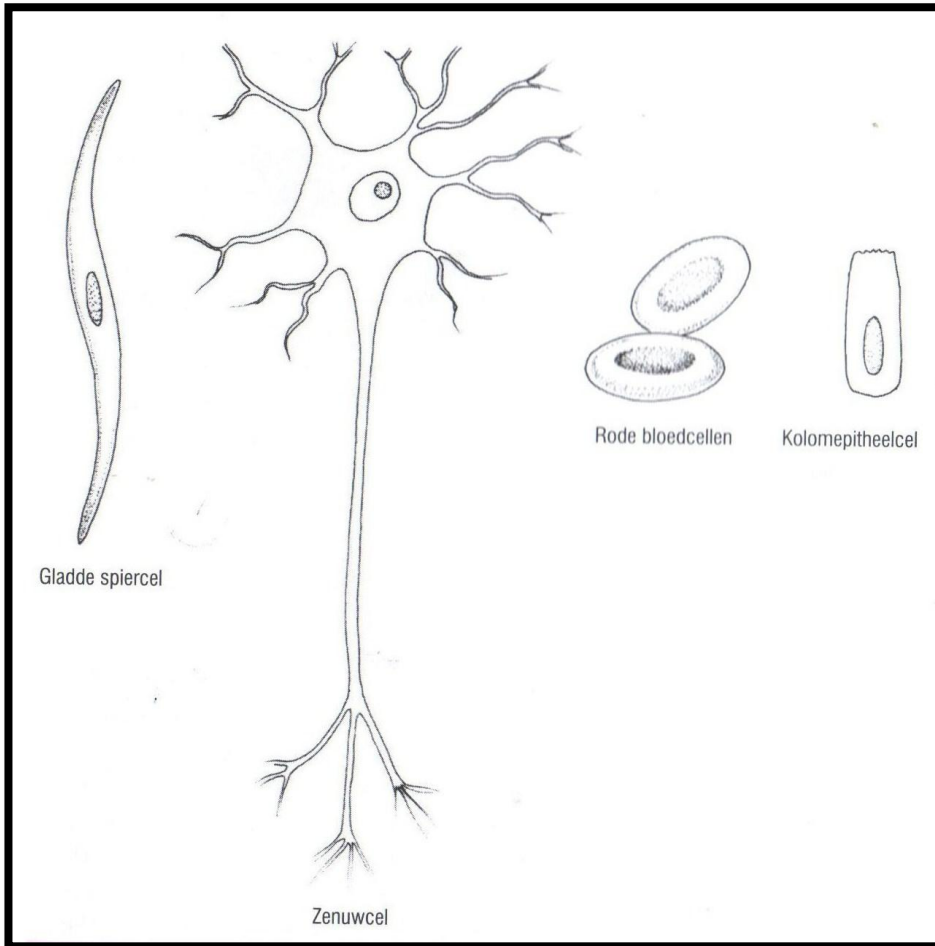


GEDRAGSNEUROWETENSCHAPPEN

SAMENVATTING 2010 – 2011

1^E BACHELOR PSYCHOLOGIE



Figuur 1.1 enkele voorbeelden van celtypes

Cel	Functie
Acinaire cel van de pancreas	Synthese en stapeling van eiwitten
Darmepitheelcel	Absorptie van voedingsstoffen
Macrofaag van het afweersysteem	Fagocytose en intracellulaire afbraak
Epitheelcel in de nierbuisjes	Ionentransport
Spiervezel	Contractie
Neuron van het centrale zenuwstelsel	Prikkelgeleiding
Sensorische receptorcel	Signaaltransductie

Tabel 1.1 functies van een aantal cellen

1. Cellen van ons lichaam

CELLEN, WEEFSELS EN ORGANEN

- × Cellen
 - Eenheden van weefsels en organen
 - Zeer uiteenlopende morfologie die samenhangt met hun functie
- × Organen
 - Onderdelen van het lichaam met een specifieke functie
 - Opgebouwd uit verschillende weefseltypen
- × Weefsels
 - Verzamelingen van gelijkvormige cellen met een gelijkaardige functie
 - 3 componenten
 - Cellen
 - Intercellulaire substantie
 - Weefselvocht
- × Anatomie

Overkoepelende wetenschap die de morfologie of bouw van organismen bestudeert (= structuur)
- × Histologie

Studie van de fijne structuur van weefsels en organen (= structuur)
- × Fysiologie

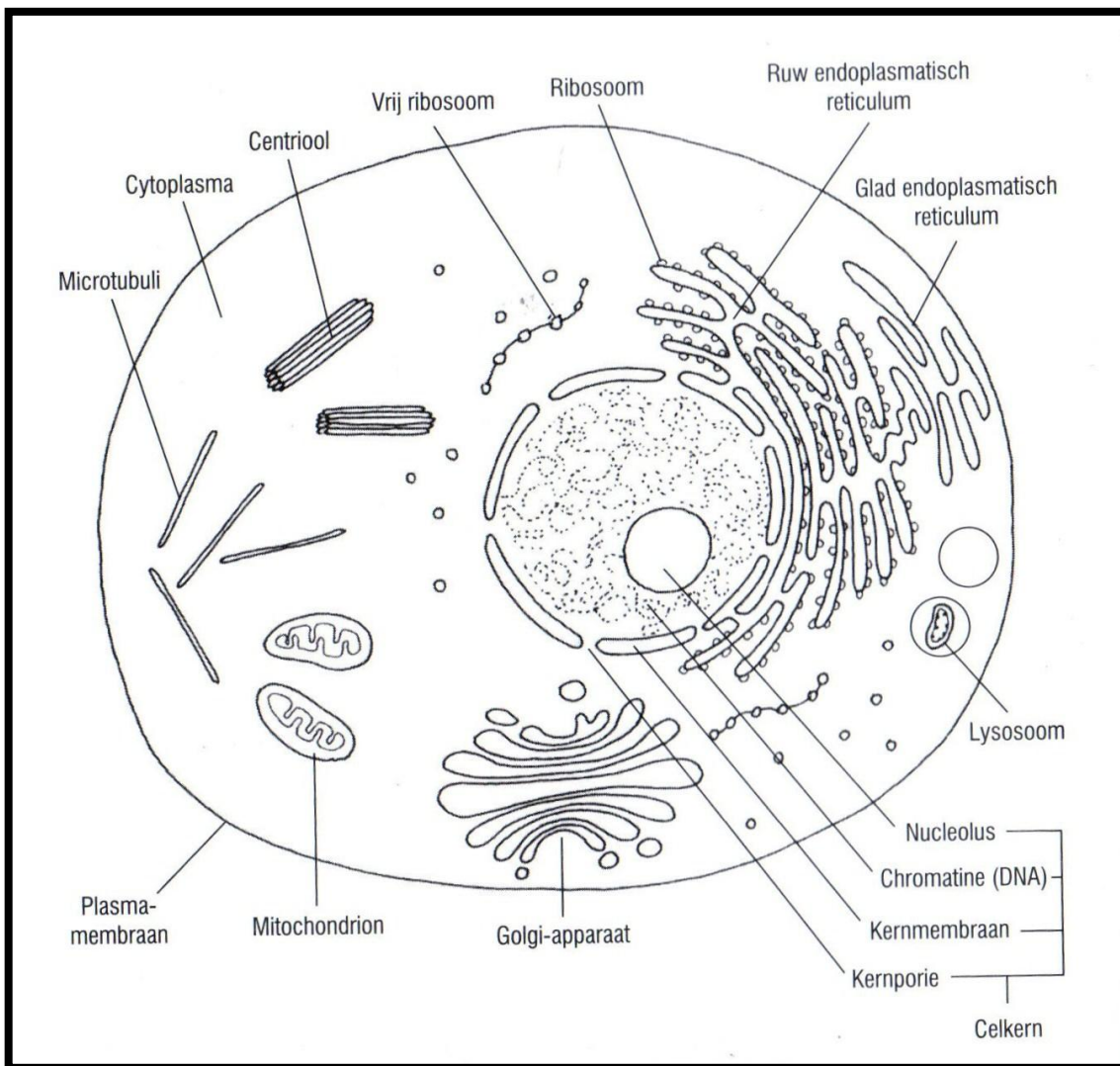
Studie van de processen die zich afspelen in levende wezens (= functie)
- × Neuroanatomie of neurohistologie

Studie op niveau van het zenuwstelsel (ZS)

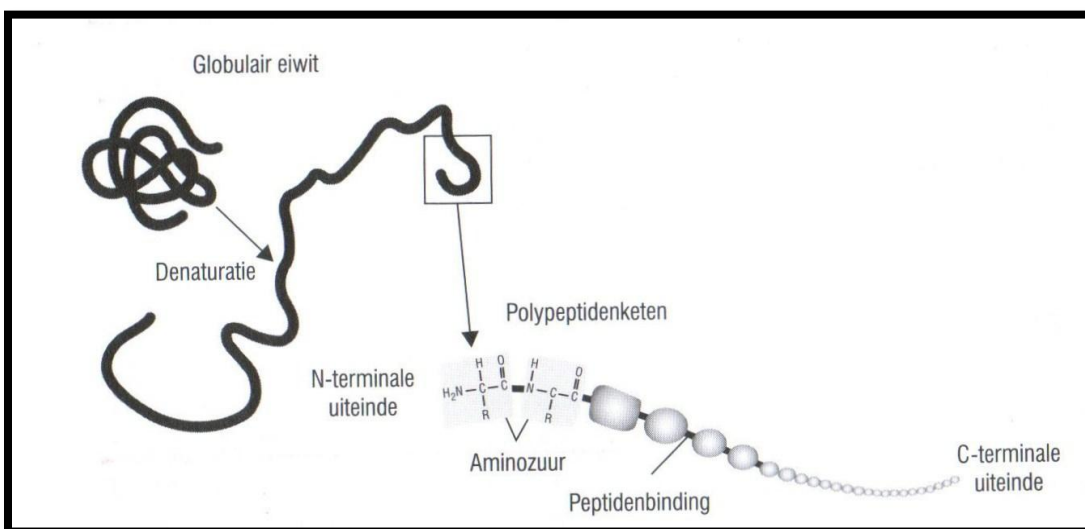
CELLULAIRE DIFFERENTIATIE

- × Metazoa
 - Multicellulaire organismen
 - Cellulaire specialisatie (in morfologie, biochemie en functie)
- × Cellulaire differentiatie
 - Ongedifferentieerde, multifunctionele cellen ontwikkelen zich tot gespecialiseerde eenheden
 - Functie

Het gebeurt zelden dat ze nog slechts voor één functie kunnen dienen
 - Morfologische verschillen
 - Dwarsgestreepte spiervezels: langgerekt en spoelvormig
 - Epitheelcellen: strakke kubus- of balkvorm
 - Biochemische verschillen
 - Dwarsgestreepte spiervezels: synthese van contractiele eiwitten (actine en myosine)
 - Epitheelcellen: transport of metabolisme van bepaalde lichaamsstoffen



Figuur 1.2 organellen in een hypothetische cel (niet op schaal)



Figuur 1.3 polypeptidenketen en globulair eiwit

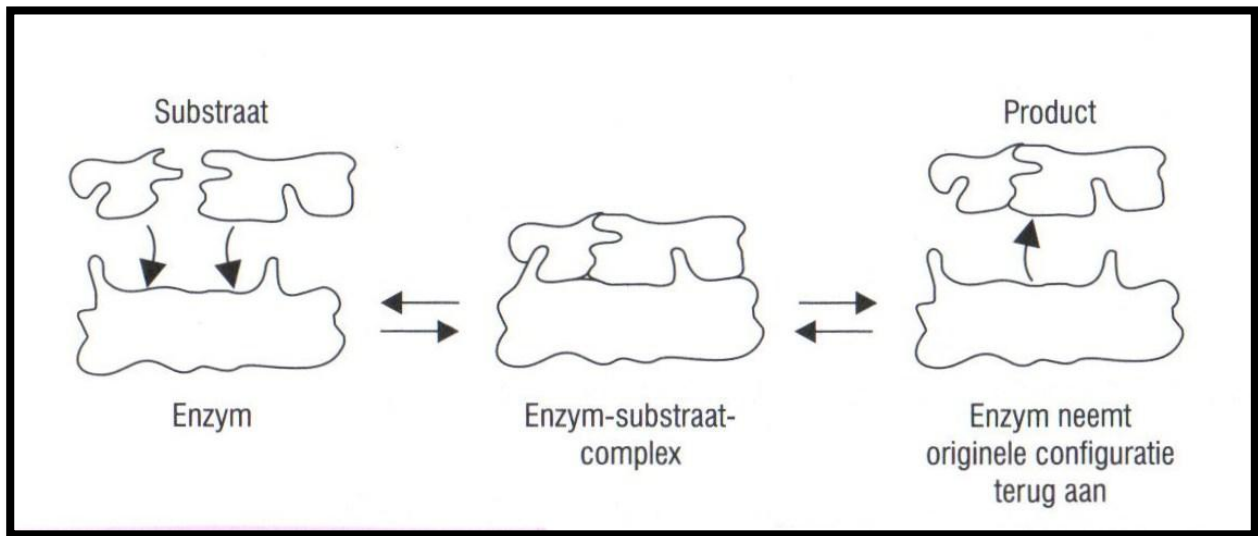
DELEN VAN DE CEL

- × Organellen
 - Bestanddelen van de cel
 - Hangen vast in
 - Het cytosol als deel van membraneuze netwerken
 - Draadvormige structuren van het cytoskelet
- × Celkern (nucleus)
- × Celmembraan dat de cel omsluit
- × Cytoplasma
 - Tussen celkern en celmembraan
 - Cytosol = waterig, gelatineus materiaal
- × Macromoleculen (eiwitsynthese)
 - Messenger RNA of ribosomale componenten
 - Bewegen van de celkern naar het ruw ER waar de synthese gebeurt
 - Komen terecht in het cytoplasma: structurele of functionele rol
 - Komen terecht in het glad ER, het Golgi-apparaat en tenslotte het celmembraan: verankering of exocytose
 - Enzymatische reacties sturen de verpakking en processing naar het Golgi-apparaat
 - Vorming en vrijstelling van levensnoodzakelijke eiwitten
 - Glycoproteïnen, lipoproteïnen en polysacchariden
- × Lysosomen
 - Afbraak van overbodige macromoleculen
 - Digestie van gefagocyteerde partikels

