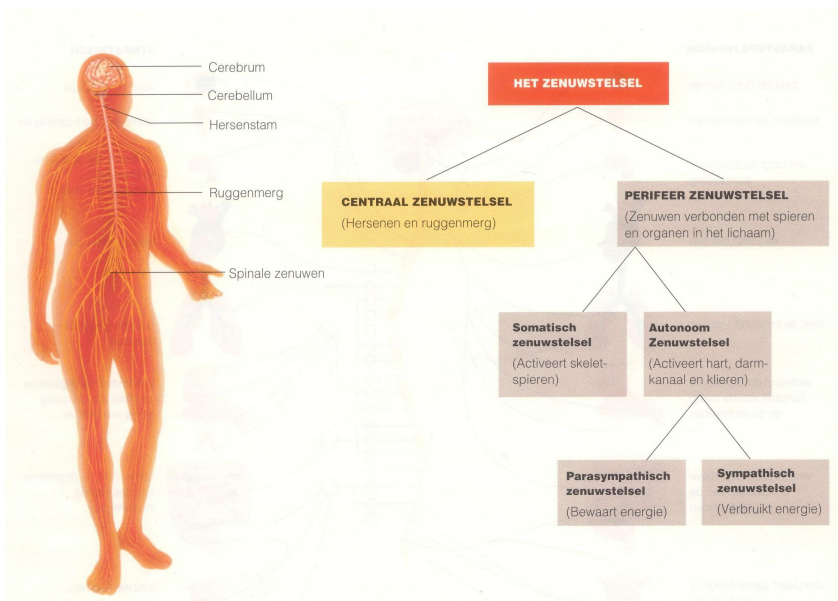


Figuur 1.2. Organellen in een hypothetische cel.

- **Actief transport** -> Transport tegen de concentratiegradiënt in. In membraan zitten verschillende energieverbruikende eiwitcomplexen die ionen, aminozuren of andere bestanddelen actief in of uit de cel transporteren. Regulatie van intracellulaire natrium- en kaliumconcentraties wordt door natrium/kalium-ATP-ase verzorgd. Het gebruikt ATP (adenosinetriphosfaat) om de ionen tegen hun gradiënt te transporteren. Voor elke verbruikte ATP-molecule pompt het complex 3 natriumionen naar buiten en 2 kaliumionen naar binnen.

Bouw v/h ZS

Onderdelen v/h zenuwstelsel

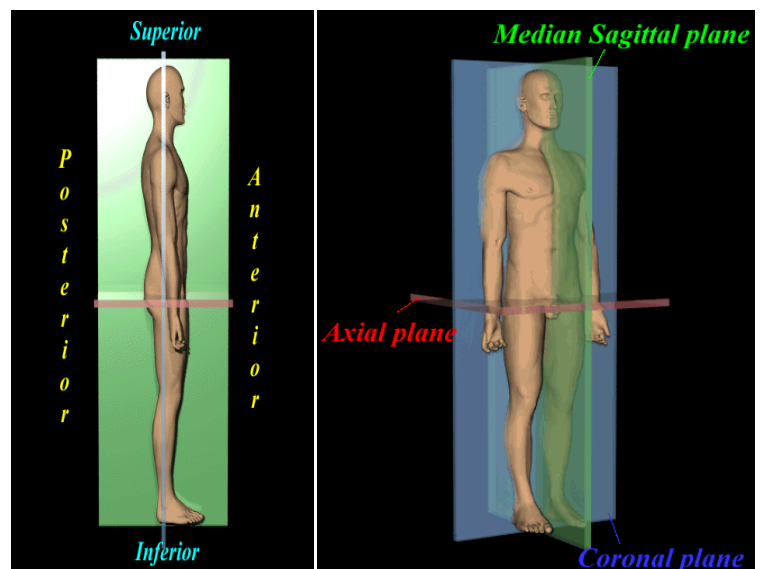


Figuur 1.6. Verschillende manieren van membraantransport.

- **Centraal zenuwstelsel:** Hersenen en ruggenmerg. Externe en interne informatieverwerking.
- **Perifeer zenuwstelsel:** Levert info van zintuigen naar CZS (sensorisch) en van CZS naar spieren of klieren (motorisch). **1. Autonoom** -> Neurale verbindingen naar spieren en klieren v/d inwendige organen. **2. Somatisch** -> Efferente (dalende) en afferente zenuwvezels (stijgende).

Anatomische posities

- **Rostraal:** In de richting v/d neus.
- **Caudaal:** In de richting v/d voeten.
- **Ventraal of anterior:** Aan de voorzijde v/h lichaam.
- **Dorsaal of posterieur:** Aan de achterkant v/h lichaam.
- **Lateraal:** Zijkant v/h lichaam.
- **Coronale vlak:** Verticale vlak dat loopt v/h ene tot het andere oor.
- **Horizontale doorsnede v/h brein:** Van oor tot oor, maar loodrecht op het coronale vlak.
- **Sagittale doorsnede:** Verticaal vlak dat de hersenen van voren naar achteren doorsnijdt.



Centraal zenuwstelsel

- **Grote delen in de hersenen:** Telencephalon (voorhersenen), diencephalon (tussenhersenen), hersenstam (mesencephalon, pons en medulla oblongata), cerebellum (kleine hersenen).

Hersenvliezen, hersenventrikels en cerebrospinaal vocht

- **3 bindweefselmembranen (hersenvliezen):** Omgeven de hersenen en zette zich voort als omhulling v/h ruggenmerg (ruggenmergvliezen). **1. Dura mater** -> Buitenste harde laag. Is vergroeid met beenvlies aan de binnenzijde v/d schedel. **2. Arachnoidea of spinnenwebvlies** -> Middelste vlies. Rijk aan bloedvaten, dun membraan en fijne netvormige weefselbalkjes die het membraan verbinden met de dura en pia mater. Het overbrugt de grote en kleine groeven v/d hersenoppervlakken. **3. Subdurale ruimte** -> Tussen dura mater en arachnoidea. **4. Pia mater** -> Zachte hersenvlies. Dun en bloedvatenrijk, ligt direct tegen de hersenmassa waardoor het in alle groeven v/h hersenoppervlak meeloopt. **5. Subarachnoïdale ruimte** -> Tussen arachnoidea en pia mater.
- **Laterale ventrikels:** Grote holtes die in verbinding staan met het 3^e ventrikel in de tussenhersenen. Het 3^e ventrikel staat in verbinding met het 4^e ventrikel in de hersenstam via een smal kanaal (aquaduct van Sylvius) dat door het mesencephalon loopt.
- **Plexus choroideus:** Bloedvatenrijk, geplooid membraan dat in de ventrikels uitstulpt en zorgt voor de vorming van cerebrospinaal vocht. De liquor houdt de druk rond de hersenen op peil. Fungeert als schokdemper en zorgt voor uitwisseling van voedingsbestanddelen en afvalstoffen met de hersenen. Wordt daarna door de bloedvaten geabsorbeerd.
- Hersenventrikels vormen met de schedelholtes en de holtes in het wervelkanaal een doorlopend liquorsysteem. De vloeistof wordt verschillende keren per dag hernieuwd.
- **Hydrocefalie** = Verstoring in de afvoer v/h cerebrospinaal vocht, waardoor het vocht zich blijft ophopen.
- **Dementie (Alzheimer)**= Vergroting v/d ventrikels, atrofie v/d hersenweefsels (afsterven).