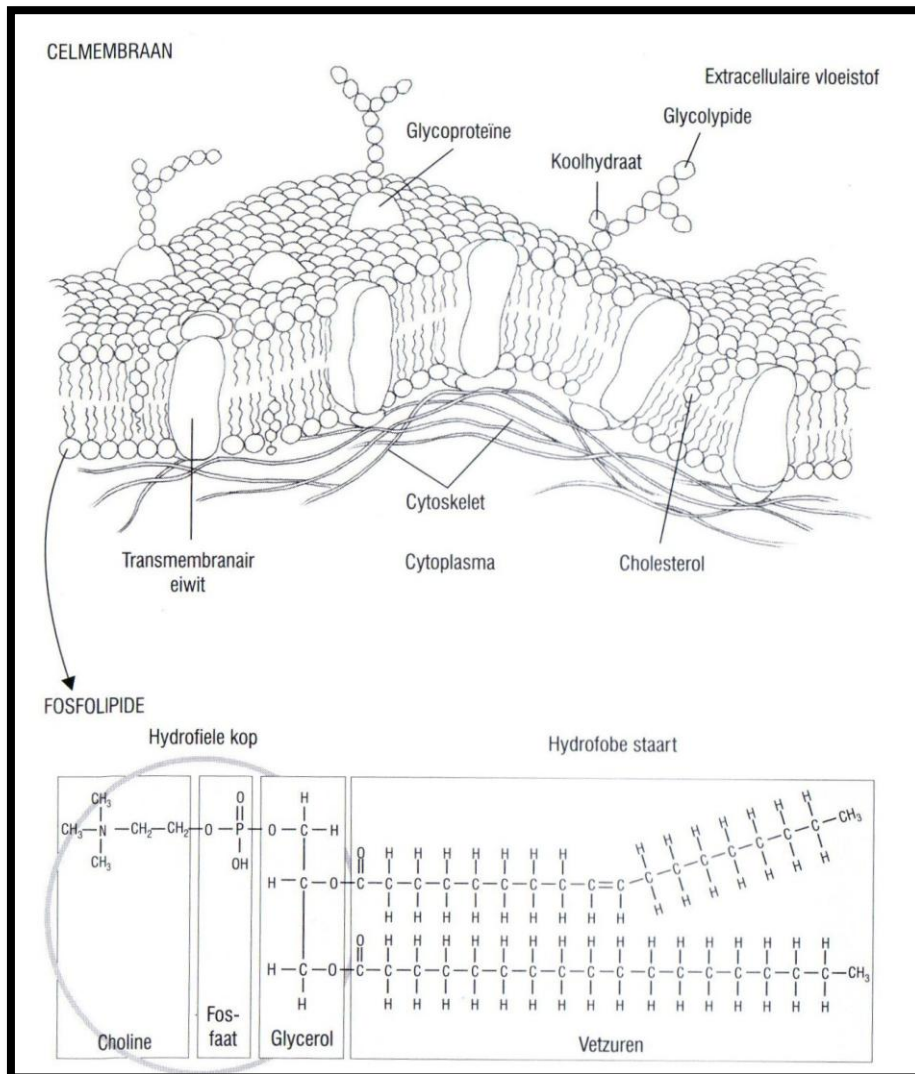
MACROMOLECULEN

Essentiële elementen van de structurele en functionele eigenschappen van cellen

- × Vetten (lipiden)
 - Zeer verschillende vormen
 - Structurele bouwstenen of voedingsstoffen in de stofwisseling (metabolisme)
- × Suikers (koolhydraten)
 - Lange ketens van polysacchariden
 - Structurele of metabolische functie
- × Eiwitten (proteïnen)
 - Essentieel in de bouw en functie van de cel
 - Glyco- en lipoproteïnen: bevatten suiker- of vetresidus
 - Polypeptidenketens: aminozuren die met peptidenbinding aan elkaar hangen
 - Peptidenbinding: de carboxylgroep van het aminozuur bindt zich aan de aminogroep van een ander aminozuur
 - Vrije carboxylgroep: C-terminale uiteinde
 - Vrije aminogroep: N-terminale uiteinde
 - Combinaties van 20 verschillende aminozuren



Figuur 1.4 Enzym-substraatcomplex



Figuur 1.5 celmembraan met membraaneiwhitten en fosfolipiden

- Driedimensionale configuratie
 - Interacties tussen aminozuren met verschillende chemische en elektrostatische eigenschappen en de combinatie van afzonderlijke polypeptidenketens
 - Wijziging van configuratie = wijziging/verdwijning van functie
- × Nucleïnezuren

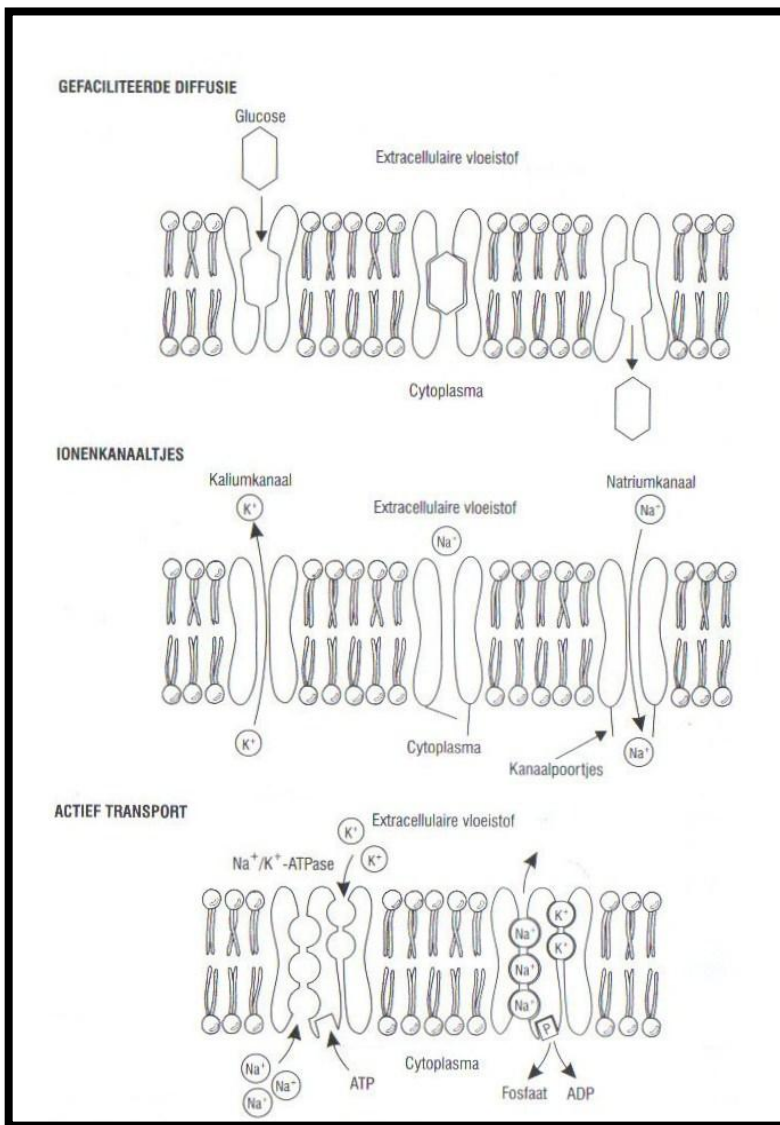
ENZYMEN

- × De werking van het lichaam
 - Afhankelijk van biochemische of organische reacties
 - Goede werking wordt mogelijk gemaakt door
 - Doorgang van reacties in specifieke organen, weefsels, cellen en celorganellen
 - Katalysatie van reacties door substraatspecifieke enzymen
- × Enzymen
 - Biochemische katalysatoren
 - Die in de cel gesynthetiseerd worden
 - Die bestaan uit een eiwitstructuur
 - Wat doen ze?
 - Sturen van anabolische (opbouwende) en katabolische (afbrekende) reacties
 - Bezitten een hoge mate van substraatspecificiteit
- × Biochemische reactie
 - Configuratie van het enzym verandert door destabilisatie van het substraat
 - Het substraat kan chemisch reactief worden zodat de reactie kan doorgaan

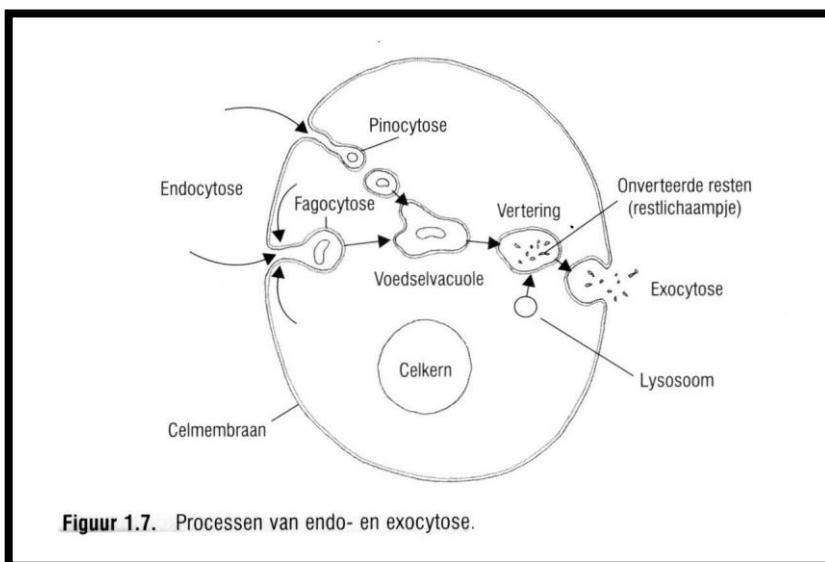
CELMEMBRAAM

- × Fosfolipiden
 - Zorgen voor beweegbaarheid
 - Bestanddelen
 - Koolstofstaarten: apolair, hydrofoob (waterafstotend, niet oplosbaar in water)
 - Fosfaatkoppen: polair, hydrofiel (wateraantrekkend, wel oplosbaar in water)
 - Functie
 - Kunnen kanalen vormen voor het transport van substanties door het membraan
 - Kunnen receptoren vormen voor de herkenning van boodschappermoleculen
- × Glycocalyx
 - Koolhydraatketens van polysacchariden gebonden aan
 - Membraaneiwitten: glycoproteïnen
 - Membraanlipiden: glycolipiden
 - Belangrijke functie bij interactie tussen cellen
- × Steroïden

Bewegen vrij door membranen van dierlijke cellen (macromoleculen met eiwitstructuur, soms verankering in cytoskelet)



Figuur 1.6 verschillende manieren van membraantransport



Figuur 1.7. Processen van endo- en exocytose.

Figuur 1.7 processen van endo- en exocytose

TRANSPORT OVER HET CELMEMBRAAM

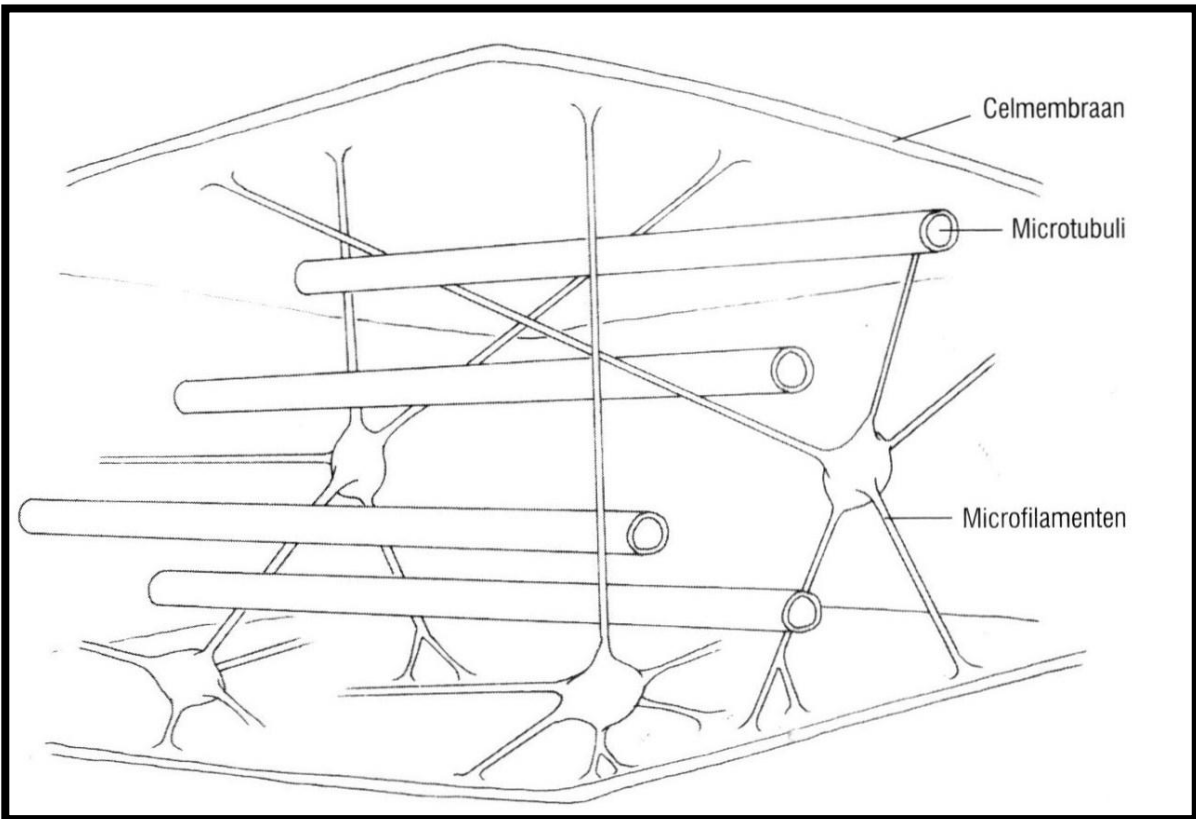
Aangezien het celmembraan een elektrische isolator vormt en een ondoordringbare barrière is voor vele in water oplosbare deeltjes, beschikt de cel daarom over verschillende mechanismen om substanties naar binnen of buiten te transporteren.

- × Gap junctions
 - Transport tussen de cellen
 - Eiwitmoleculen die een porie vormen om de cytoplasma's van naburige cellen te verbinden
- × Soorten transport
 - Via kanaaltjes
 - Gefaciliteerde diffusie (osmose en diffusie)
 - Actief transport
 - Endo- en exocytose
 - Verbinding van cellen
- × Gefaciliteerde diffusie
 - Selectief transport door gebruik van specifieke membraaneiwitten
 - Passief: geen energieverbruik door van hoge naar lage concentratie te gaan
 - Selectieve eiwitkanaaltjes
 - Ringen van eiwitmoleculen
 - Vormen een porie om elektrisch geladen deeltjes (ionen) volgens hun concentratie- of ladingsgradiënt door het membraan te laten stromen
 - Ionenkanaaltjes
 - Selectief
 - Gated/ungated
 - Ungated K^+ channels: continu doorlaatbaar
 - Gated Na^+ channels: enkel onder specifieke omstandigheden doorlaatbaar
- × Actief transport
 - Actief: wel energieverbruik door van lage naar hoge concentratie te gaan
 - Natrium/kalium-ATP-ase
 - Eiwitcomplex dat de intracellulaire natrium- en kaliumconcentraties reguleert
 - Gebruik van ATP (adenosinetriphosfaat)
 - Voor elke ATP-molecule
 - 3 natriumionen naar buiten
 - 2 kaliumionen naar binnen

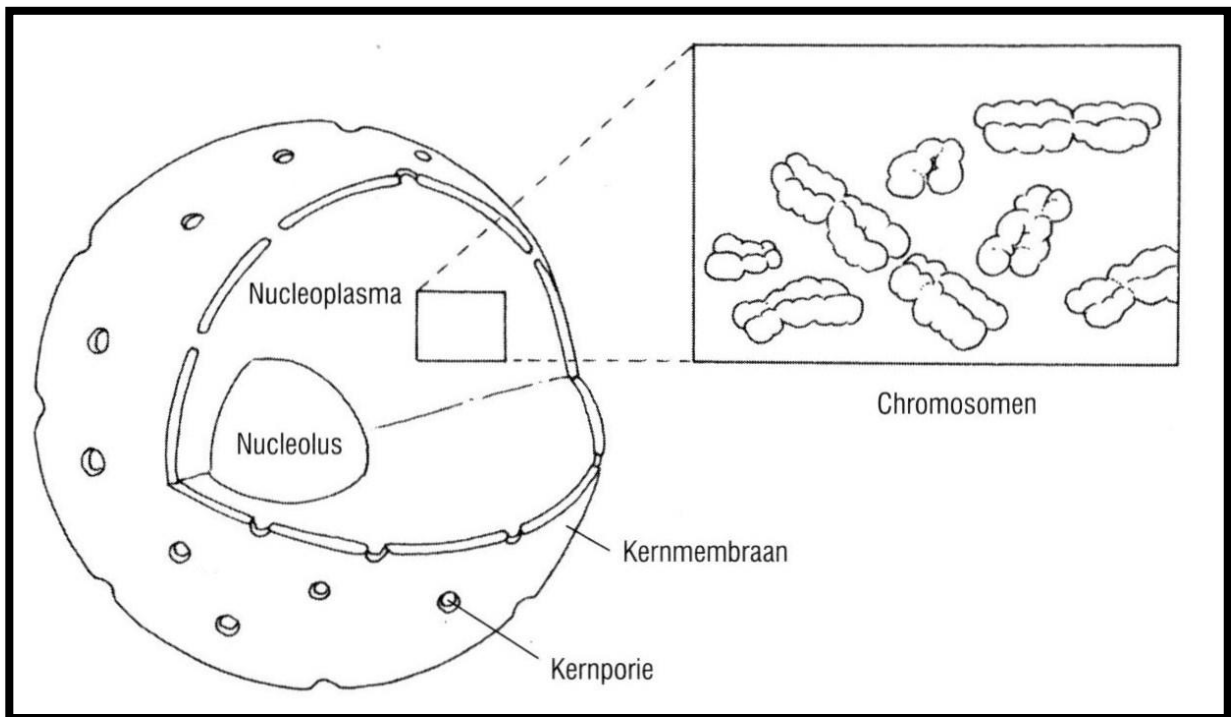
ENDO- EN EXOCYTOSE

De cel kan op actieve wijze grote volumes of partikels opnemen of uitscheiden door vacuoles of membraanblaasjes (vesikels) te gebruiken.

- × Exocytose
 - Vacuoles of vesikels versmelten met het celmembraan
 - Inhoud van vacuoles of vesikels wordt naar buiten gebracht



Figuur 1.8 Het cytoskelet



Figuur 1.9 De celkern

- × Endocytose
 - Voedselvacuoles (fagocytose) of vloeistofvacuoles (pinocytose) worden gevormd door invaginatie en afsplitsing van het membraan
 - Proces
 - Aggregatie van bepaalde membraaneiwitten: vorming van coated pit
 - Afsplitsing van coated pit: membraanblaasje ontstaat
 - Membraanblaasjes worden gevuld met enzymen: versmelting met voedselvacuoles en zorg voor vertering van hun inhoud (bv. lysosomen)

CYTOSKELET

Geordend cytoplasmatisch netwerk van microtubuli en microfilamenten

- × Functie
 - Driedimensionale vorm van cellen
 - Verankering van de organellen
 - Contractie mogelijk maken
- × Microtubuli
 - Holle buizen met wanden van globulaire eiwitten
 - Structurele functie
- × Microfilamenten
 - Dunne snoeren van bolvormige globulaire eiwitten waarbij de polypeptidenketen op een compacte manier is opgevouwd
 - Beweging van organellen en contractie van gespecialiseerde cellen

CELKERN

Grote, meestal bolvormige structuur, gevuld met nucleoplasma en omsloten door het dubbele kernmembraan

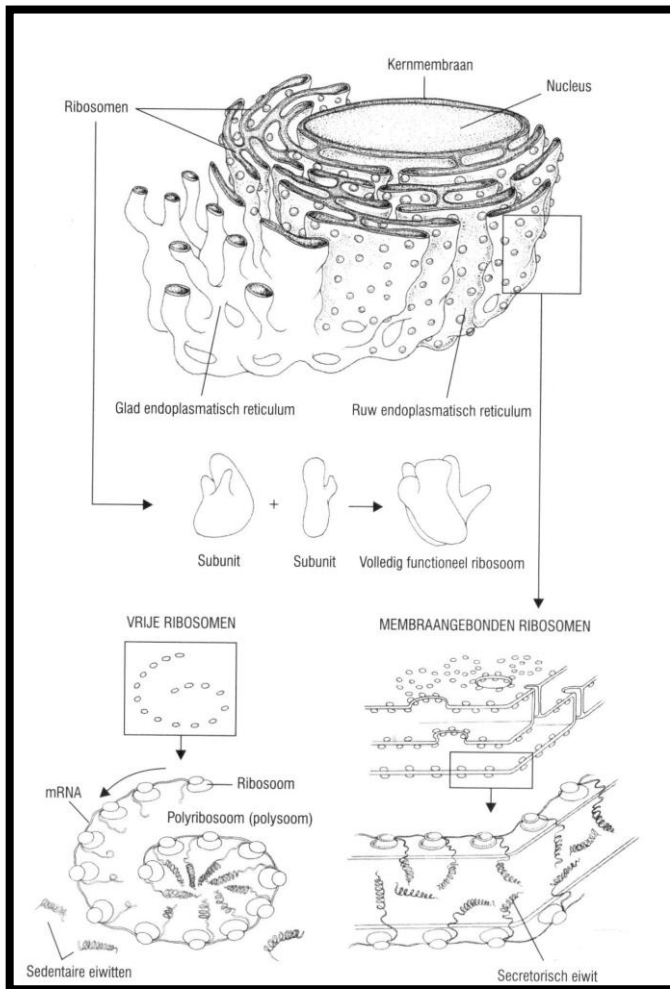
- × Kernporieën

Verbinding tussen het nucleoplasma en het cytoplasma
- × Nucleolus

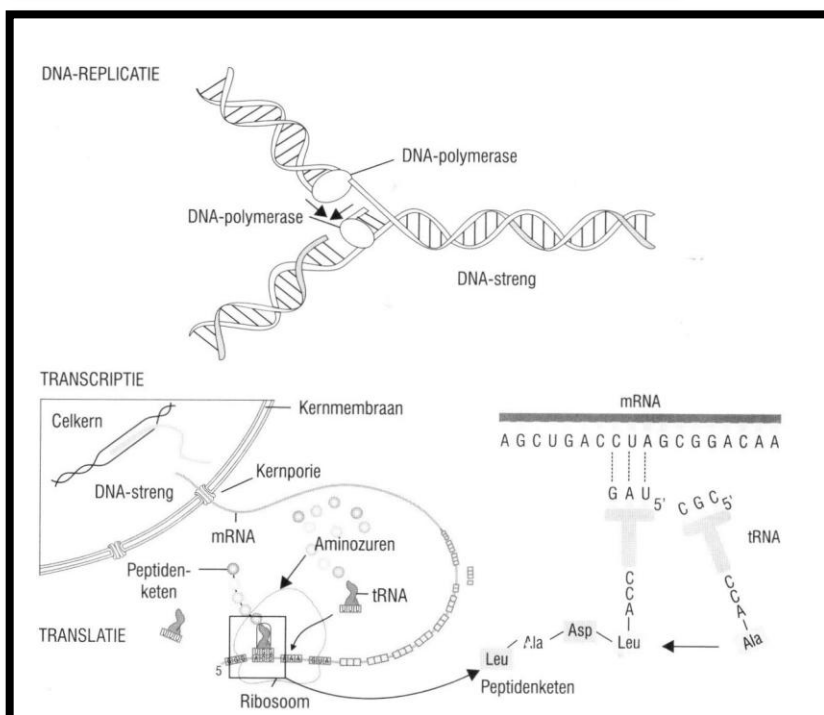
Kleine kern die zorgt voor de synthese van ribosomen
- × Nucleoplasma

Bevat genetisch materiaal van de cel onder vorm van nucleïne-zuren

 - Chromatine
 - Gevormd door DNA en eiwitten
 - Bindt tijdens de celdeling (mitose) samen tot chromosomen
 - Chromosomen
 - 23 homologe paren
 - 22 paar autosomen
 - 1 paar geslachtschromosomen
 - Genetisch materiaal wordt gerepliceerd tijdens mitose zodat dochtercellen diploïd worden



Figuur 1.10 het endoplasmatisch reticulum en de synthese van sedentaire en secretorische eiwitten door de ribosomen



Figuur 1.11 DNA-replicatie, transcriptie en translatie

- Voortplantingscellen
 - Productie door reductiedeling (meiose)
 - Productie levert haploïde voortplantingscellen op (23 enkelvoudige chromosomen)
 - Bij bevruchting: vorming van homologe paren
- Genen
 - 20000 tot 25000 genen of genetische eenheden die telkens op een vaste plaats (locus) op het chromosoom binden
 - Verschillende alternatieve vormen of allelen
 - Genotype: hele set van allelen waarvan een individu drager is
 - Fenotype: fysische verschijningsvorm van het organisme

ENDOPLASMATISCH RETICULUM

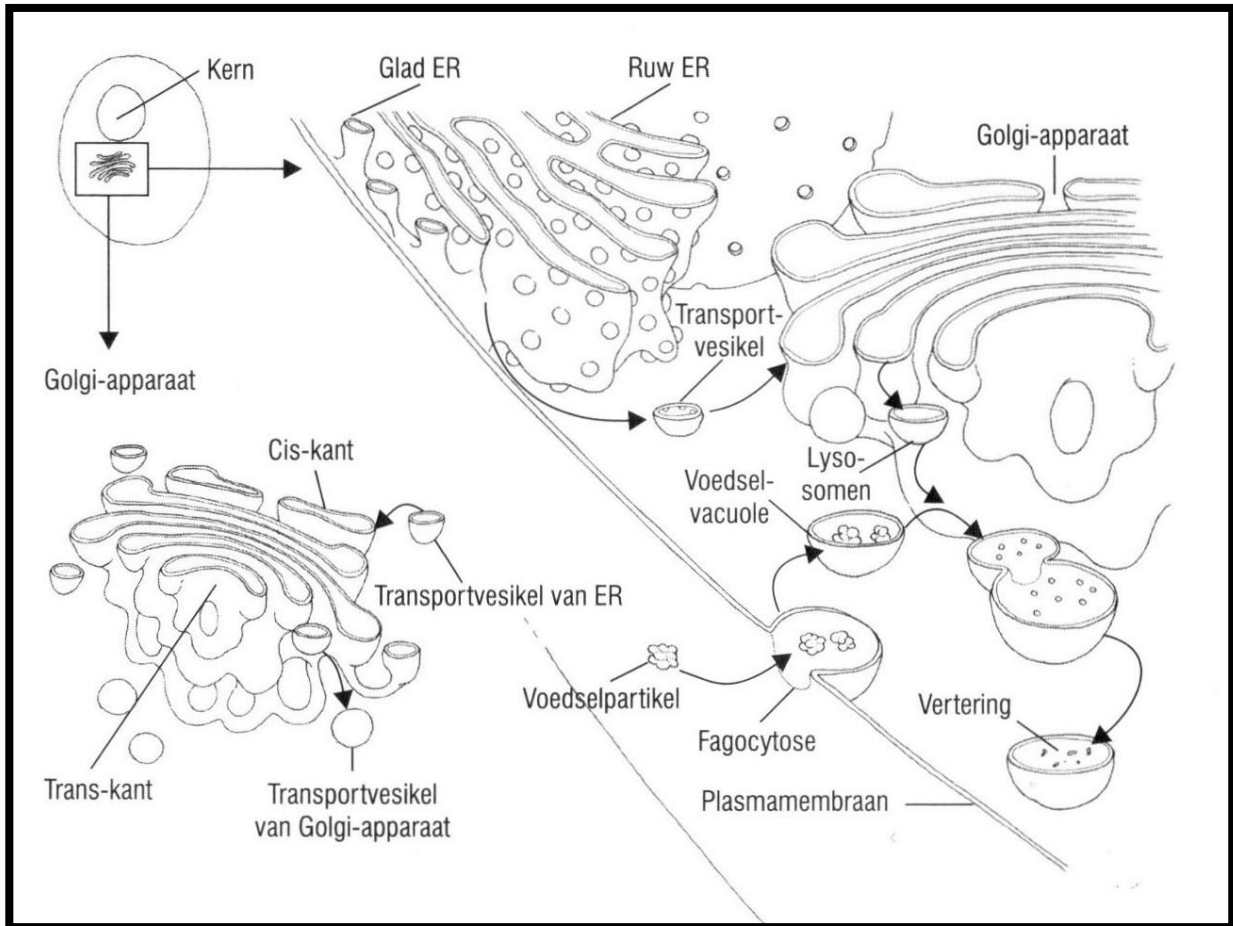
Uitgebreid netwerk van membraneuze holtes die verbonden zijn met het kernmembraan

- × Ruw ER (bedekt met ribosomen)
 - Ribosomen
 - Bestaan uit eiwitten en ribosomaal nucleïnezuur (RNA)
 - Worden gesynthetiseerd in de celkern als 2 afzonderlijke subunits
 - Bewegen naar cytoplasma
 - Vrij voorkomen
 - Gebonden aan het ruw ER
 - Messenger RNA
 - Bindt zich aan vrije ribosomen
 - Vormt snoeren van ribosomen of polysomen
 - Translatie
 - Tripletcodes van RNA-strengen worden vertaald naar opeenvolgende aminozuren van een eiwit
 - Gesynthetiseerd eiwit komt terecht in ... (afhankelijk van functie: enzym, antilichaam, hormoon of structureel eiwit)
 - Cytoplasma
 - Binnenste van het glad ER
- × Glad ER (niet bedekt met ribosomen)
 - Synthese van membraanlipiden
 - Ontvangt eiwitten van het ruw ER en incorporeert deze in membraanblaasjes of vesikels

NUCLEÏNZUREN EN EIWITSYNTHESE

DNA-moleculen in de celkern bestaan uit afzonderlijke nucleotiden die een dubbel helixstructuur vormen.

- × Nucleotiden van DNA
 - Fosfaat
 - Suiker
 - Base (adenosine, guanine, cytosine, thymine)
- × Gen
 - Een stuk DNA dat de code draagt voor de eiwitsynthese



Figuur 1.12 relaties tussen het Golgi-apparaat, het endoplasmatisch reticulum en de lysosomen

- × Genetische informatie

Bevindt zich in de DNA molecule onder de vorm van de specifieke opeenvolging van basen, die de 2 helixen van de moleculen aan elkaar binden

 - Basen staan steeds in paren tegenover elkaar (A-T, G-C)
 - De 2 helixen zijn complementair
- × DNA-replicatie
 - 2 helixen van de molecule gaan uit elkaar
 - DNA-polymerase (enzym) zal een complementaire helft aanhechten
 - 2 identieke DNA-moleculen worden gevormd
- × Tripletcodes

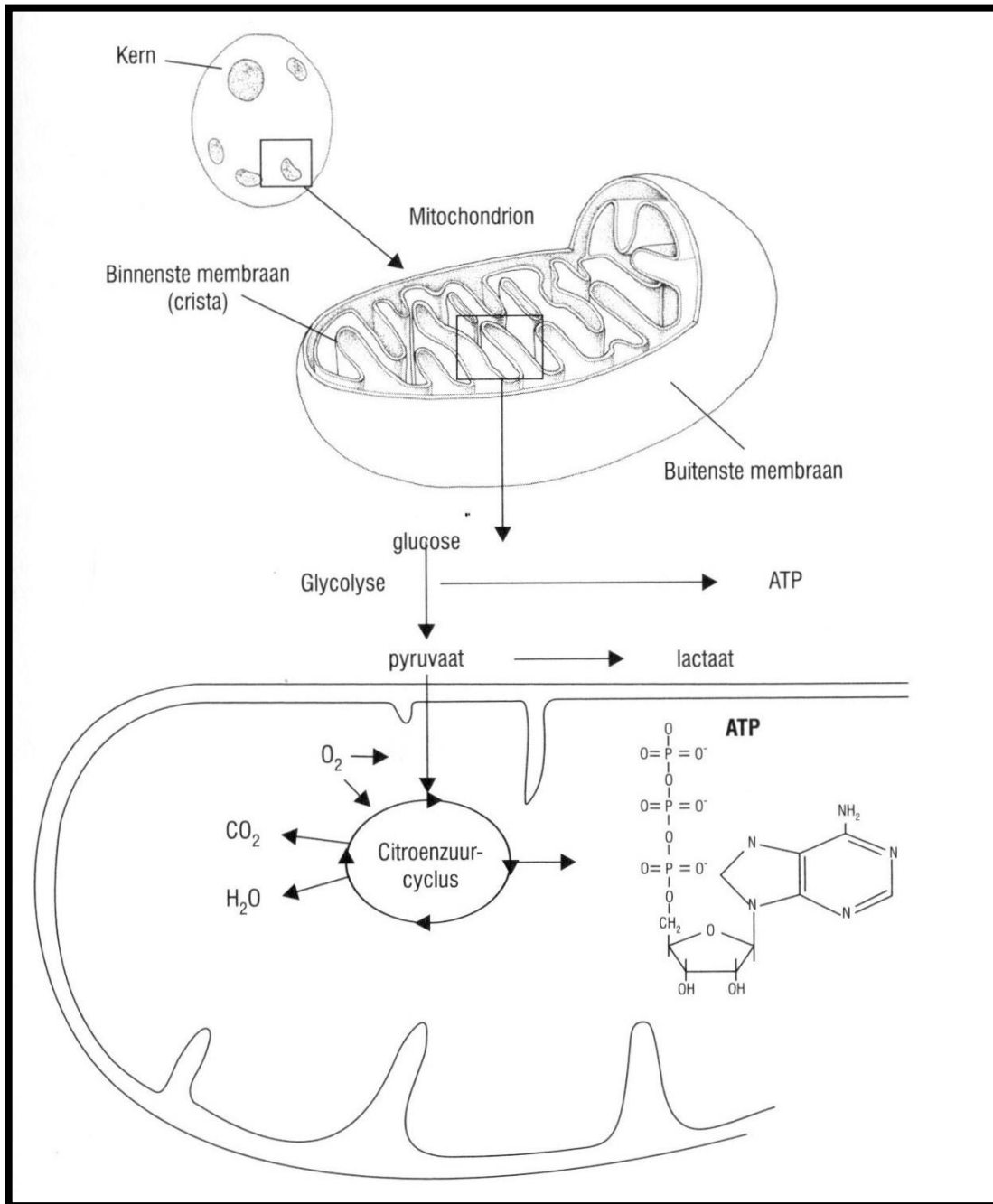
3 specifieke basen achter elkaar die vertaald worden naar achtereenvolgende aminozuren in eiwitketens (= codering voor eiwitstructuren door DNA-molecule)
- × Transcriptie