Telencephalon

- Bestaat uit 2 hersenhemisferen verbonden via het corpus callosum en gescheiden door de fissura longitudinalis cerebri. De buitenkant wordt gevormd door het geplooid oppervlak v/d cerebrale cortex met daaronder de witte stof v/d zenuwvezels.
- **Cerebrale cortex** = Grijze stof die veel bloedvaten en cellen van cerebrale zenuwcellen bevat en bestaat uit 6 verschillende lagen van neuronale weefsel.
- Corticale oppervlak bevat vele groeven (sulci) of diepe groeven (fissuren) en windingen (gyri).
- **Gyrus cinguli:** Grote winding rond het corpus callosum. Witte stof -> Vlak onder de hersenschors en bestaat uit de uitlopers van neuronen (axonen) die informatie van en naar de cortex transporteren en die georganiseerd zijn in vezelbanen.
- **Associatie vezels:** Verbinden verschillende delen v/d cortex binnen dezelfde hemisfeer.
- **Commissurale vezels:** Verbinden de 2 hemisferen. De grootste is het corpus callosum.
- **Projectievezels:** Verbindingen tussen de hersenstam en de cortex.
- **4 grote hersenkwabben of lobben:** **1. Frontale kwab** -> Spraak, redeneren, emoties en controle van bewegingen. **Prefrontale cortex** -> Reciproque verbindingen met de thalamus en het limbisch systeem en speelt een rol in bepaalde hogere geheugen- en denkprocessen, emotioneel gedrag, motivatie en de keuze en planning van gedragingen in functie v/d omgevingscontext (executieve functies). **2. Parietale kwabben** -> Ontvangen en interpreteren van gewaarwordingen en integreert sensorische input v/d somatische en sensorische regio's. **3. Occipitale kwabben** -> Ontvangen en verwerken visuele input. **4. Temporale kwabben** -> Begrijpen van gesproken taal, gehoor en geheugen.

- **Basale ganglia:** Diepgelegen kernen van grijze stof. Cognitieve functies, initiatie en controle van bewegingen en lichaamshouding. Controlesysteem in samenwerking met structuren in de hersenstam en de motorische cortex, frontale lobben en het cerebellum.
- **Limbisch systeem:** Hippocampus (Inprenting van nieuwe informatie en het vormen van herinneringen) en amygdala (sociaal gedrag en de controle, uitdrukking en interpretatie van emotionele reacties). Ring van corticaal weefsel op de grens tussen de neocortex en het diencephalon. Speelt rol bij geheugen en emotionele expressie.

Diencephalon

- **Thalamus:** Belangrijke schakelkern in de selectie van informatie en het doorzenden van informatie naar de hoger gelegen hersengebieden. Ontvangt zenuwbanen v/d somatosensorische en motorische systemen in hersenen en ruggenmerg. Functie in de overdracht en verwerking van sensorische informatie naar de respectieve hersengebieden en speelt een rol in de bewuste gewaarwording van deze sensorische informatie en het richten v/d aandacht.
- **Hypothalamus:** Bevat onderling sterk verbonden kernen. Afferente en efferente verbindingen met de verschillende onderdelen v/h CZS. Regeling van gedragingen en autonome functies die verband houden met homeostase en voortplanting. Rol als motivationeel systeem waarbij gedragingen die als belonend worden ervaren, geïnitieerd en bestendigd worden.

Hersenstam

- **Mesencephalon:** Kleinste deel, bevat substantia nigra. Neuronen vormen belangrijke verbindingen met verschillende motorische hersensystemen en zijn deel v/h extrapiramidale systeem (motorische bewegingen). Ventraal 2 grote vezelbundels die sensorische informatie naar de hersenen toe en motorische info v/d hersenen weg leiden. Delen v/h auditief en visueel systeem, motoriek wordt er gekoppeld aan visuele en auditieve info.
- **Pons:** Witte stof, is gescheiden v/d medulla oblongata door een groeve. Ventrale deel stuurt waarnemingsinformatie v/d cerebrale cortex naar het cerebellum. Dorsale deel is betrokken bij regulatie van ademhaling, smaak en slaap.
- **Medulla oblongata:** Bevat stijgende en dalende banen die ruggenmerg en hersenen verbinden en de verticale uitwisseling van informatie verzorgen. Bevat kernen die instaan voor de regulatie van bepaalde vitale functies.

Cerebellum

- Bevat grootste aantal neuronen van alle hersendelen. Bevat dikke laag grijze stof (cellichaam) rondom een centrale massa van witte stof (axonen of zenuwvezels).
- **Functie:** Motorische coördinatie, krijgt somatosensorische input vanuit ruggenmerg, motorische info vanuit cortex en informatie over het lichaamsevenwicht uit het evenwichtsorgaan (in binnenoor). Bepaalde delen voor in stand houden lichaamsevenwicht, andere om contractiele spiergroepen te coördineren bij houdingsverandering. Belangrijke rol in aduquaat uitvoeren van aangeleerde bewegingen. Het zorgt ervoor dat alle bewegingen gecontroleerd en gecoördineerd verlopen.
- Soort integratiecentrum voor informatie van motoriek, evenwicht en tast- en diepe gevoeligheid.

Perifeer zenuwstelsel

- **Somatische ZS:** Sensoriële neuronen die de huid, de dwarsgestreepte spieren en de gewrichten bezenuwen. Zo krijgt CZS informatie over de stand van spieren en ledematen, over de perceptie van temperatuur en pijn en over druk en aanraking aan het lichaamsoppervlak. Het ontlokt willekeurige reacties aan de dwarsgestreepte skeletspieren en staat zo in voor lichaamsbewegingen.
- **Autonom of vegetatief ZS:** Bezenuwt de exocriene klieren, ingewanden en gladde spieren. Zelfcontrolerend en reacties gebeuren onwillekeurig, zonder onze bewuste controle. Gericht op

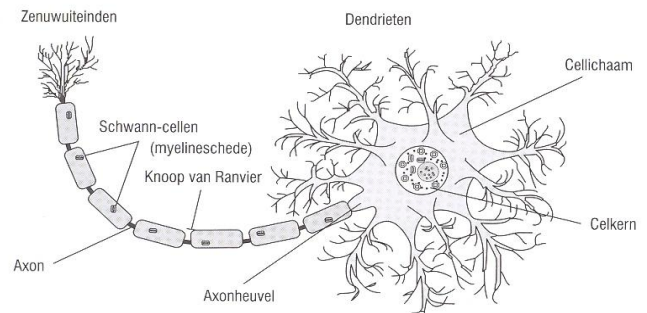
het bewaren van evenwicht of homeostase binnen het interne lichaamsmilieu dmv onvrijwillige en onbewuste reacties. Bestaat uit: **1. Sympathisch deel** -> Reguleert stressreacties v/h lichaam en bereidt ze voor op actie (fight or flight), hartslag en ademhalingsfrequentie verhogen en spijsverteringssysteem wordt onderdrukt. **2. Parasympathisch deel** -> Lichaam tot rust en opbouw aanzetten en inwendige evenwicht bewaren of herstellen (rest and digest), hartritme en ademfrequentie vertragen en spijsverteringsfuncties bevorderen.

- **Enterische ZS:** Neuraal netwerk in de wanden v/d ingewanden waardoor er onafhankelijk v/h CZS snercontracties tot stand komen.

Cellen v/h ZS

Zenuwcellen en steuncellen

- **Zenuwcellen of neuronen:** Morfologische en functionele eenheden v/h ZS. Exciteerbare cellen in staat informatie te verwerken, door te sturen en op te slaan. Elektrische impulsen voortgeleiden en beschikken over vermogen om chemische substanties af te scheiden die de activiteit van andere neuronen beïnvloeden. Opvangen en doorsturen van informatie naar de hersenen, het ordenen en interpreteren van al de binnenkomende informatie en het voorbereiden/uitsturen van instructies naar de organen in de periferie.
- **Steuncellen of gliacellen:** Geen rechtstreekse functie bij informatieverwerking, wel bij het vervoer van voedingsstoffen naar en de bescherming van neuronen. Helpen de neuronen op verschillende manieren bij de uitoefening van hun informatieverwerkende taak.
- **4 onderdelen v/e neuron:** **1. Cellichaam of soma** -> Metabolische centrum v/d cel. Bevat celkern (opslag genetische informatie), organellen (uitvoeren van metabole functies en proteïnesynthese) en intracellulaire structuren (*Nissl-substantie*: In cytoplasma en dendrieten, bestaat uit losse korreltjes en aggregaten van afgeplatte buisjes en blaasjes bedekt met korreltjes. Indicatie v/d intense synthetische activiteit. *Neurofibrillen*: Fijne vezels die door cellichaam en axonen lopen, staan in voor intracellulair transport. *Mitochondriën*). **2. Dendrieten** -> Boomvormige vertakte uitlopers die prikkels van andere zenuwen ontvangen en naar het cellichaam leiden (afferente functie). **3. Axon** -> Uitloper v/h cellichaam die prikkels vanuit het cellichaam naar andere neuronen leidt (efferente functie). Elektrische signalen geleiden over 0.1mm tot 3m met snelheid 100m/s. Deze actiepotentialen worden geïnitieerd aan het begin v/h axon (=axonheuvel). Hersenen ontvangen, analyseren en geleiden info obv actiepotentialen. *Myelineschede* rond axonen om snelheid te verhogen, die worden onderbroken door *Knopen van Ranvier* (hier wordt actiepotentiaal geregenereerd). Zijtakken op het axon = *Collateralen*. Eindigen op eindvertakkingen = *Telodendron*. Elke tak heeft een kleine verdikking = *Eindknopje of telebouton*. Contactpunt met volgende cel = *Synaps*. **4. Presynaptische zenuwuiteinden of eindknoppen** -> Fijne vertakkingen v/d axonen. Zorgen voor communicatie tussen neuronen.
- **Informatie stroom:** Dendrieten -> cellichaam -> axonheuvel -> axon -> synaps