DNA-polymerase zorgt voor het overschrijven van de sequentiële tripletcodes van het DNA naar het messenger RNA-molecule
- × Messenger RNA
 - Fosfaat, suiker en base (adenosine, guanine, cytosine, uracil)
 - Bevat introns en exons van niet-coderende sequenties
 - Processing van mRNA in celkern knipt introns eruit
 - Mature molecule verlaat de cel via kernporieën
- × Translatie
 - Messenger RNA wordt in de ribosomen vertaald naar een eiwitmolecule
 - De achtereenvolgende aminozuren van de groeiende eiwitketen worden aangebracht door specifieke tRNA's

GOLGI-APPARAAT, LYSOSOMEN EN PEROXISOMEN

- × Golgi-apparaat
 - De eiwitten die in het glad ER verpakt werden in vesikels bewegen naar het Golgi-apparaat
 - Bestaat uit een reeks opeengestapelde membraneuze schijven en blaasjes
 - Belangrijke rol bij
 - Modificatie en sortering van eiwitten
 - Voorbereiding van eiwittransport naar hun bestemming in de cel

Exporteiwitten: getransporteerd in vesikels naar het celmembraan en vrijstelling door exocytose
- × Peroxisomen
 - Analoge kleine organellen (cf. lysosomen)
 - Detoxificatie (enzymatische destructie) van oxiderende chemicaliën met schadelijke effecten
- × Lysosomen
 - Membraanblaasjes gevuld met verteringsenzymen
 - Functie in allerlei metabole processen (macromoleculen afbreken)
 - Samensmelting met
 - Fagosoome (na fagocytose)
 - Organellen of andere cellulaire componenten in autofagosomen

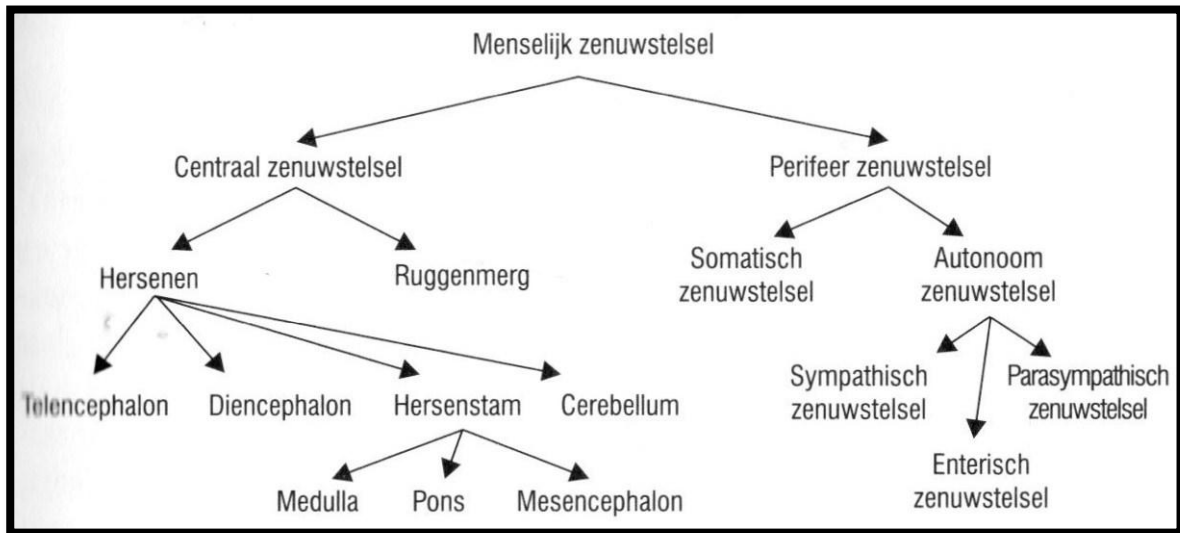


Figuur 1.13 het mitochondrion en de productie van ATP uit de glycolyse en de citroenzuurcyclus

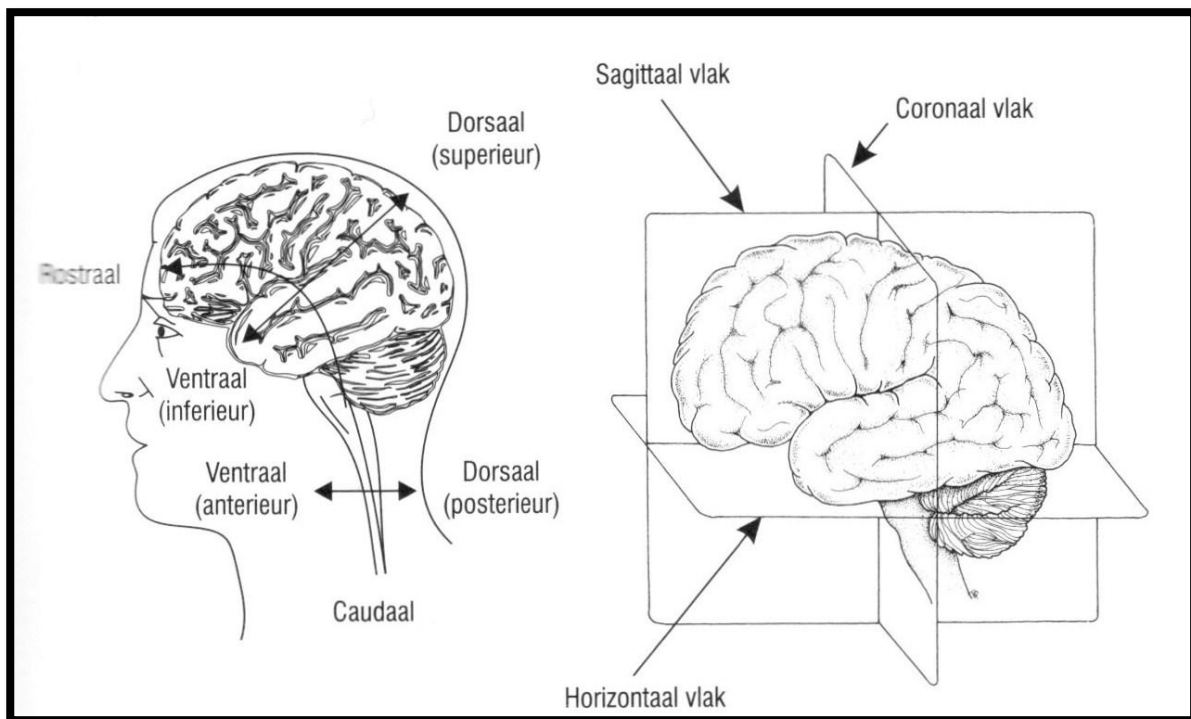
- Onverteerde resten worden door het restlichaampje exocytotisch vrijgesteld
- Lysosomale stapelingsziekte
 - o Missen van één van de lysosomale enzymen
 - o Substraat kan zich opstapelen in cellen
 - o Kan leiden tot ernstige stoornissen van het zenuwstelsel

MITOCHONDRION

- × Binnenste en buitenste mitochondriale membraan
 - Binnenste membraan
 - o Sterk geplooid
 - o Vormt de cristae
 - o Omsluit de matrix: hier speelt zich de oxidatieve fosforylatie af
 - o Productie van ATP door eiwitcomplexen
 - Buitenste membraan
- × Macromoleculen worden afgebroken tot monomere bestanddelen (bv. glucose) die gebruikt worden voor productie van ATP
- × Oxidatieve fosforylatie
Energetische fosfaten worden gevormd uit enkelvoudige suiker
 - (1) Glycolyse
Glucose wordt afgebroken tot pyruvaat
 - (2) Pyruvaatoxidatie
Pyruvaat wordt getransporteerd in de matrix en omgezet naar acetyl-coA
 - (3) Citroenoxidatie
Acetyl-coA wordt verwerkt in een cyclus van enzymatische reacties (in matrix)
 - (4) Oxidatieve fosforylatie
Krebscyclus (citroenzuurcyclus) levert de moleculen via elektrontransferreacties (in cristae), wat leidt tot de productie van ATP



Figuur 2.1 de onderdelen van het zenuwstelsel



Figuur 2.2 anatomische posities in de hersenen

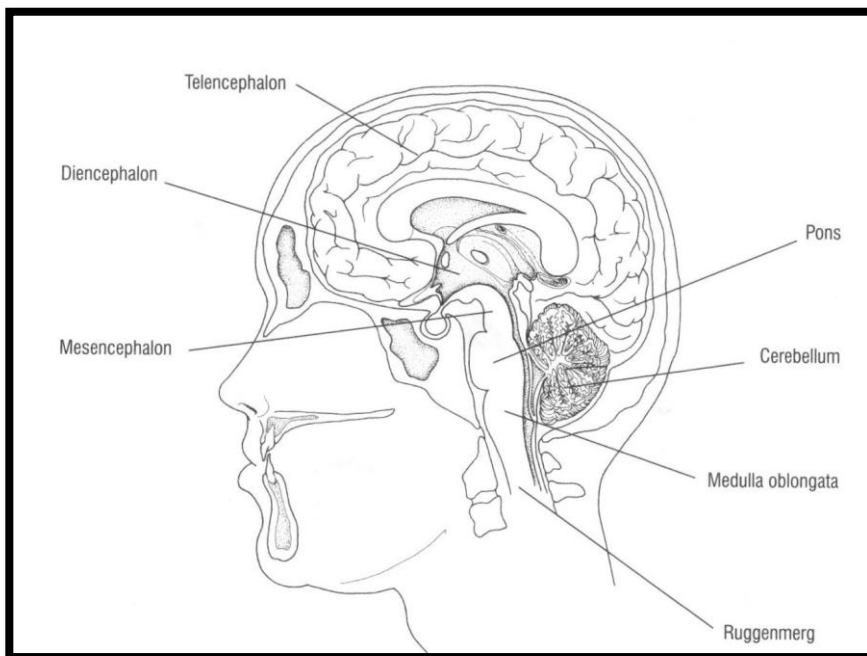
2. Bouw van het zenuwstelsel

ONDERDELEN VAN HET ZENUWSTELSEL

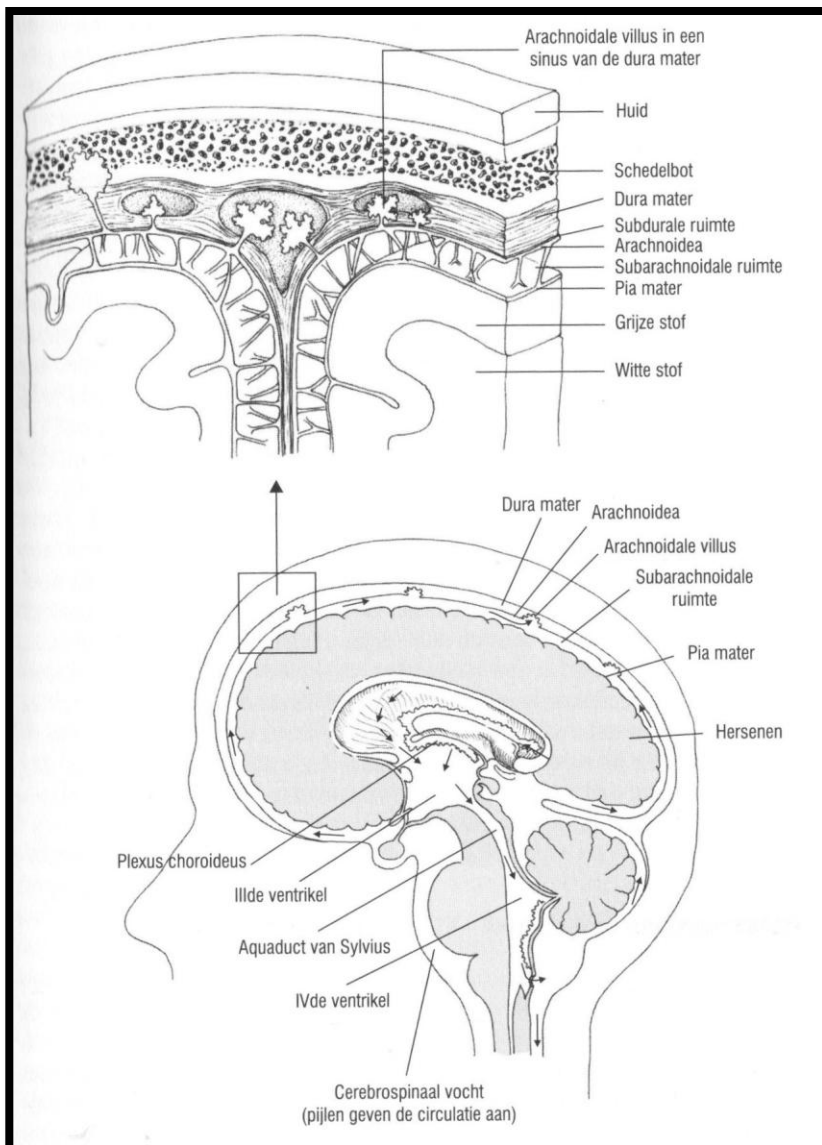
- × Centrale zenuwstelsel (CZS)
 - Hersenen en ruggenmerg
 - Verwerkt continue stroom van informatie (vanuit PZS), die zowel van externe als van interne oorsprong kan zijn
- × Perifere zenuwstelsel (PZS)
 - Alle neuronen die gelegen zijn buiten de hersenen en het ruggenmerg
 - Verbindt de zintuigcellen in de verschillende organen en weefsels met het CZS zodat het informatie kan doorgeven aan het CZS
 - Ontlokt motorische reacties ten gevolge van impulsen uit het CZS
 - Onderscheid tussen
 - Autonoom PZS
Staat in voor neurale connecties naar klieren en gladde spieren van de inwendige organen
 - Somatisch PZS
Omvat efferente en afferente zenuwen die ervoor zorgen dat sensorische en motorische prikkels van en naar het CZS geleid worden
 - Zenuwen
 - Craniaal: ontspringen in hersenen, gemengd/motorisch/sensorisch
 - Spinaal: in verbinding met ruggenmerg, gemengd
 - Zenuwvezels
 - Efferent: motorisch, transporteren van CZS naar spieren
 - Afferent: sensorisch, transporteren van lichaam naar CZS

ANATOMISCHE POSITIES

- × Assen
 - Rostraal: in richting van neus
 - Caudaal: in richting van voeten
 - Ventraal: voorzijde
 - Inferieur: ter hoogte van kin
 - Anterieur: ter hoogte van keel
 - Dorsaal: achterzijde
 - Superieur: ter hoogte van voorhoofd
 - Posterieur: ter hoogte van nek
 - Lateraal: zijkant
- × Doorsneden
 - Coronaal: verticaal (evenwijdig met aangezicht)
 - Horizontaal: loodrecht op coronaal (evenwijdig met schouders)
 - Sagittaal: verticaal (van voor naar achteren)