Figuur 3.1. Hypothetische zenuwcel.

Energieverbruik in de zenuwcel

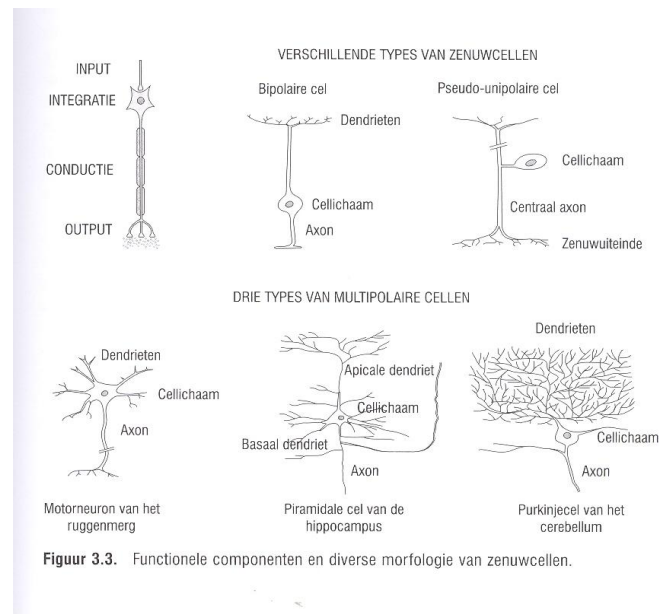
- **Aanwezigheid mitochondriën** = Intense stofwisselingsactiviteit.
- Ze zorgen voor productie ATP (=energiebron voor processen die zich afspelen in de zenuwcel). Onderbreking in de toevoer van zuurstof en voedingsstoffen heeft nadelige gevolgen voor de cellen.
- Energie komt vrij door de enzymatische afsplitsing van fosfaatgroepen v/d ATP-molecule (ATP-hydrolyse). Zenuwcellen verbruiken >50% v/d energetische fosfaten voor de werking v/d

Na^+/K^+ pomp om de rustpotential v/h celmembraan en de fysiologische ionaire samenstelling v/h cytoplasma in stand te houden en te herstellen.

- 10% aan standaard cellulaire processen, 30-40% aan axonaal transport, Ca^{2+} transport, metabotrope receptorwerking, fosforylatiereacties en vesikelrecyclage.

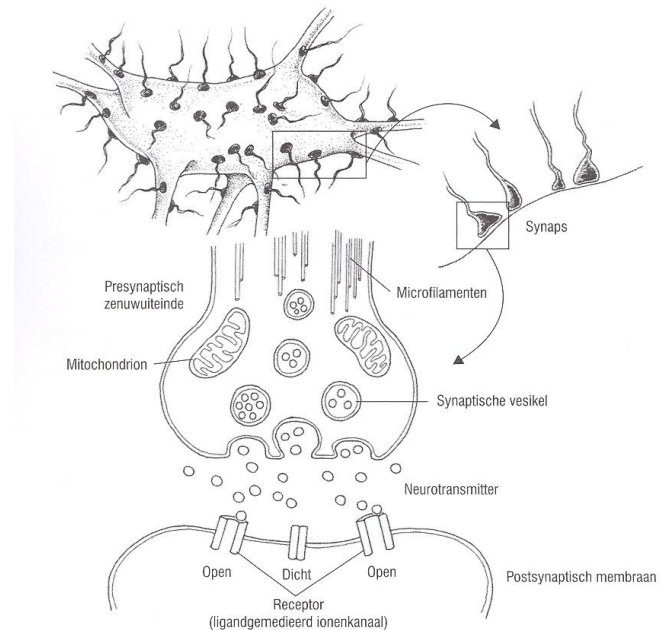
Diverse morfologie en functie

- **4 functionele componenten:** 1. *Inputzone* -> Informatie komt binnen. 2. *Integratiezone* -> Thv axonheuvel wordt binnenkomende informatie verwerkt. 3. *Conductiezone of signaalcomponent* -> Geleiding v/d impulsen doorheen het neuron aar de uiteinden v/h axon toe. 4. *Outputzone* -> Informatie wordt omgezet in chemisch signaal (neurotransmitter).
- De 1^e 3 componenten zijn elektrisch van aard, de 4^e is chemisch.
- **4 categorieën obv vorm:** 1. *Unipolaire neuronen* -> Eenvoudigste, niet vaak bij hogere organismen. 1 uitloper met verschillende vertakkingen. 2. *Multipolaire neuronen* -> Meest voorkomend. 1 axon en 1 dendriet die op verschillende plaatsen uit het cellichaam ontspringen. Afhankelijk v/d plaats waar ze voorkomen verschillen ze qua vorm en lengte v/h axon en aantal en lengte van dendrieten. 3. *Bipolaire neuronen* -> Meestal sensorische neuronen. Cellichaam met 2 uitlopers, een axon dat info naar het CZS vervoert en een dendriet dat info uit de periferie ontvangt. 4. *Pseudo-unipolaire neuronen* -> 1 enkele uitloper die dicht bij het cellichaam splitst in 2 takken waarvan 1 uit de periferie komt en de andere naar het CZS projecteert. Impulsen worden over de uitloper geleid zonder dat ze het cellichaam moeten passeren.
- **3 categorieën obv functie:** 1. *Sensorische neuronen of receptorcellen* -> Ontvangen zintuiglijke informatie en vervoeren ompulsen vanuit de periferie naar het CZS om perceptie en motorische coördinatie mogelijk te maken. 2. *Motorneuronen of effectorcellen* -> Hebben lange axonen waarmee ze zenuwimpulsen vanuit het CZS naar de spieren of organen geleiden. 3. *Interneuronen* -> Zenuwcellen die niet specifiek sensorisch of motorisch zijn (meest talrijk). Ze ontvangen en verwerken informatie en sturen de impulsen door naar andere neuronen. Projectie interneuronen met lange axonen die signalen vervoeren over lange afstand en Lokale interneuronen die informatie verwerken binnen een lokaal circuit.



Synapsen

- Elektrische informatieoverdracht of transmissie tussen neuronen.
- Bestaan uit gap-junction kanaaltjes die cytoplasmatische bruggetjes maken tussen verschillende zenuwcellen.
- Chemische synapsen zorgen voor discontinue signaaloverdracht over de synaps. Zorgen voor belangrijke functionele contacten tussen neuronen en omvatten functioneel en morfologisch het presynaptisch membraan, synapsspleet en postsynaptische membraan. Het neuron dat het signaal doorgeeft is de presynaptische cel, het neuron dat het signaal ontvangt is de postsynaptische cel. Fysiologische barrière = *Synaptische spleet*.
- Synapsen worden onderscheiden obv het soort van contact (axo-dendritische, axo-somatische en axo-axonale synapsen).
- **Chemische synaps:** Eenheid waar de synaptische transmissie van signalen tussen neuronen plaatsvindt dmv neurotransmitters die door de zenuwuiteinden worden vrijgegeven. Deze zenuwuiteinden bevatten mitochondriën, cytoskelet en korrelachtige structuren (= *Vesikels*. Membraanblaasjes waarin neurotransmitters verpakt zitten). Onderscheid tussen *grote dense-cored vesicles* en *kleine synaptische vesikels*.
- Vrijgestelde neurotransmitters beïnvloeden de zenuwcel door hun binding aan receptoren die in het pre- of postsynaptische membraan voorkomen.



Figuur 3.4. De chemische synaps.

Gliacellen

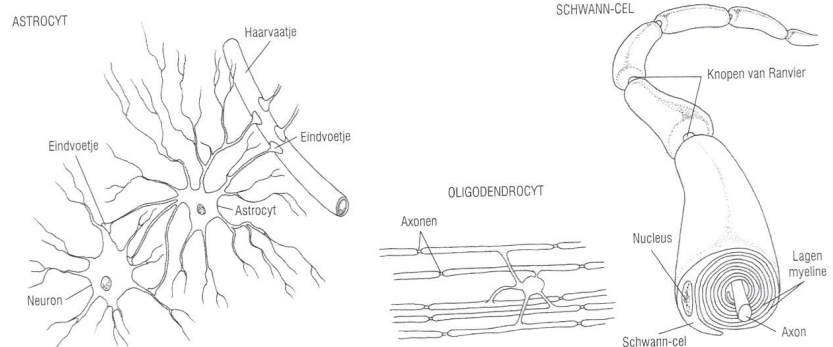
- = Steuncellen of lijmcellen.
- **Functie:** Stevigheid v/h zenuwweefsel. Geen echte rol n de informatieverwerking. Wegvoeren van schadelijke stoffen.

- **Astrocyten of astrogliacellen:** Grootste en meest talrijke.

Onregelmatige, stervormige cellichaam

met veel uitlopers en zijn algemeen verspreid doorheen hersenen en ruggenmerg. Structurele ondersteuning aan neuronen en helpen bij het herstellen van hersenweefsel na beschadiging (littekenvorming). Ook nutritieve rol. Vormen gesloten kring rond de bloedvaten in de hersenen en spelen zo de rol van hersen-bloedbarrière.

- **Oligodendrocyten of oliodendroglia:** Kleine cellen met weinig uitlopers vooral in de grijze of witte stof v/h CZS. Staan in voor omhulling van axonen met myeline (myelinschede).
- **Schwann-cellen:** Gliacellen met eigenschappen gelijk aan die van oligodendrocyten, maar staan in voor de myelinisatie van axonen in het perifeer zenuwstelsel.
- **Microglia of microglia:** Kleine cellen met langgerekt cellichaam en doornige uitlopers, vooral in grijze en witte stof v/h CZS. Transport van afval- en afbraakstoffen tussen zenuwweefsel en bloedvaten en verwijderen van dood weefsel.

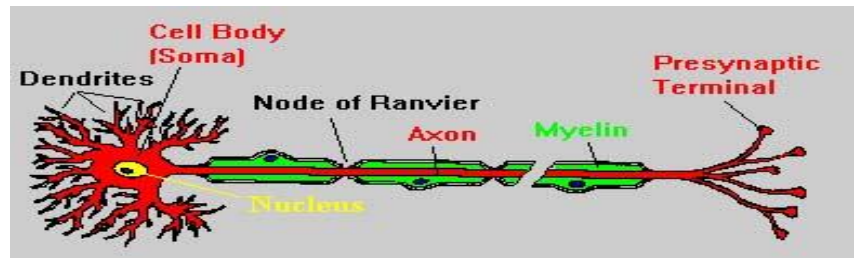


Figuur 3.6. Drie soorten macrogliale steuncellen in het zenuwstelsel.

- **Ependymale cellen:** Begrenzende cellaag v/d hersenen en staan in voor de aanmaak van cerebrospinaal vocht.

Myelinisatie

- Bestaat uit compacte lagen v/e lipide-proteïnecomplex (myeline), gevormd door oligodendrocyten in het CZS en door Schwann-cellen in het perifeer ZS.
- Myelineschede ontstaat doordat axon geïnvagineerd wordt door een gliacel.
- In CZS zal een enkele gliacel zo verschillende axonen v/e myelineschede voorzien.
- **Knopen van Ranvier:** Onderbrekingen in myelineschede die belangrijke rol spelen bij de zenuwgeleiding.
- Ook ongemyleiniseerde vezels v/h PZS worden door Schwann-cellen omgeven, maar er worden meerdere axonen geïnvagineerd door 1 Schwann-cel en er heeft geen rotatie of opstapeling van lipiden plaats.
- Meestal heeft elk axon een eigen mesaxon, maar soms is er 1 mesaxon voor verschillende axonen.
- **Functie:** Snelheid van informatietransmissie.
- **Stoornissen:** MS = Aftakeling myeline. Alzheimerdementie.



Elektrisch geladen celmembranen

Meten van membraanpotentialen en –stromen

- **Exciteerbare cellen** = zenuwcellen, spiercellen en andere cellen die prikkels kunnen ontvangen en vervoeren
- Er spelen zich elektrische fenomenen af in die cellen die het gevolg zijn van het stromen van geladen deeltjes (wateroplosbare ionen, omwille van onze waterige omgeving) over en door de celmembranen.
- Door gespecialiseerd apparaat kunnen we de potentialen ten gevolge van simultane activiteit in groepen van zenuwcellen (veldpotentialen) of van een enkele zenuwcel (membraanpotentialen) meten. Zelfs de stromen kunnen we meten die het gevolg zijn van de activiteit ter hoogte van een of enkele ionenkanaaltjes die poriën vormen in het celmembraan waardoor ionen kunnen stromen.
- **Patch-clamp-techniek:** Stroom meten die bij gegeven potentiaalverschil loopt doorheen een ionenkanaal dmv glazen micropipet gevuld met zoutoplossing (vergelijkbare concentratie als de extracellulaire vloeistof), daardoor wordt een klein stukje celmembraan aangezogen. De zoutoplossing staat in contact met een metalen elektrode. Deze elektrode verbindt de pipet met versterkers en meters die de stroom registreren die loopt doorheen de ionenkanalen (bevinden zich nu in pipet). **Resultaat:** Ionenkanaal is ofwel volledig open ofwel volledig gesloten. Doorlaatbaarheid van ionenkanalen is dus een alles-of-nietsmechanisme
- **Elektrisch potentiaal** = de conditie ter hoogte van een punt in een geladen veld, dat toelaat dat geladen deeltjes arbeid leveren. Hier: potentiële energie die relatief is ten opzichte van een ander elektrisch potentiaal -> potentiaalimeters dus ook enkel meten het potentiaalverschil tussen twee verschillende punten.
- **Potentiaalverschil** = spanning tussen twee punten _ geeft mogelijkheid om geladen deeltjes hiertussen te laten stromen.
- Verband tussen spanning, stroomsterkte en weerstand _ wet van Ohm ($V = I \cdot R$). Volgens deze wet is er lineair verband tussen: Stroom van ionen doorheen ionenkanaal (gedraagt zich als weerstand of doorlaatbaarheid $\propto 1/R$) en potentiaalverschil tussen intracellulaire en extracellulaire vloeistof

- **Indien niet lineair verloop:** Ionenkanaal verloopt rectifier (=Ionenstroom loopt in 1 ionenkanaal in 2 verschillende richtingen).