Figuur 2.3 het centrale zenuwstelsel



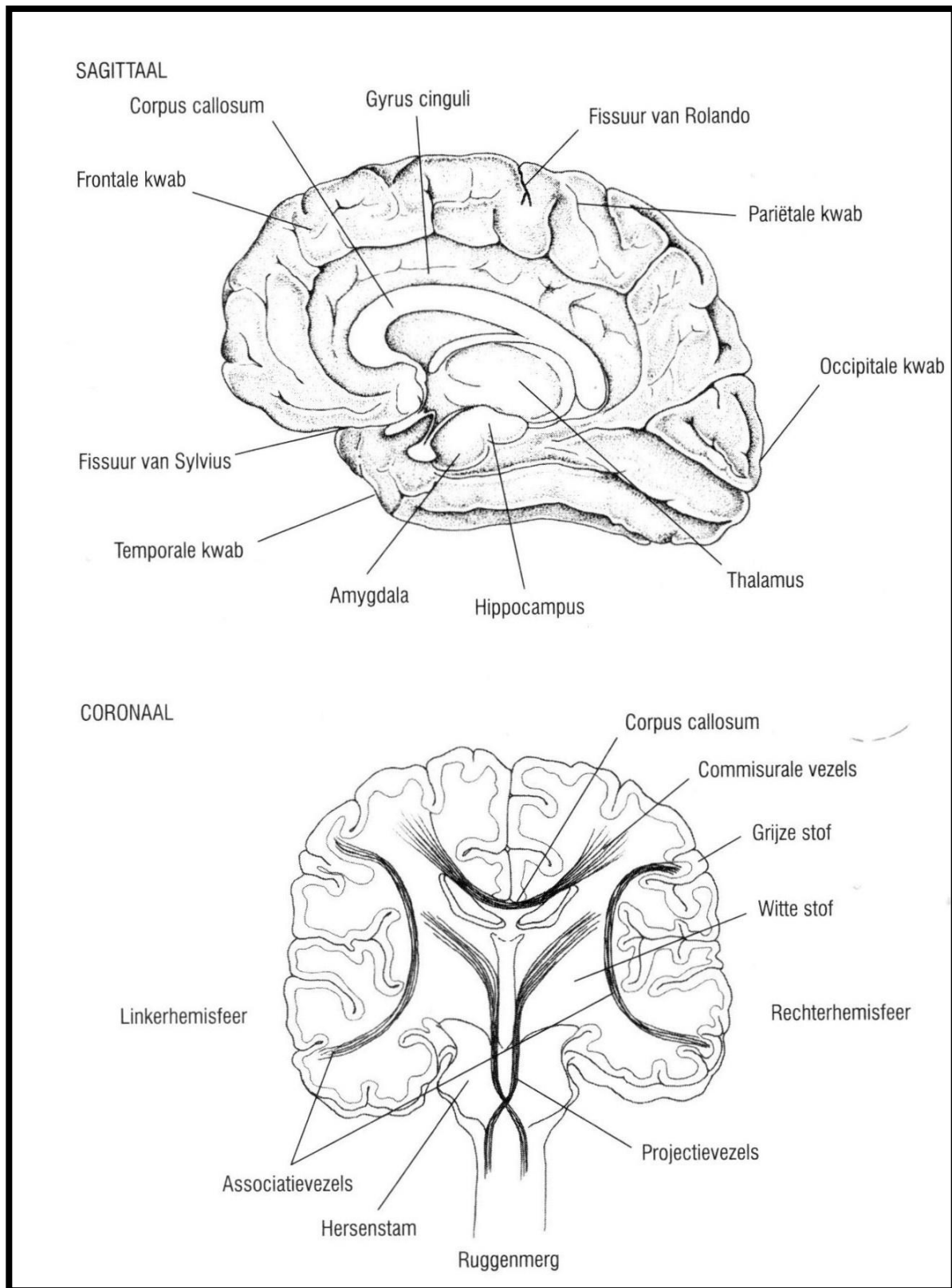
Figuur 2.4 de hersenvliezen en de circulatie van het cerebrospinale vocht

CENTRAAL ZENUWSTELSEL

- × Bestaat uit hersenen en ruggenmerg, beschermd door
 - Hersenvliezen
 - Benige structuren van de schedel en wervelkolom
- × Cerebrospinaal vocht
 - Heldere vloeistof die hersenventrikels, schedelholtes en wervelkanaal opvult
 - Fysische (schokdempende) en fysiologische functie
- × Grote delen in de hersenen
 - Telencephalon (voorhersenen)
 - Diencephalon (tussenhersenen)
 - Hersenstam
 - Mesencephalon
 - Pons
 - Medulla oblongata
 - Cerebellum (kleine hersenen)

HERSENVLIEZEN, HERSENVENTRIKELS EN CEREBROSPINAAL VOCHT

- × Hersenvliezen
 - Bindweefselmembranen zetten zich voort als omhulling van het ruggenmerg en vormen ruggenmergvliezen
 - 3 bindweefselmembranen
 - (1) Dura mater
 - Buitenste harde hersenvlies
 - Vergroeid met beenvlies aan de binnenzijde van de schedel
 - (2) Arachnoidea
 - Middelste hersenvlies of spinnenwebvlies
 - Talrijk aan bloedvaten
 - Dun membraan
 - Fijne, netvormige bindweefselbakjes: verbinden membraan met dura mater en pia mater
 - Overbrugt de grote en kleine groeven van de hersenoppervlakken: onder het vlies zitten met hersenvocht gevulde holtes
 - Subdurale ruimte: tussen dura mater en arachnoidea
 - Subarachnoidale ruimte: tussen pia mater en arachnoidea
 - (3) Pia mater
 - Zacht hersenvlies
 - Talrijk aan bloedvaten
 - Zeer dun
 - Lig direct tegen hersenmassa: loopt in alle groeven mee



Figuur 2.5 het telencephalon

- × Hersenventrikels
 - Inwendige holtes die onderling met elkaar in verbinding staan en ontstaan bij groei van de hersenen
 - Soorten ventrikels
 - Laterale ventrikel (grote hersenhemisferen)
 - Derde ventrikel (tussenhersenen)
 - Vierde ventrikel (hersensham)
 - Laterale ventrikel staat in verbinding met de derde ventrikel
 - Derde ventrikel staat in verbinding met de vierde ventrikel via een smal kanaal (het aquaduct van Sylvius) dat doorheen het mesencephalon loopt
- × Cerebrospinaal vocht (CSV, liquor cerebrospinalis)
 - Plexus choroideus
Bloedvatennet, geplooid membraan dat in ventrikels uitstulpt en zorgt voor de vorming van CSV
 - Functie
 - Houdt de druk rond de hersenen op peil
 - Fungeert als schokdemper
 - Zorgt voor uitwisseling van voedingsbestanddelen en afvalstoffen met de hersenen
- × Onderling verband
 - Vanuit ventrikelsysteem gaat CSV vloeien door subarachnoidale ruimte (rondom hersenen en ruggenmerg), waarna het door de bloedvaten wordt gereabsorbeerd
 - Hersenventrikels, schedelholtes en holtes in het wervelkanaal vormen een doorlopend liquorsysteem waarin het CSV circuleert
 - Het CSV wordt verschillende keren per dag hernieuwd (150 ml in hersenen – 500 ml productie)

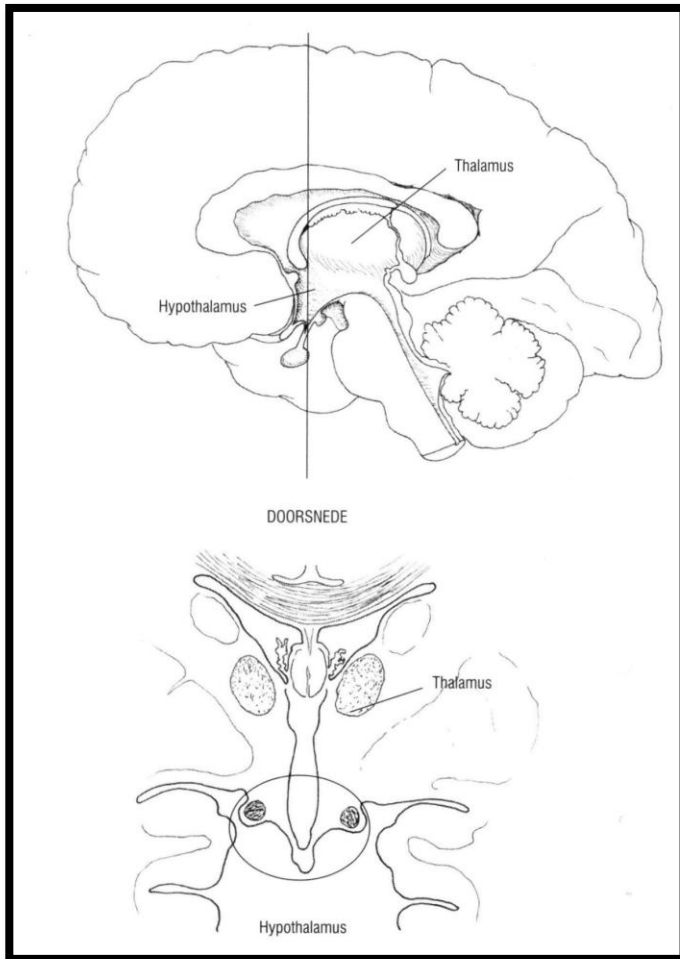
TELENCEPHALON

- × Corpus callosum
Verbindt de twee hersenhemisferen
- × Fissura longitudinalis cerebri
Onderscheidt de twee hersenhemisferen
- × Cerebrale cortex
 - Hersenschors
 - Geplooid oppervlak dat buitenkant van de hemisferen vormt en een dikke laag van grijze stof is
 - Bevat veel bloedvaten en cellichamen van cerebrale zenuwcellen
 - Onder de cerebrale cortex is er een witte stof van zenuwvezels
 - Corticale oppervlak
 - De 6 verschillende lagen van neuronaal weefsel van de cerebrale cortex
 - Sterk geplooid
 - Veel groeven (sulci), diepe groeven (fissuren) en windingen (gyri)
 - Gyrus cinguli: grote winding rondom het corpus callosum

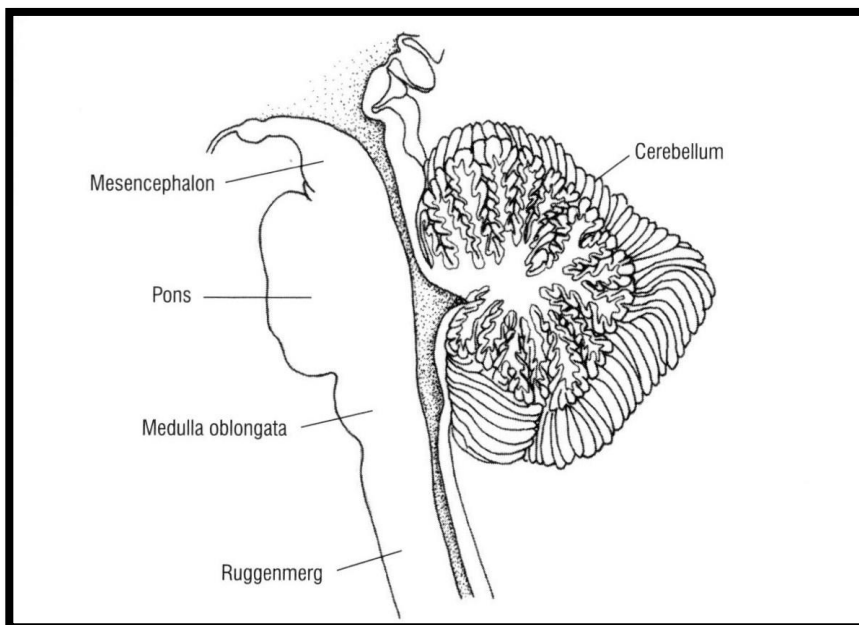
- × Witte stof

Bestaat uit uitlopers van neuronen die informatie van en naar de cerebrale cortex transporteren en die georganiseerd zijn in vezelbanen

 - Associatievezels
Verbinden verschillende delen van de cortex binnen dezelfde hemisfeer
 - Commisurale vezels
Verbinden verschillende hersenhemisferen (bv. corpus callosum)
 - Projectievezels
Verzorgen verbindingen tussen hersenstam en cerebrale cortex
- × Onderscheid hersenkwabben of lobben
 - Frontale kwab
 - o Het meest anterieur
 - o Gescheiden van cortex door sulcus centralis (fissuur van Rolando)
 - o Spraak, redeneren, emoties en controle van bewegingen
 - o De prefrontale cortex
 - o Uitgebreide reciproque verbindingen met de thalamus en het limbische systeem
 - o Executieve functies: hogere geheugen- en denkprocessen, emotioneel gedrag, motivatie en de keuze en planning van gedragingen in functie van de omgevingscontext
 - Pariëtale kwab
 - o Posterieur aan frontale kwab, achter fissuur van Rolando
 - o Anterieure deel: somatosensorische cortex ontvangt en interpreteert gewaarwordingen als tast, temperatuur en pijn
 - o Posterieure deel: sensorische input van de somatische en sensorische regio's integreert (voor controle van bewegingen)
 - Occipitale kwab
 - o Achter pariëtale kwab en meest posterieure deel van de cerebrale cortex
 - o Ontvangen en verwerken van visuele input
 - Temporale kwab
 - o Inferieur ten opzichte van de frontale en pariëtale kwab
 - o Gescheiden door de sulcus lateralis (fissuur van Sylvius)
 - o Begrijpen van gesproken taal, gehoor en geheugen
- × Belangrijke structuren
 - Basale ganglia
Gevormd door kernen van grijze stof (nucleus caudatus, putamen en globus pallidus)
 - o Maken deel uit van het extrapyramidale systeem
 - o Staan in voor initiatie en controle van bewegingen, lichaamshouding en bepaalde cognitieve functies
 - o Maken deel uit van een controlesysteem in samenwerking met structuren in de hersenstam (substantia nigra) en de motorische cortex, frontale lobben en het cerebellum



Figuur 2.6 het diencephalon



Figuur 2.7 lateraal zicht op de hersenstam, het cerebellum en het ruggenmerg

- Hippocampus en amygdalia
 - Behoren tot het limbische systeem
 - Bestaat uit een ring van corticaal weefsel (archicortex) op de grens tussen neocortex en het diencephalon
 - Speelt een rol bij het geheugen en emotionele expressies
 - Hippocampus
 - Inprenting van nieuwe informatie
 - Vorming van nieuwe herinneringen
 - Amygdala
 - Sociaal gedrag en controle
 - Uitdrukking en interpretatie van emotionele reacties