Actieve en passieve potentiaalveranderingen

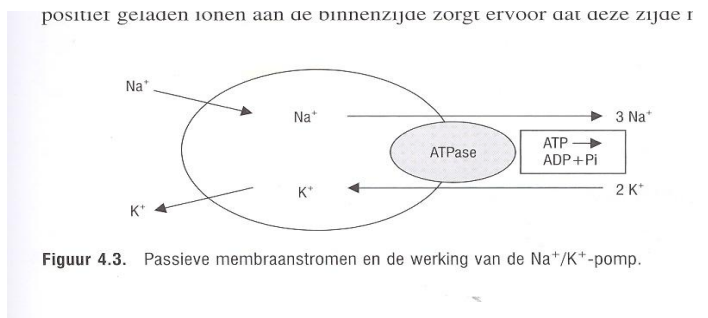
- **Om in leven te blijven:** Elke cel moet ongelijke verdeling, die zorgt voor een potentiaalverschil, van elektrisch geladen deeltjes over haar membraan onderhouden
- Enkel exciteerbare cellen maken gebruik van potentialen om signalen door te geven. Het uiteindelijke signaal doorgegeven, is het resultaat van de exciterende en inhiberende impulsen die op een zenuwcel aankomen.
- Potentiaalveranderingen worden veroorzaakt door ionenstromen die de polariteit van het celmembraan beïnvloeden.
- **Afhankelijk van het depolariserende of hyperpolariserende effect op de heersende membraanpotentiaal:** 1. *Exciterende postsynaptische potentialen* -> Exciterende contacten veroorzaken depolarisatie. Vergroot de kans op het optreden van een actiepotentiaal. 2. *Inhiberende postsynaptische potentialen* -> Inhiberende contacten veroorzaken hyperpolarisatie. Verkleint de kans op het optreden van een actiepotentiaal.
- Lokale passieve signalen zijn meestal relatief zwak, nemen af met de afstand tot de oorsprong van verandering en de grootte van potentiaalverandering is afhankelijk van de sterkte van de ionenstromen.
- **Onderscheid in potentialen:** 1. *Receptorpotentialen* -> Doen zich voor ter hoogte van de zintuigcellen in het lichaam. 2. *Synaptische potentialen* -> Doen zich voor ter hoogte van de contactplaats tussen neuronen, worden veroorzaakt doordat chemische stoffen (vrijgesteld thv synapsen) de doorlaatbaarheid van het membraan beïnvloeden.
- **Soorten synapsen:** 1. *Axo-somatische* 2. *Axo-axonale* 3. *Axo-dendritische*
- **Actiepotentiaal of actieve signalen** = Kort, krachtig, enkel depolariserend effect, niet gradueel (alles of niets), zodra drempel overschreden op actiepotentiaal op te wekken, zal deze er ook komen.

Rustmembraanpotentiaal

- **Celmembraan scheidt twee soorten vloeistof:** 1. *Intracellulaire:* Vloeistof aan de binnenkant (cytoplasma). 2. *Extracellulaire:* vloeistof aan de buitenkant.
- **Bij beiden:** concentratieverschil in de positieve en negatieve ionen die opgelost zijn in deze vloeistoffen -> Elektrisch potentiaalverschil (wordt gemeten aan de hand van micro-elektroden die uitlopen in kleine microscopisch glazen pipetpunten, die eventueel zelfs in de cel geprikt kunnen worden)
- **Rustpotentiaal:** Ongeveer – 65 tot -70 mV. Membraanpotentiaal waarbij de in- en uitstroom van ionen door het celmembraan zodanig in evenwicht is dat het spanningsverschil stabiel is. Spanning wordt veroorzaakt door relatieve verschillen in ionenconcentraties aan weerszijden v/h celmembraan. Meer positieve in als buiten de zenuwcel _ binnenzijde negatief geladen tov buitenzijde. Ionen die rol spelen bij het ontstaan van potentiaalverschil: 1. *Positieve:* Natrium en kalium. 2. *Negatieve:* Organische anionen (voornamelijk eiwitten die geladen zijn in fysiologische oplossingen).
- **Ionen: Onderhevig aan twee krachten waardoor ze doorheen celmembraan kunnen bewegen:** 1. *Chemische driving force* -> Als gevolg van concentratiegradiënt. Ionen bewegen van plaats met hoge naar lagere concentratie (om zich homogeen over oplossing te verspreiden). 2. *Elektrische driving force* -> Als gevolg van potentiaalgradiënt. Positieve en negatieve ladingen trekken elkaar aan. **Evenwichtspotentiaal of Nernstpotentiaal:** Membraanpotentiaal waarbij er voor een bepaalde concentratie van ionen geen beweging over het membraan is -> chemische en elektrische driving forces zijn in evenwicht.

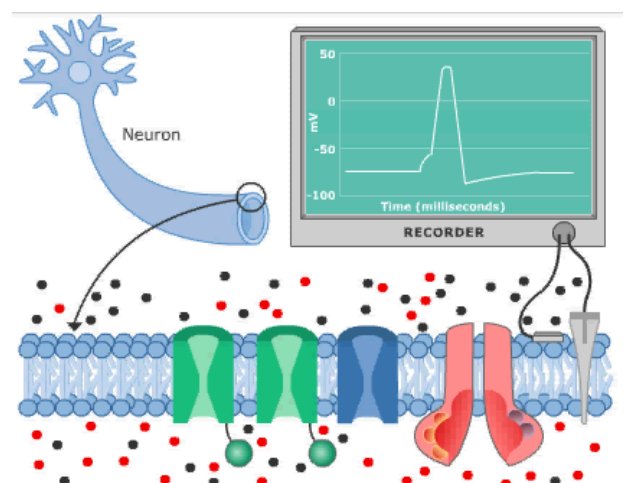
Passieve membraanstromen

- **Celmembraan** = Semipermeabel. Niet alle moleculen van de intra- en extracellulaire oplossingen zich vrij over het celmembraan vermengen (diffunderen)
- **Rusttoestand afhankelijk van:**
 1. Passieve diffusie van K^+ -ionen doorheen ionenkanalen.
 2. Na^+ -ionen spelen ook een grote rol bij het bepalen en in stand houden.
 3. Cl^- -ionen
- Cl^- -kanalen zijn open in rusttoestand v/d cel G deze ionen kunnen vrij naar binnen en buiten.
- Evenwichtspotentiaal van chloor is bijna gelijk aan de rustmembraanpotentiaal, treedt er bijna geen nettoverplaatsing op.
- **In rusttoestand:** celmembraan doorlaatbaar voor K^+ -ionen en in veel mindere mate voor Na^+ -ionen
- **Doorlaatbaar voor K^+ :** Hogere K^+ -concentratie binnen als buiten de cel. K^+ -ionen via ionenkanalen naar extracellulaire kant van het membraan. Verlies aan positief geladen ionen aan binnenzijde. Binnenzijde wordt negatiever tov extracellulaire zijde en in binnenzijde veel hogere concentratie aan negatief geladen organische anionen (die te groot zijn om doorheen poriën zich te vermengen). Potentiaalverschil over celmembraan (binnenzijde van het membraan negatiever geladen dan buitenzijde). K^+ zal hierdoor aangetrokken worden tot de negatieve binnenzijde en werken voor K^+ de concentratiegradiënt en potentiaalgradiënt in tegengestelde richting. Uiteindelijk zal evenwichtstoestand ontstaan waarbij uitwaartse driving force van K^+ gelijk is aan de inwaartse stroom (treedt op bij evenwichtspotentiaal voor K^+)
- **Rol van Na^+ :** Er zijn veel meer Na^+ buiten als binnen en bovendien zijn deze ionen positief geladen terwijl het rustpotentiaal binnen de cel negatief is. Zowel de concentratiegradiënt als de potentiaalgradiënt zorgt er dus voor dat Na^+ -ionen naar de binnenzijde van de cel bewegen wanneer het membraan doorlaatbaar is voor deze ionen (doorlaatbaarheid slechts beperkt). Deze kleine influx van natrium zou na verloop van de tijd het rustpotentiaal opheffen indien de natrium-kaliumpomp dit niet zou verhinderen. Heeft een ATPase-werking _ fosfaat ATP wordt gehydrolyseerd om de nodige arbeid te leren -> energie nodig om de initiële concentratiegradiënten in stand te houden tijdens de activiteit v/h neuron.

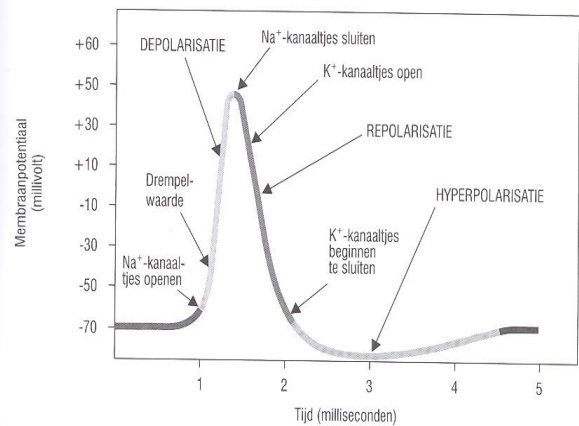


Actiepotentiaal

- **Stimuli:** Likt reactie uit van celmembraan: Doorlaatbaarheid ionen wijzigen, elektrische polariteit v/h membraan wijzigen, potentiaalverschil tussen intra- en extracellulaire vloeistof wordt groter of kleiner:
 1. **Kleiner:** depolarisatie: wanneer influx van natriumionen stijgt _ binnenzijde positiever geladen wordt dan buitenzijde.
 2. **Groter:** hyperpolarisatie: wanneer eflux van kaliumionen stijgt of door een influx van chloorionen.



- **Receptor- of synaptisch potentiaal:** Cel gaat depolariseren, rustpotentialaal stijgt van -70 mV tot -50 mV: Spanningsgevoelige natriumkanalen zullen openen. Veroorzaakt: Stijging permeabiliteit van celmembraan voor natriumionen en een actiepotentiala. Voor Na^+ zijn de concentratiegradiënt en potentiaalgradiënt naar binnen. Ionen zullen massaal instromen wanneer de kanaaltjes openen. Verdere depolarisatie van het celmembraan. Hierdoor depolarisatie van cel met een overschoot: membraanpotentiala overslaan van negatief naar positief ($+40$ mV). Overgang naar repolarisatie door twee processen: **1.** Inactiveren van natriumkanalen snel na opening (als gevolg van gating van het kanaal). **2.** Spanningsgevoelige kaliumkanalen openen als gevolg van membraan depolarisatie. Kaliumdoorlatbaarheid neemt toe. Kaliumionen stromen buiten volgens de heersende concentratie- en potentiaalgradiënt. Hyperpolarisatie. Voor membraan tijdelijk onmogelijk om een nieuw actiepotentiala te vertonen = absolute refractaire periode. Relatieve refractaire periode = actiepotentiala kan wel optreden, maar intensiteit van signaal moet groter zijn om de excitatiedrempel te kunnen overschrijden. Tenslotte keert de zenuwcel terug naar de rustpotentiala dankzij werking van Natrium-Kalium-pomp.



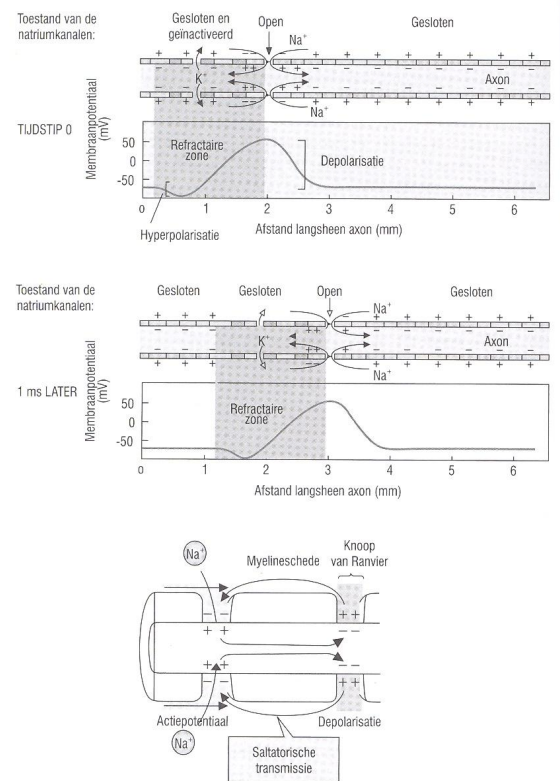
Figuur 4.4. De actiepotentiala van een zenuwcel.

Membraangeleiding v/d actiepotentiala

- Actiepotentialen kunnen slechts voortgeleid worden langs het membraan wanneer elk stukje membraan waarlangs het signaal passeert, zelf een actiepotentiala vertoont. Actiepotentialen zo soms over lange afstanden voortgeleid over het membraan v/d zenuwuitlopers.
- **Actiepotentialen:** Worden opgewekt thv de axonheuvel en lopen daar naar de eindvoetjes van het axon. Influx van positief geladen natriumionen ter hoogte van actiepotentiala zorgt voor depolarisatie. **Ladingsverschuivingen treden op door:** **1. Positieve ladingen** worden aangetrokken door negatieve binnenzijde van het naburige membraan. **2. Negatieve ladingen** aan de binnenzijde van het membraan in rust worden aangetrokken door positieve binnenzijde v/h gedepolariseerde membraan. Door ladingsverschuivingen zullen naburige stukjes membraan depolariseren en de drempelwaarde voor het opwekken van een actiepotentiala bereiken. Zo wordt er iets verder op het membraan opnieuw een actiepotentiala opgewekt. Beweegt in één richting, hoewel het membraan langs beide zijden van de actiepotentiala gedepolariseerd wordt ten gevolge van ioneninflux en ladingsverschuivingen. Dit komt doordat de zenuwimpuls niet terug naar de plaats kan waar hij vandaan kwam aangezien dat gebied zich nog in de refractaire periode bevindt (gedurende tijd geen nieuwe actiepotentiala opgewekt worden).

- Opwekken van actiepotentiaal is relatief traag proces in vergelijking met ionenstromen en ladingsverschuivingen. Een grotere passieve spreiding van de depolariserende stroom voor er een nieuwe actiepotentiaal wordt opgewekt zorgt dus voor een hogere geleidingssnelheid: **1. Ongemyeliniseerde zenuwvezels** -> Continue transmissie: Steeds nieuwe actiepotentialen treden op in het meest nabijgelegen stukje membraan. **2. Gemyeliniseerde zenuwvezels** -> Zijn geïsoleerd waardoor het contact tussen het axonmembraan en de extracellulaire vloeistof beperkt is. Hierdoor kan er binnen het gemyleiniseerde gedeelte geen stofwisseling plaatsvinden en ook geen actiepotentialen opgewekt worden. Actiepotentialen treden enkel op ter hoogte van de onderbrekingen in de myelineschede (knopen van Ranvier). De afstand tussen de knopen is klein genoeg zodat de ladingsverschuivingen er nog voor kunnen zorgen dat de grenswaarde voor een nieuw actiepotentiaal overschreden kan worden. Thv elke knoop wordt een nieuw actiepotentiaal opgewekt doordat het celmembraan daar uitzonderlijk rijk is aan spanningsgevoelige natrium en kaliumkanaaltjes (=Sprongsgewijze of saltatorische transmissie). Deze geleiding is 120 keer sneller dan bij ongemyeliniseerde zenuwvezels.

- Stoornissen: MS (afsterven myelineschede)** -> Informatieverwerking verloopt vertraagt, bewegingen verlopen trager en moeilijker, ook het visuele en auditieve gaan erop achteruit. Kan leiden tot vorm van dementie. **Epilepsie** -> Brein reageert op iets dat er niet is, plotse ontladingen in het brein uiten zich in gedrag (motorisch: stuip trekkingen).

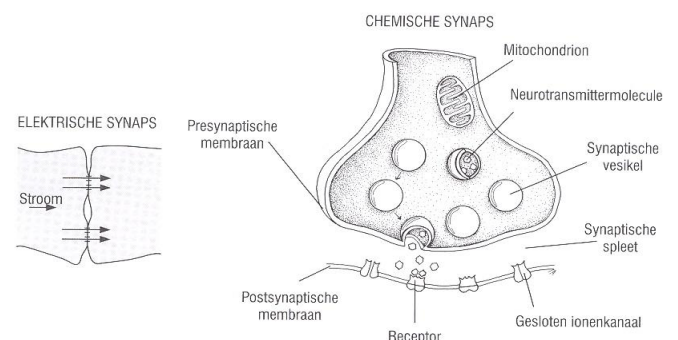


Figuur 4.7. Membranegeleiding van de actiepotentiaal bij ongemyeliniseerde en gemyleiniseerde axonen.