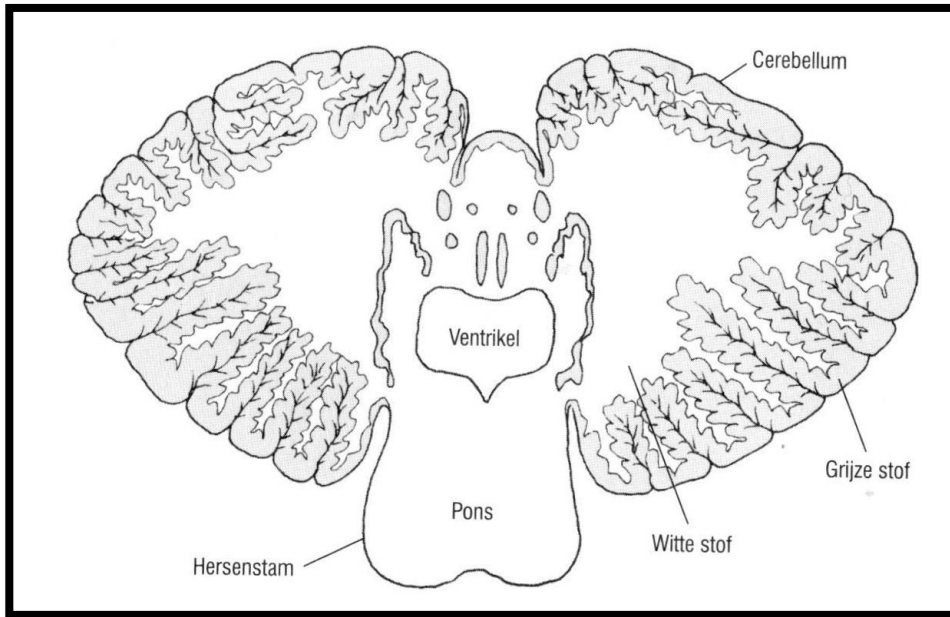
DIENCEPHALON

Ligt rostraal van de hersenstam

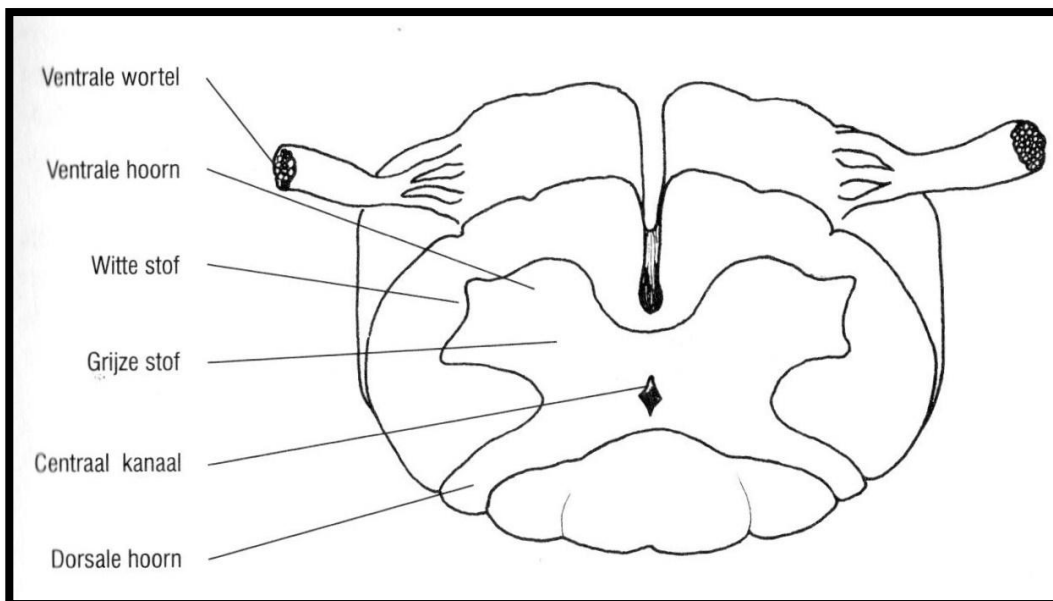
- × Thalamus
 - Bevat verschillende zenuwkernen (groepen van cellichamen)
 - Ontvangt zenuwbanen van de somatosensorische en motorische systemen in de hersenen en ruggenmerg
 - Functie
 - Overdracht en verwerking van sensorische informatie naar de respectieve hersengebieden
 - Bewuste gewaarwording van deze sensorische informatie
 - Richten van aandacht
- × Hypothalamus
 - Bevat een aantal onderling sterk verbonden kernen
 - Afferente en efferente verbindingen met verschillende onderdelen van het CZS
 - Functie
 - Gedragingen en autonome functies regelen die verband houden met homeostase (= het in stand houden van inwendige biologische toestand) en voortplanting
 - Motivationeel systeem (gedragingen die als belonend worden ervaren, worden geïnitieerd en bestendigd)

HERSENSTAM

- × Mesencephalon
 - Kleinste onderdeel van hersenstam
 - Bevat gepigmenteerde hersenkern (substantia nigra)
 - Neuronen van mesencephalon
 - Vormen belangrijke verbindingen met motorische hersensystemen (cerebellum en basale ganglia)
 - Maken deel uit van het extrapiramidale systeem dat samen met het corticospinale systeem instaat voor motorische bewegingen
 - 2 grote vezelbundels: sensorische informatie naar de hersenen toe en motorische informatie van hersenen wegleiden
 - Delen van het auditieve en visuele systeem (bv. hoofd bewegen naar geluid toe)



Figuur 2.8 coronale doorsnede door het cerebellum



Figuur 2.9 doorsnede door het ruggenmerg

- × Pons
 - Bestaat uit witte stof
 - Gescheiden van medulla oblongata door groeve
 - 2 delen
 - Ventraal: waarnemingsinformatie sturen van cerebrale cortex naar cerebellum
 - Dorsaal: regulatie van ademhaling, smaak en slaap
- × Medulla oblongata
 - Meest caudale deel
 - Lijkt op het ruggenmerg en gaat hierin over
 - Bevat stijgende en dalende banen die
 - Ruggenmerg en hersenen verbinden
 - De verticale uitwisseling van informatie verzorgen
 - Bevat kernen (groepen van cellichamen van neuronen) die instaan voor de regulatie van bepaalde vitale functies (bloeddruk, ademhaling, spijsvertering en hartritme)

CEREBELLUM

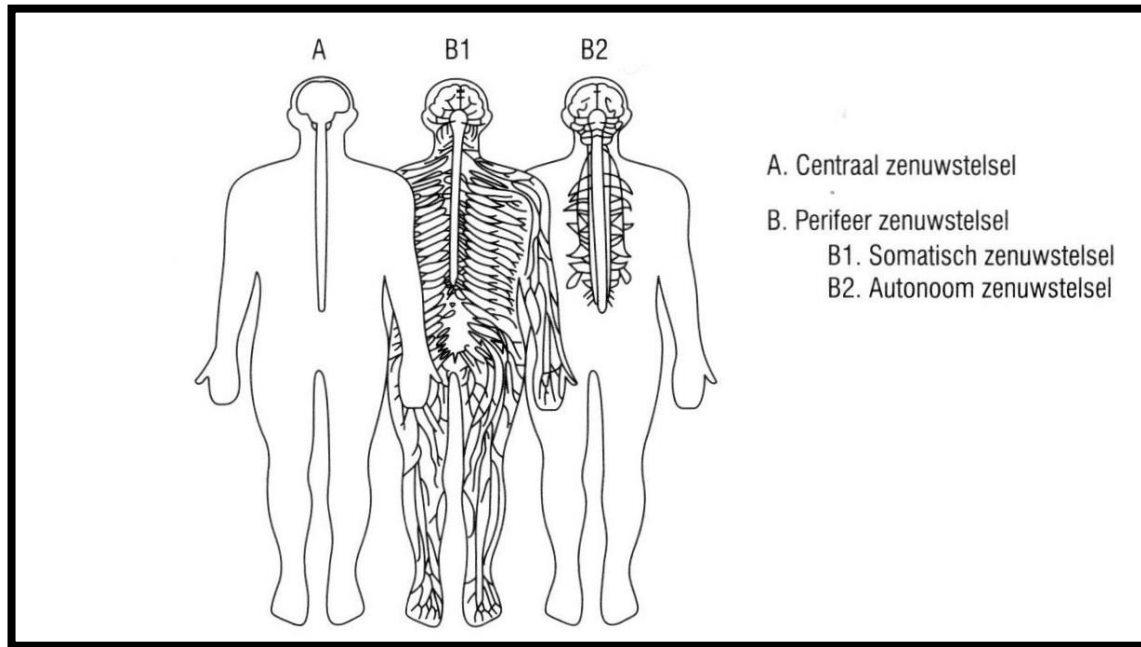
- × Bevat het grootste aantal neuronen
- × Bestaat uit een dikke laag grijze stof (cellichamen) rondom een centrale massa witte stof (zenuwvezels of axonen) (= omgekeerde van telencephalon)
- × Betrokken bij
 - Motorische coördinatie en krijgt somatosensortische input (zintuiglijke waarneming betreffende het lichaam) vanuit het ruggenmerg
 - Motorische informatie vanuit de cortex
 - Informatie over het lichaamsevenwicht uit het evenwichtsorgaan (binnenoor)
 - Adequaat uitvoeren van aangeleerde bewegingen
 - Controle en coördinatie van alle bewegingen
- × Bepaalde delen staan in voor ...
 - In stand houden van het lichaamsevenwicht
 - Coördineren van contractie van spiergroepen bij houdingsverandering
- × Structuur

Een soort integratiecentrum voor informatie van motoriek, evenwicht, tastgevoeligheid en diepe gevoeligheid (vanuit het ruggenmerg)

RUGGENMERG

- × Grijze stof (binnenste)
 - Bevat cellichamen van zenuwcellen
 - Bestaat uit twee dorsale en twee ventrale hoornen
 - Dorsaal: sensorische neuronen die prikkels vanuit zintuigen ontvangen
 - Ventraal: cellichamen van motorneuronen die de spieren bezenuwen
- × Witte stof (buitenste)

Uitlopers van neuronen die een opwaartse (naar hersenen) of neerwaartse (naar lichaam) baan doorheen het ruggenmerg volgen



Figuur 2.10 de verschillende delen van het zenuwstelsel

- × Functie
 - Segmenten die de bezuiging van een specifiek deel van het lichaam bevatten. Aan beide zijden ontspringen zenuwbundels (dorsale en ventrale wortels) die samen komen in spinale zenuw
 - Dorsaal: afferente vezels die sensorische informatie vanuit periferie aanvoeren
 - Ventraal: axonen van motoneuronen en vervullen efferente functie
 - Ontvangt sensorische informatie van zintuigen in huid, gewrichten, spieren van romp en ledematen
 - Ontvangt sensorische input van inwendige organen
 - Functie controleren
 - Bevat motoneuronen die verantwoordelijk zijn voor vrijwillige bewegingen en reflexen

PERIFEEER ZENUWSTELSEL

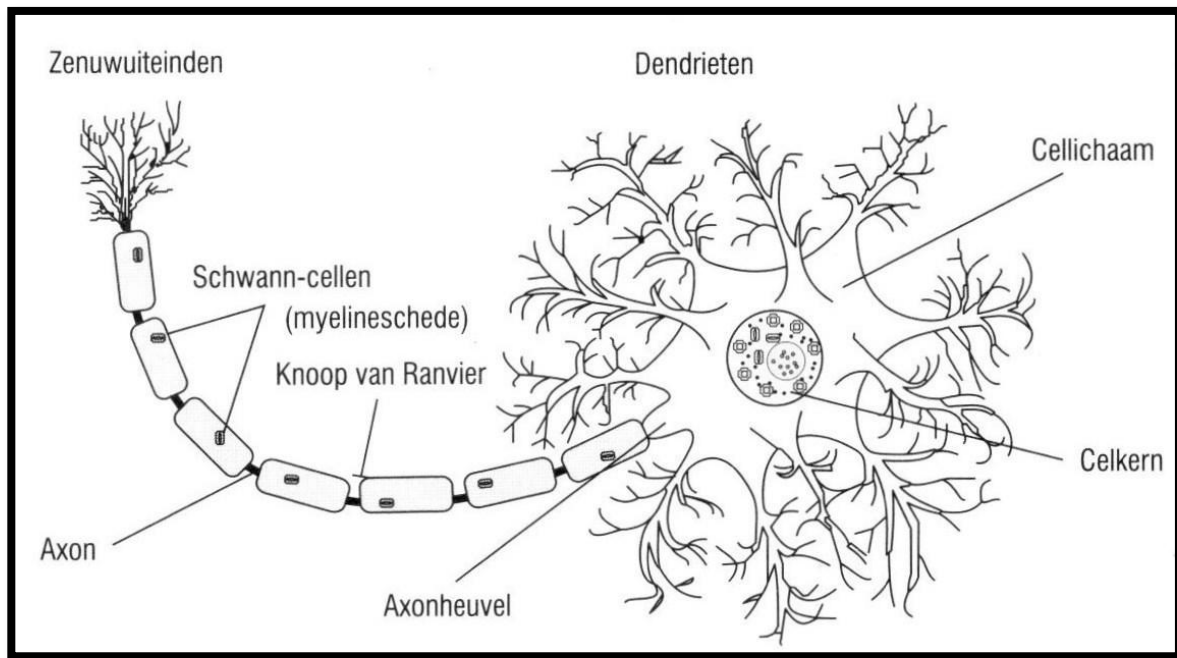
Het perifeer ZS bevat spinale en craniale zenuwen, afhankelijk van de functie en structuren die ze bezuigen (somatisch of autonoom ZS)

- × Somatisch zenuwstelsel
 - Omvat sensorische neuronen die de huid, dwarsgestreepte spieren en gewrichten bezuigen
 - Functie: informatie krijgen over
 - De stand van de spieren en ledematen
 - De perceptie van temperatuur en pijn
 - De druk en aanraking aan het lichaamsoppervlak
 - Ontlokt willekeurige reacties aan de dwarsgestreepte skeletspieren en staat zo in voor lichaamsbewegingen
- × Autonoom (of vegetatief) zenuwstelsel
 - Bezuigt de exocriene klieren, ingewanden en gladde spieren
 - Zelfcontrolerend: onwillekeurige reacties, zonder bewuste controle
 - Bewaking van evenwicht of homeostase binnen het interne lichaamsmilieu door middel van onvrijwillige en onbewuste reacties
 - 3 Delen
 - Sympatisch zenuwstelsel

Reguleert de stressreacties en bereidt voor op actie (fight or flight), waarbij harstlag en ademprequentie verhogen en spijsverteringsactiviteit afneemt
 - Parasympatisch zenuwstelsel

Zet het lichaam tot rust en opbouw aan en het bewaart of herstelt het inwendige evenwicht (rest and digest), waarbij harstlag en ademprequentie afnemen en spijsverteringsactiviteit toeneemt
 - Enterisch zenuwstelsel

Neuronaal netwerk in de wanden van de ingewanden waardoor er spiercontracties tot stand komen, onafhankelijk van het centrale ZS (bv. darmperistaltiek)