Communicatie tussen zenuwcellen

Synaptische transmissie

- Synaps:** Contactplaats van neuron met ander neuron of met spier- en kliercellen.
- Elektrische synapsen:** Cytoplasmatische bruggen tussen cellen voor rechtstreekse transmissie v/h elektrische signaal.
- Chemische synapsen:** Elektrische prikkel wordt voortgeleid langs het axon en bereikt het presynaptische uiteinde (vesikels gevuld met neurotransmitter). Door elektrisch signaal gaan vesikels hun inhoud vrijstellen, waardoor neurotransmitters over de synapsspleet naar het postsynaptisch membraan kan diffunderen. Thv het zenuwuiteinde veroorzaakt het actiepotentiaal een depolarisatie v/h presynaptische uiteinde. Hierdoor worden spanningsgevoelige calciumkanaaltjes geopend (in het presynaptische membraan) -> Ca^{2+} ionen stromen binnen in het presynaptisch uiteinde en veroorzaken de versmelting v/d synaptische vesikels met het presynaptische celmembraan waardoor de neurotransmitter wordt vrijgesteld. Neurotransmittermoleculen binden aan receptoren in het postsynaptische celmembraan waardoor het postsynaptische neuron geprikkeld



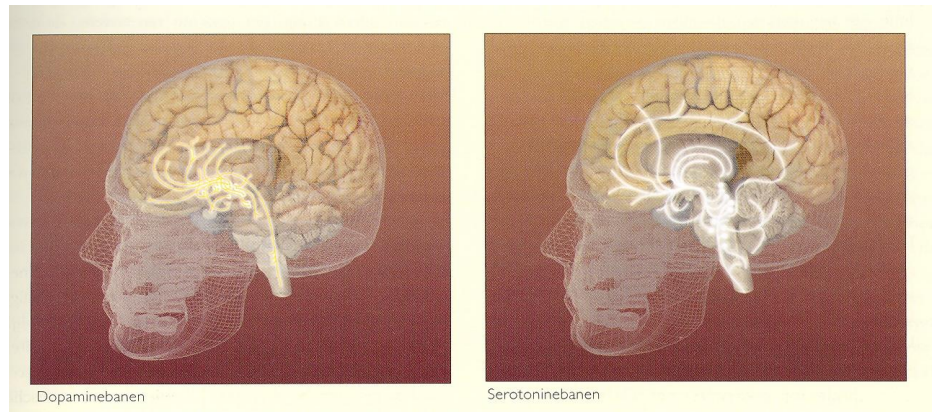
Figuur 5.1. Synaptische transmissie.

wordt. De depolarisatie gebeurt ofwel rechtstreeks via ligandgemedieerde ionenkanalen of door tussenkomst v/e intracellulaire second messenger.

- **Postsynaptisch potentiaal:** 1. **Depolarisatie** -> Door opening van de Na^+ -kanaaltjes -> cel positiever -> indien -50mV: *Excitatorische postsynaptische potentiaal*. 2. **Hyperpolarisatie** -> Cel wordt negatiever door oa instroom van Cl^- -> indien <-70mV: *Inhibitorische postsynaptische potentiaal*. Transmitters worden afgebroken door gespecialiseerde enzymen (post-synapt) Bv. acetylcholine wordt afgebroken door Acetylcholinesterase -> nb. Acetylcholinesteraseinhibitoren.
- **Reuptake**

Neurotransmitters

- **Dopamine:** Tekort veroorzaakt psychosen, wanen (auditief en visueel), afwijkend sociaal gedrag, ...
- **Serotonine en depressie:** Serotonine is verantwoordelijk voor onze stemmingen, bij een tekort kan dit leiden tot depressie.
- **Drugsverslaving:** Chemische structuur van drugs lijkt sterk op die van klassieke neurotransmitters. Ze bedotten/manipuleren het brein, spelen in op het beloningssysteem en leidt zo tot verslavingsgedrag (het brein is sterker dan jezelf -> bepaald je gedrag, doen en laten). Vb: Cocaine bootst dopamine na en blokkeert de reuptake.
- **Nicotine**
- **Amfetamines**
- **Cannabis**



Cannabis gebruiken doet hersenen krimpen

LONDEN—Je hoort wel eens dat je vergeetachtig wordt van cannabis te gebruiken. Hoe dat komt, tonen deze foto's die gepubliceerd werden in het wetenschappelijke blad 'Journal of Psychoactive Drugs'. Het brein van een regelmatige gebruiker krimpt zienderogen. Hoe langer iemand cannabis gebruikt, hoe erger de hersenletsels. Deze foto's werden gemaakt door het inspuiten van een radioactieve stof in de hersenen van proefpersonen. Die stof licht op waar de bloeddorststroming in de hersenen goed is. De 'donkere gaten' zijn gebieden waar de hersenactiviteit verzwakt is. Foto's Kos

NORMALE hersenen vertonen een vrij vlak en egaal oppervlak. Deze persoon gebruikt geen cannabis.

De hersenen van een **16-JARIGE** die twee jaar lang elke dag een joint gerookt heeft. Het brein is al aangetast.

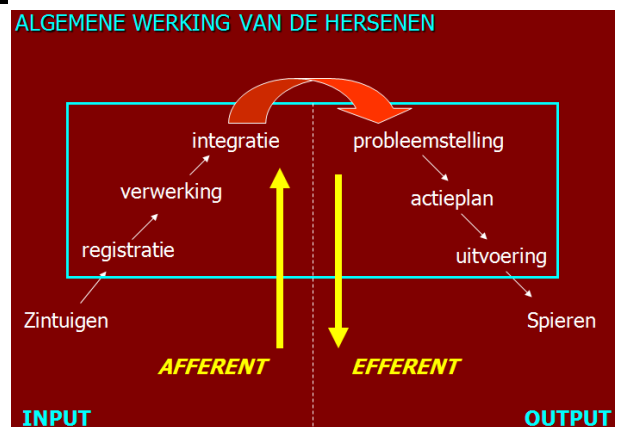
De hersenen van een **18-JARIGE** die op zijn vijftiende cannabis begon te gebruiken, vertonen al putten en littekens.

Een **28-JARIGE** die al tien jaar joints rookt. Deze scan toont de schade op lange termijn: de activiteit van de hersenen is duidelijk afgenomen.

Zintuigcellen

Zintuiglijke waarneming

- **=Perceptie:** Proces dat instaat voor registratie, verwerking en interpretatie van omgevingsprikkels.
- **4 types:** 1. **Bijzondere waarneming** -> Gehoor, zicht, evenwichtszin, geur en smaak. 2. **Oppervlakkige waarneming** -> Pijngewaarwording, tastzin, temperatuurwaarneming en tweepuntsdiscriminatie. 3. **Diepe waarneming** -> Proprioceptie, positiezin van spieren en gewrichten, diepe spierpijn en vibratiezin). 4. **Viscerale waarneming** -> Sensaties thv de ingewanden, misselijkheid, honger, ingewandspijn).
- **Zintuigreceptorcellen:** Exciteerbare cellen die instaan voor de sensaties (omzetting van fysieke prikkels in zenuwimpulsen). Zintuigmodaliteiten = Type van energie waaruit de stimulus bestaat.



– **4 soorten zintuigreceptorcellen:**

1. Mechanoreceptoren ->

gespecialiseerde neuronen die reageren op mechanische prikkels. Verantwoordelijk voor gehoor, tastzin, evenwicht en proprioceptie (waarneming van beweging, positie en oriëntatie v/h lichaam en de lichaamsonderdelen).

2. Chemoreceptoren ->

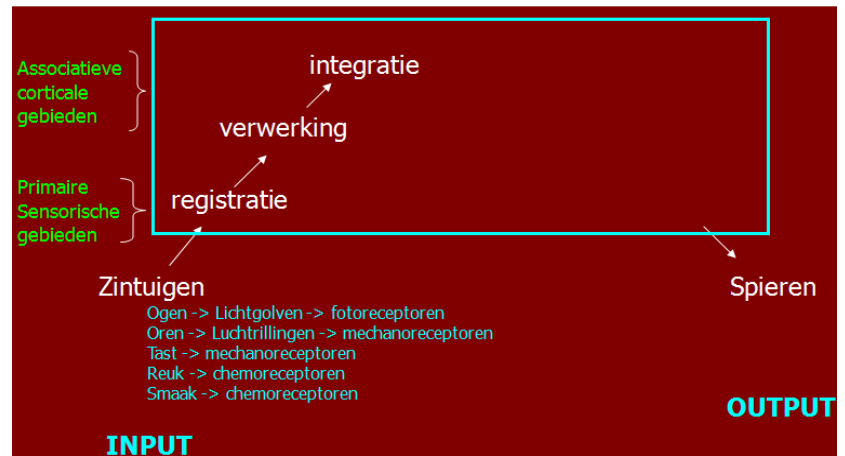
Geactiveerd door bepaalde chemische stoffen en staan in

voor reukzin, smaak, pijn, jeuk en irritatie.

3. Thermoreceptoren -> Reageren op temperatuursveranderingen en zorgen voor waarneming van temperatuur.

4. Fotoreceptoren -> Stimulusenergie bestaat uit licht en ze staan in voor de visuele prikkelmodaliteit.

- Om tot bewuste waarneming v/d zintuiglijke prikkels te komen moeten ze naar de grote hersenen geprojecteerd worden.
- **Bijzondere zintuigen:** Sturen hun signalen langs de hersenzenuwen naar het CZS. Viscerale waarneming wordt voortgeleid in de autonome afferente zenuwvezels en verschilt morfologisch en functioneel v/d diepe waarneming. Alle zintuiglijke prikkels komen aan in de primaire sensorische gebieden v/d grote hersenen, waarna ze doorschakelen naar de associatieve corticale gebieden.



Receptie, transductie en codering

- **Sensorieel systeem:** Bestaat uit receptoren, perifere banen, centrale banen en specifieke doelgebieden in de hersenen. Hier gebeurt het contact met de wereld buiten het lichaam ahv gespecialiseerde neuronale structuren, sensoriele receptorcellen of zintuigcellen.
- **Stimulustransformatie:** Transformatie v/e stimulus in zenuwimpulsen verloopt in 3 stappen: **1. Receptie ->** Stimulusenergie wordt opgevangen door receptor. Modaliteit (het type van energie waaruit de stimulus bestaat) en locatie (welke set van receptoren wordt geactiveerd). **2. Transductie ->** Stimulusenergie wordt omgezet in een verandering v/d membraanpotentiaal (=receptorpotentiaal). **3. Codering ->** Potentiaalveranderingen worden omgezet in een code van actiepotentialen. **Stimulusintensiteit (amplitude) =>** Frequentie van de actiepotentialen. **Stimulusduur (timing) =>** Duur van het aantal actiepotentialen (wanneer begint en eindigt de stimulatie van de receptor).

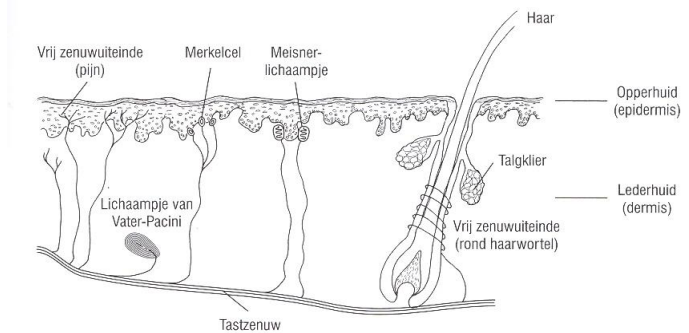
Somatosensorisch systeem

- Verwijst naar zintuiglijke waarneming zoals tast, druk, proprioceptie (= stand van de lichaamsdelen, spieren en gewrichten), warmte/koude, vibratie, jeuk en pijn.
- **Exteroreceptoren:** Gevoelig voor prikkels van buiten het lichaam (via zintuigcellen v/d huid).
- **Proprioreceptoren:** Registreren prikkels vanuit het inwendige v/h lichaam (lichaampjes van Vater-Pacini, spierspoeltjes, receptoren thv gewrichten, vrije zenuwuiteinden voor pijn). Ze zijn niet specifiek voor een bepaalde sensatie en zeer sterke stimuli kunnen verscheidene sensaties en pijn veroorzaken.
- Het bestaat uit zintuigreceptorcellen, verbindingsneuronen, opstijgende zenuwbanen en somatosensorische corticale gebieden.
- **Somatosensorische receptorcellen:** Over het hele lichaam en geven hun impulsen door aan verbindingsneuronen, die de informatie geleiden naar het ruggenmerg. Daar lopen 2 somatosensorische banen naar de thalamus om de impulsen naar de somatosensorische cortex v/d grote hersenen door te geven.

- **Lemniscale systeem:** Loopt door de dorsale kolommen v/h ruggenmerg en staat in voor tast, gewrichtsgewaarwording, tweepuntsdiscriminatie en vibratiezin.
- **Ventrolaterale systeem:** Maakt gebruik v/d ventrolateraal gelegen spinothalamische baan en geleidt pijn en temperatuurszin. Enkel wanneer de prikkels de corticale gebieden bereiken, spreken van perceptie of bewuste waarneming.

Zintuigcellen in de huid

- **4 soorten mechanoreceptoren:** 1. **Merkelcellen** -> Tastzin. 2. **Ruffini-uiteinden** -> Contact, druk en vibratie. 3. **Meissnerlichaampje** -> Contact, druk en vibratie. 4. **Lichaampjes van Vater-Pacini** -> Contact, druk en vibratie.



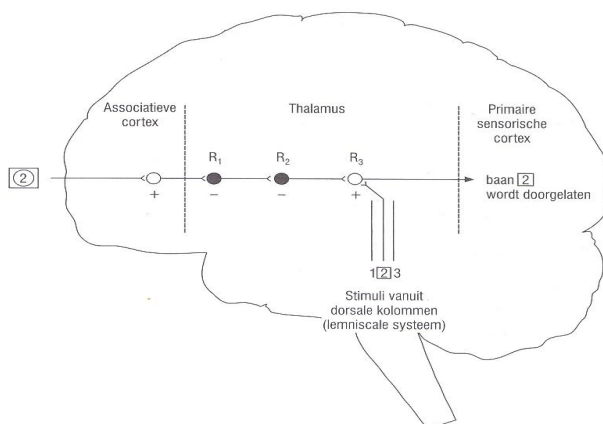
Figuur 6.5. Zintuigcellen in de huid.

- **4 types informatie over de waargenomen stimulus:** 1. **Modaliteit** -> Het type energie waaruit de stimulus bestaat. 2. **Locatie** -> Welke set van receptoren wordt geactiveerd. Wordt gecodeerd door de distributie v/d geactiveerde receptoren. Een receptor vuurt enkel wanneer de huid vlakbij de sensorische uiteinden v/d receptor (receptieve veld) worden aangeraakt. 3. **Intensiteit** -> Met welke amplitude zal de receptor reageren. Vertaalt zich in de frequentie waarmee de receptorcel actiepotentialen afvuurt. 4. **Timing** -> Wanneer begint en eindigt de stimulatie v/d receptor. Bepaalt hoeveel actiepotentialen er precies worden afgevuurd.

Verbindingsneuronen

- **3 soorten:** 1. **Neuronen v/d 1^e orde** -> Voeren signalen aan vanuit de receptorcellen. Cellichaam is gelegen in het ganglion v/d dorsale wortels of in een somatisch-afferent ganglion v/d hersenzenuwen. 2. **Neuronen v/d 2^e orde** -> Cellichaam in de neuraxis (ruggenmerg of hersenstam). Hun axonen kruisen de middellijn en eindigen in de thalamus. Opstijgende spinale banen. 3. **Neuronen v/d 3^e orde** -> Cellichaam in de kernen v/d thalamus. Projecteren de informatie naar de primaire somatosensorische cortex.

Thalamische gating (lezen)



Figuur 6.8. Een voorbeeld van thalamische gating waarbij aan stimulus 2 selectief aandacht wordt geschonken.