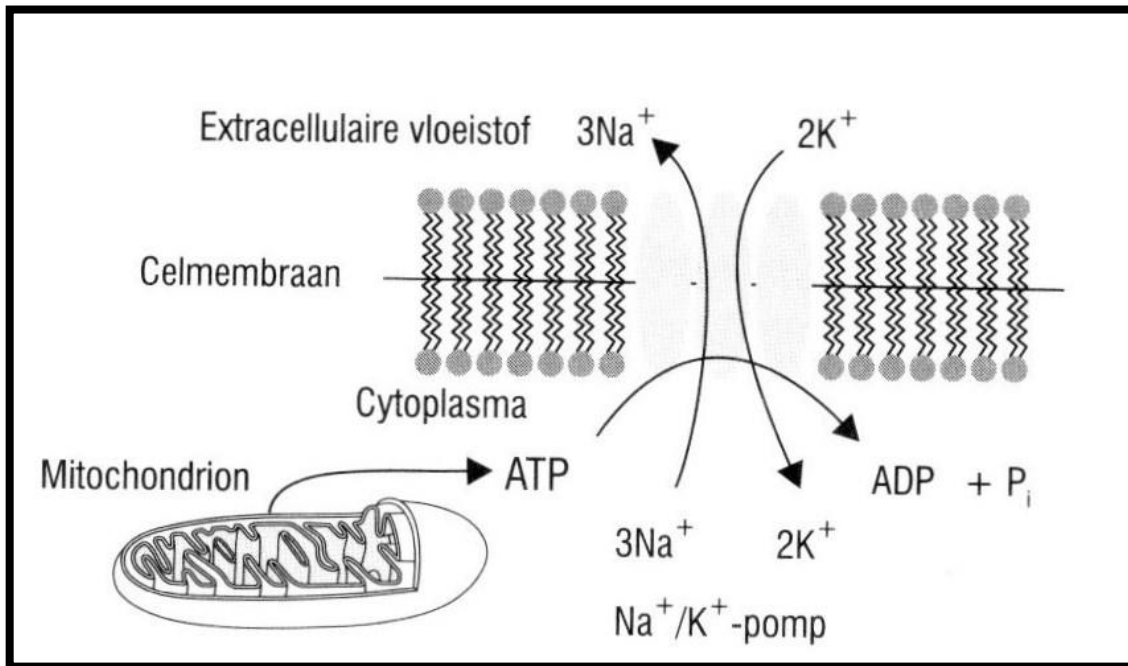


Figuur 3.1 hypothetische zenuwcel

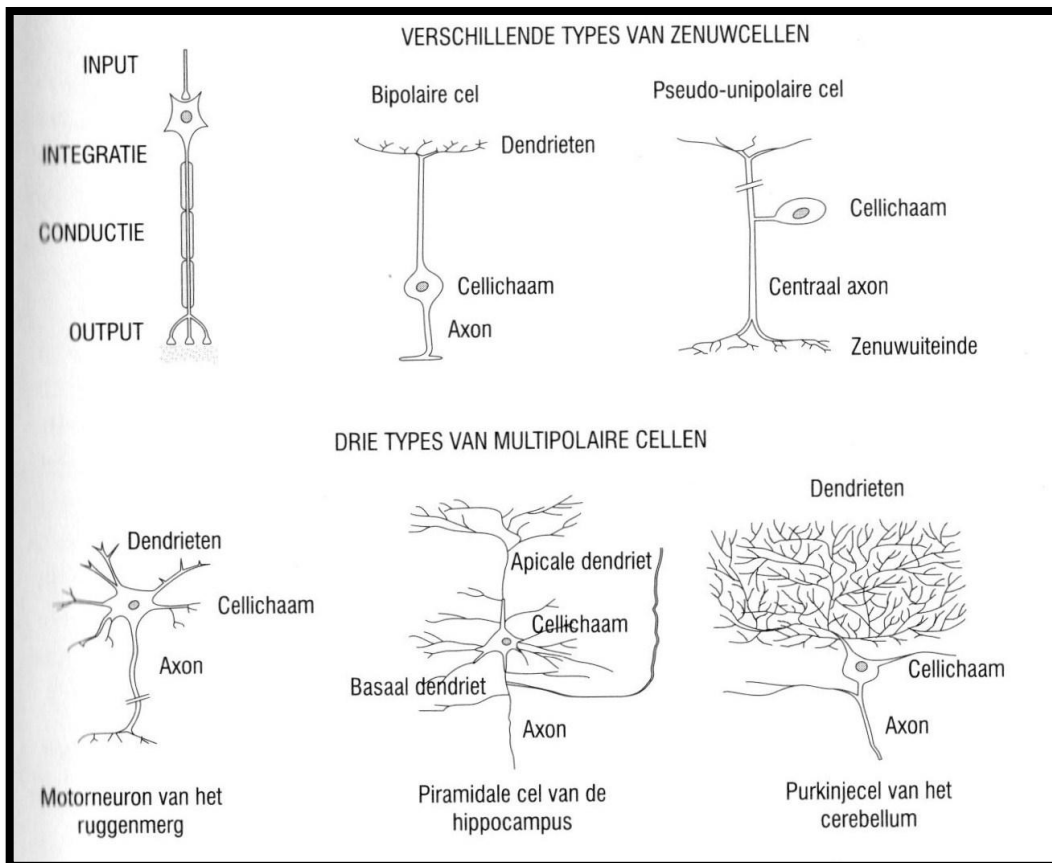
3. Cellen van het zenuwstelsel

ZENUWCELLEN EN STEUNCELLEN

- × Zenuwcellen of neuronen
 - Morfologisch en functionele eenheden van het ZS
 - Exciteerbare cellen die in staat zijn informatie te verwerken, door te sturen en op te slaan
 - Voortgeleiding van elektrische impulsen en afscheiding van chemische substanties die de activiteit van andere neuronen beïnvloeden
 - Steun- en bindweefsels in zenuwweefsel
- × Gliacellen of steuncellen
 - Geen rechtstreekse functie bij informatieverwerking en -geleiding
 - Onmisbaar voor het vervoer van voedingsstoffen naar en de bescherming van neuronen
- × Bouw neuron
 - Cellichaam of soma
 - Metabolisch centrum van de cel
 - Omvat de celkern (genetisch materiaal)
 - Sommige cellen hebben meer dan één kern
 - Bevat fijn verdeeld chromatine als gevolg van intense synthetische activiteit
 - Omvat organellen die metabole functies uitvoeren en waar proteïnesynthese plaatsvindt
 - Intracellulaire structuren
 - Nissl-substantie
 - Verspreid over cytoplasma en dendrieten
 - Losse korreltjes en aggregaten van afgeplatte buisjes en blaasjes bedekt met korreltjes
 - Opvallend in grote neuronen
 - Intense synthetische activiteit door de aanwezigheid van ruw ER en vrije ribosomen
 - Neurofibrillen
 - Uiterst fijne vezels die door het cellichaam en de axonen lopen en instaan voor het intracellulaire transport
 - Pigmenten
 - Lipofuscine (ophopingen van niet-verteerd materiaal uit lysosomen) stapelt zich op in axonheuvel
 - Veel mitochondriën, ook in de axonuiteinden
 - Dendrieten
 - Boomvormige vertakte uitlopers van het cellichaam die prikkels van andere zenuwcellen ontvangen en naar het cellichaam leiden (afferente functie)



Figuur 3.2 energieverbruik door de Na⁺/K⁺-pomp



Figuur 3.3 functionele componenten en diverse morfologie van zenuwcellen

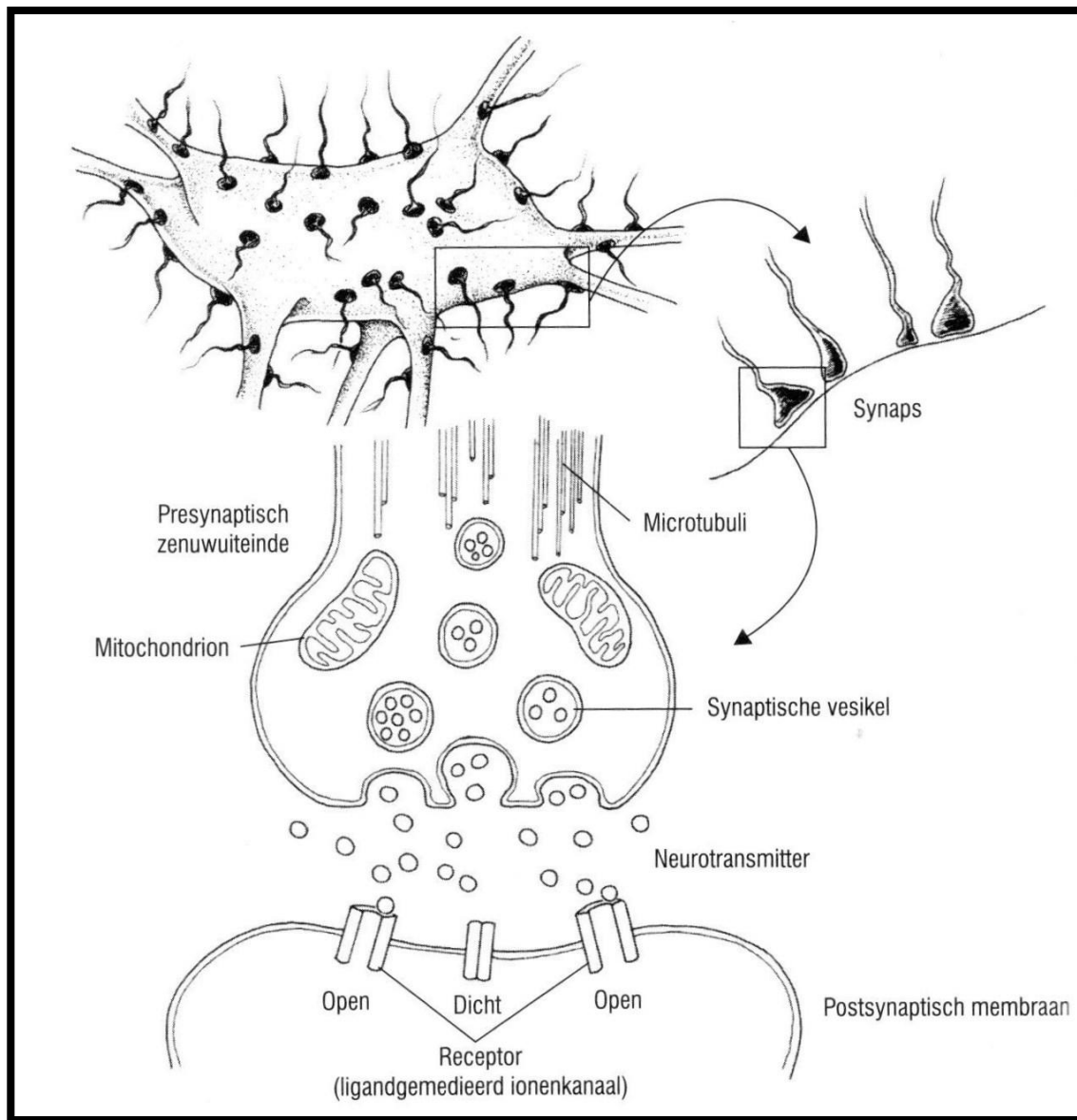
- Axon
 - o Uitloper van het cellichaam dat langer en dikker is dan de dendrieten
 - o Leidt prikkels vanuit het cellichaam naar andere neuronen (efferente functie)
 - o Meestal slechts één axon
 - o Geleiding van elektrische signalen (0,1 mm – 3 m)
 - o Actiepotentialen
 - Geïnitieerd aan het begin van het axon (axonheuvel)
 - Hersenen ontvangen, analyseren en geleiden informatie op basis van AP's
 - Snelheid verhogen door axonen te omgeven door een myelineschede die wordt onderbroken door de knopen van Ranvier
- Presynaptische zenuwuiteinden
 - o Axonen splitsen ter hoogte van hun eindpunt in de fijne vertakkingen of presynaptische zenuwuiteinden
 - o Functie van eindknoppen: neuron communiceert met andere neuronen

ENERGIEVERBRUIK IN DE ZENUWCEL

- × Er is een intense stofwisselingsactiviteit (talrijk voorkomen van mitochondriën)
- × Onderbreking in zuurstoftoevoer en voedseltoevoer zal snel nadelige gevolgen hebben door grote energetische behoefte
- × Mitochondriën
 - Productie van ATP (= energiebron voor processen in zenuwcellen)
 - ATPhydrolyse = energie komt vrij door enzymatische afsplitsing van fosfaatgroepen van ATP-molecule
- × Procenten
 - + 50%: natrium/kalium-pomp om rustpotential in stand te houden en te herstellen
 - 10%: standaard cellulaire processen = synthese recyclage
 - 30% – 40%: axonaal transport, Ca^{2+} -transport, metabotrope receptorwerking, fosforylatiereacties, vesikelrecyclage

DIVERSE MORFOLOGIE EN FUNCTIE

- × Elk neuron, ongeacht de vorm of functie, kan onderverdeeld worden in 4 functionele componenten
 - (1) Lokale inputzone: informatie binnen in neuron
 - (2) Integratiezone: verwerking van informatie
 - (3) Conductiezone of signaalcomponent: geleiding van impulsen doorheen het neuron naar het uiteinde van het axon
 - (4) Outputzone: contact leggen met volgende zenuwcel waar het signaal het neuron verlaat
- × De informatie die doorheen het neuron loopt, is elektrisch van aard en wordt in de outputzone omgezet in een chemisch signaal (neurotransmitter)
- × 3 categorieën van neuronen (op basis van vorm)
 - (1) Unipolaire neuronen
 - o Meest eenvoudige zenuwcellen
 - o Niet te vinden bij hogere organismen
 - o Één uitloper met verschillende vertakkingen



Figuur 3.4 de chemische synaps

(2) Multipolaire neuronen

- o Meest voorkomende zenuwcellen bij gewervelde dieren
- o Één axon met dendrieten die op verschillende plaatsen uit het cellichaam ontspringen
- o Verschillen sterk van vorm, lengte van axon, aantal en lengte van dendrieten (afhankelijk van plaats)
- o Bipolaire neuronen (meest sensorische neuronen) hebben een cellichaam waaruit 2 uitlopers vertrekken, een axon dat informatie naar het centrale ZS vervoert en een dendriet die informatie vanuit periferie ontvangt

(3) Pseudo-unipolaire cellen

- o Een enkele uitloper die dicht bij het cellichaam splitst in 2 takken
 - Één vanuit de periferie
 - Één naar het centrale ZS
- o Impulsen worden over de uitloper geleid zonder dat die het cellichaam moet passeren

× 3 categorieën van neuronen (op basis van functie)

(1) Sensorische neuronen of receptorcellen

- o Zeer gespecialiseerde neuronen die zintuiglijke informatie ontvangen
- o Vervoeren impulsen vanuit de periferie van het lichaam naar het centrale ZS om zo perceptie en motorische coördinatie mogelijk te maken

(2) Motorneuronen of effectorcellen

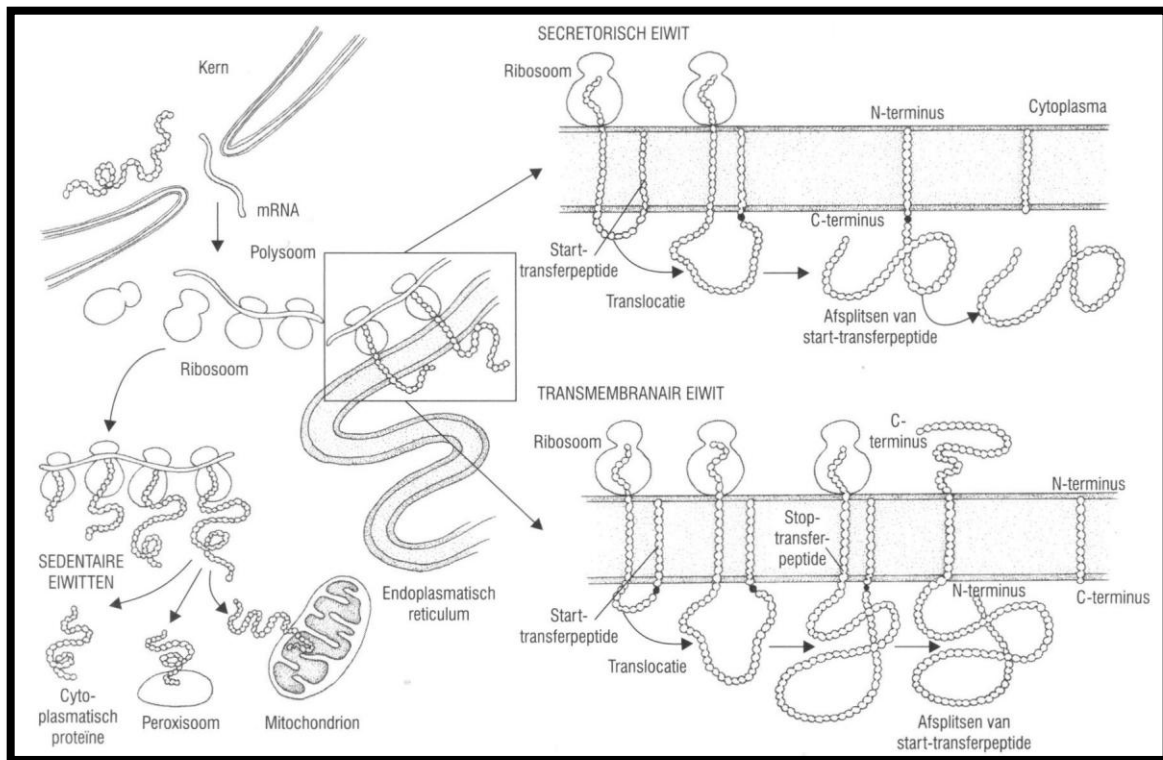
Vaak lange axonen waarmee zenuwimpulsen vanuit centrale ZS naar de spieren of organen van het lichaam geleiden

(3) Interneuronen

- o Neuronen die niet specifiek sensorisch of motorisch zijn
- o Meest talrijk
- o Ontvangen informatie, verwerken deze en sturen de impulsen door naar andere neuronen
- o Projectie inter-neuronen met lange axonen die signalen vervoeren over lange afstand
- o Lokale inter-neuronen die informatie verwerken binnen lokaal circuit

SYNAPSEN

- × Informatieoverdracht of transmissie tussen neuronen door elektrische of chemische synapsen
 - Elektrische synapsen: gap-junction kanaaltjes die cytoplasmatische bruggetjes maken tussen zenuwcellen
 - Chemische synapsen: discontinue signaaloverdracht over de synaps
- × Belangrijke functionele contacten vormen tussen neuronen en omvatten functioneel en morfologisch het ...
 - Presynaptische membraan: neuron dat het signaal doorgeeft
 - Postsynaptische membraan: neuron dat het signaal ontvangt
 - Synapsspleet: fysische barrière tussen beiden
- × Synapsen worden onderscheiden op basis van het soort van contact en we spreken overeenkomstig van axo-dendritische, axo-somatische en axo-axonale synapsen

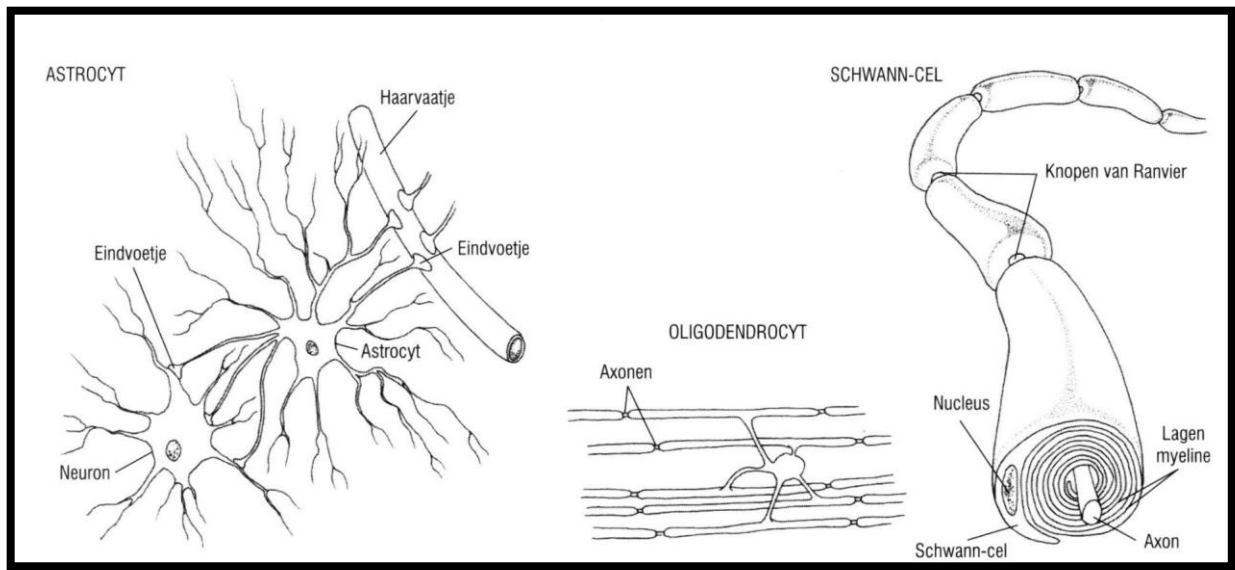


Figuur 3.5 synthese van sedentaire, secretorische en transmembranaire eiwitten in de zenuwcel

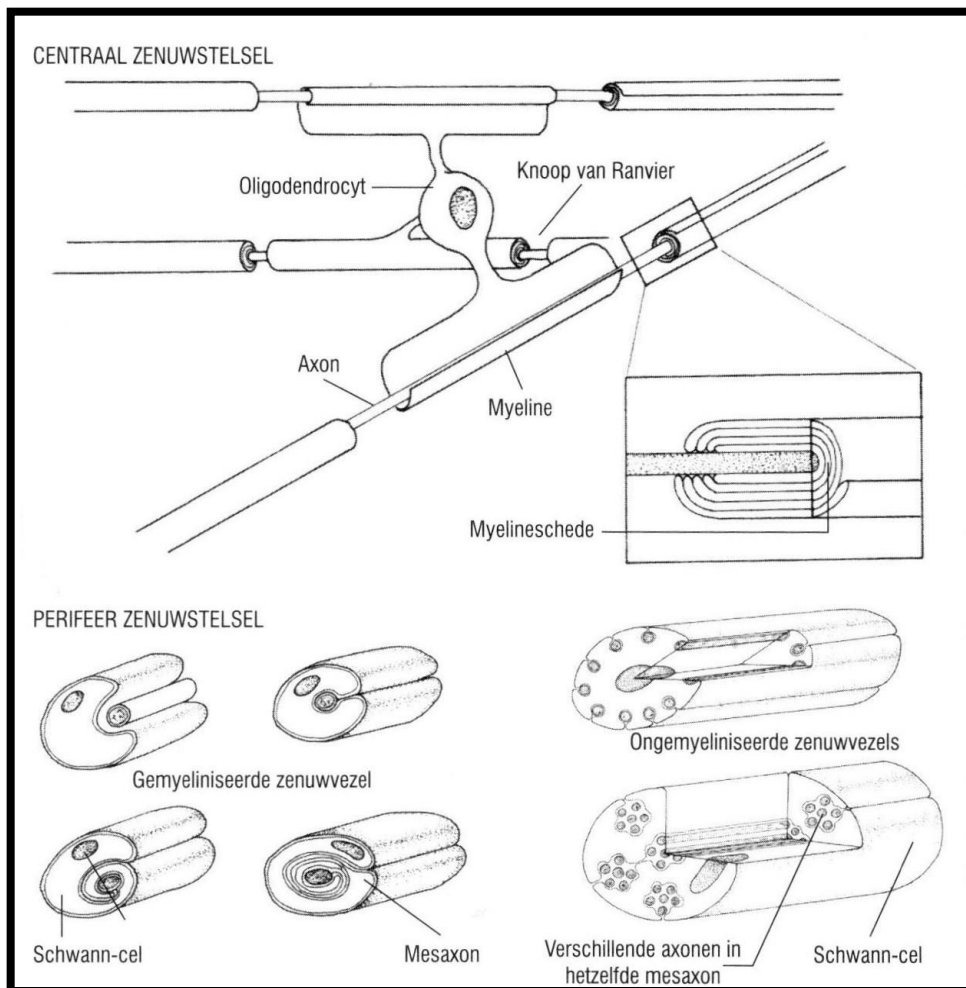
- × De chemische synaps
 - Eenheid waar synaptische transmissie van signalen tussen neuronen plaatsvindt door middel van neurotransmitters die door zenuwuiteinden worden vrijgegeven
 - Zenuwuiteinden bevatten mitochondriën, beetje cytoskelet en korrelachtige structuren die we vesikels noemen
 - Vesikels = membraanblaasjes waarin neurotransmitters (klaar voor secretie) verpakt zitten. Vaak zorgen speciale transporteiwitten voor de vulling van vesikels met een neurotransmitter
 - Grote dense-cored vesicles
 - Kleine synaptische vesikels
 - Vrijgestelde neurotransmitter beïnvloeden de zenuwcel door hun binding aan receptoren die in het presynaptische of postsynaptische membraan voorkomen

SYNTHESE IN HET CELLICHAAM

- × Cellichaam
 - Vaak synaptische input
 - Functie van integratie van deze input en metabolisch centrum van het neuron
 - Plaats waar meeste eiwitsynthese plaatsvindt
 - Veel ruw ER, vrije ribosomen (Nissl-substantie) en Golgi-apparaten
- × Eiwitsynthese
 - Messenger RNA komt uit de celkern en vormt vrije en membraangebonden polysomen
 - De vrije polysomen synthetiseren sedentaire eiwitten die in het cytoplasma terechtkomen en naar hun plaats van bestemming worden getransporteerd (in bepaalde organellen of als cytoplasmatisch eiwit)
 - Membraangebonden polysomen bevinden zich op het ruw ER en synthetiseren secretorische en transmembranaire eiwitten
 - De synthese van beide soort eiwitten begint met een signaalsequentie of start-transferpeptide (bevat hydrofoob polypeptide dat zich in het membraan vastzet)
 - Tijdens eiwitsynthese gebeurt de translocatie doorheen het membraan, waardoor het eiwit in het lumen van het ER terecht komt
 - Wanneer de hele eiwitketen wordt getransloceerd, ontstaat een secretorisch eiwit dat vrijkomt in het lumen van het ER nadat het signaalpeptidase het heeft losgeknipt van zijn signaalsequentie
 - Een transmembranair eiwit bevat echter een hydrofoob stop-transferpeptide dat in het membraan blijft vastzitten. Na het losknippen van de signaalsequentie zal een dierlijk eiwit blijven vastzitten in het membraan met zijn N-terminale deel in het ER en zijn C-terminale deel naar het cytoplasma
 - In het glad ER worden de eiwitten geïncorporeerd in secretiegranules of vesikels, die naar het Golgi-apparaat worden getransporteerd en tenslotte door axonaal transport naar het zenuwuiteinde worden gebracht



Figuur 3.6 drie soorten macrogliale steuncellen in het zenuwstelsel



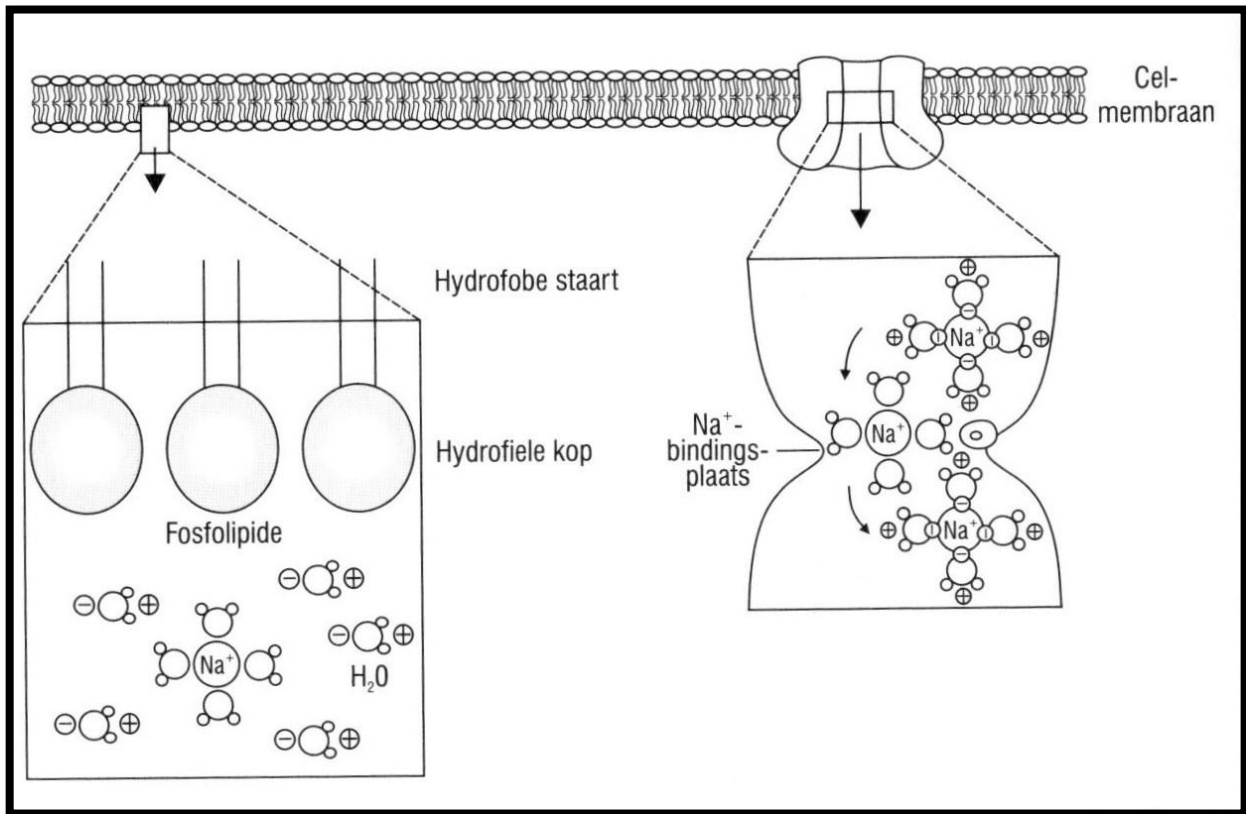
Figuur 3.7 myelinisatie in het centrale en het perifere zenuwstelsel

GLIACELLEN

- × Het zenuwstelsel van gewervelde dieren bevat 10 tot 50 keer meer gliacellen dan neuronen
- × Belangrijkste types
 - Macrogliā
 - Astrocyten
 - Grootste en talrijkste
 - Onregelmatig, stervormig cellichaam met talrijke uitlopers
 - Algemeen verspreid door hersenen en ruggenmerg
 - Functies
 - Structurele steun
 - Herstel van hersenweefsel na beschadiging
 - Nutritieve rol (brug vormen tussen haarvaatjes en zenuwcellen)
 - Bloed-hersenbarrière (gesloten kring rond bloedvaten in hersenen)
 - Oligodendrocyten
 - Kleine cellen met weinig uitlopers
 - Voornamelijk in grijze en witte stof van het centrale ZS
 - Omhulling van axonen met myeline (= myelineschede)
 - In cytoplasma stapelen zich lipiden op, waardoor de zenuwvezel na myelinisatie een witachtig glanzend uiterlijk krijgt
 - Schwann-cellen
 - Gliacellen (gelijkend op oligodendrocyten), maar in het perifere ZS
 - Myelinisatie van axonen in het perifere ZS
 - Microglia
 - Kleine cellen met langgerekt cellichaam en doornige uitlopers
 - Niet erg talrijk
 - Voornamelijk in grijze en witte stof van het centrale ZS
 - Huishoudelijke taken (transport van afval- en afbraakstoffen, dood weefsel verwijderen)
 - Ependymale cellen (minder belangrijk)
 - Begrenzende cellaag van de hersenen (en bloedvaten)
 - Aanmaak van cerebrospinaal vocht

MYELINISATIE

- × Gemyeliniseerde zenuwvezels (centrale ZS)
 - Verhoogde snelheid waarmee zenuwimpuls langs axon van een neuron kan worden geleid
 - Belangrijk voor isolatie
 - Myelineschede
 - Compacte lagen van lipide-proteïnecomplex (myeline), gevormd door oligodendrocyten in het centrale ZS en door Schwann-cellen in het perifere ZS
 - Ontstaat doordat een axon wordt ingesloten door een gliacel
 - CZS: een enkele gliacel voorziet verschillende axonen van een myelineschede
 - PZS: een Schwann-cel omsluit enkel het naastgelegen axon = mesaxon (2 lagen celmembraan van de invaginerende cel tegen elkaar), roteert rond het axon en vormt zo een segment van de myelineschede

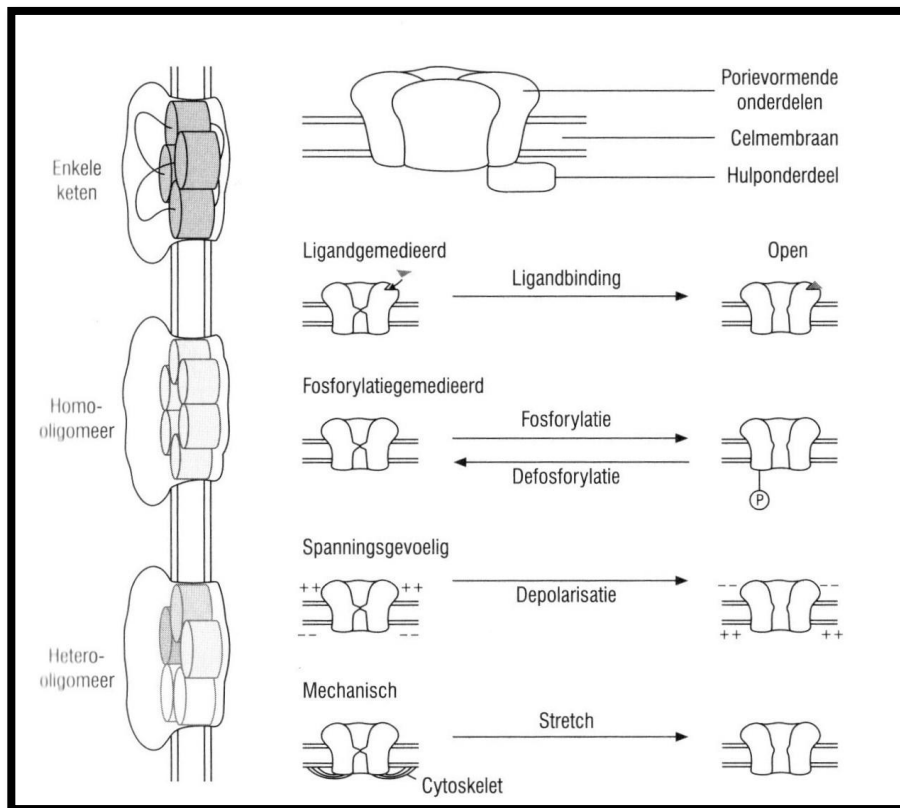


Figuur 3.8 de watermantel rond ionen verhindert hun passage doorheen het celmembraan en bepaalt mee de selectiviteit van ionenkanalen

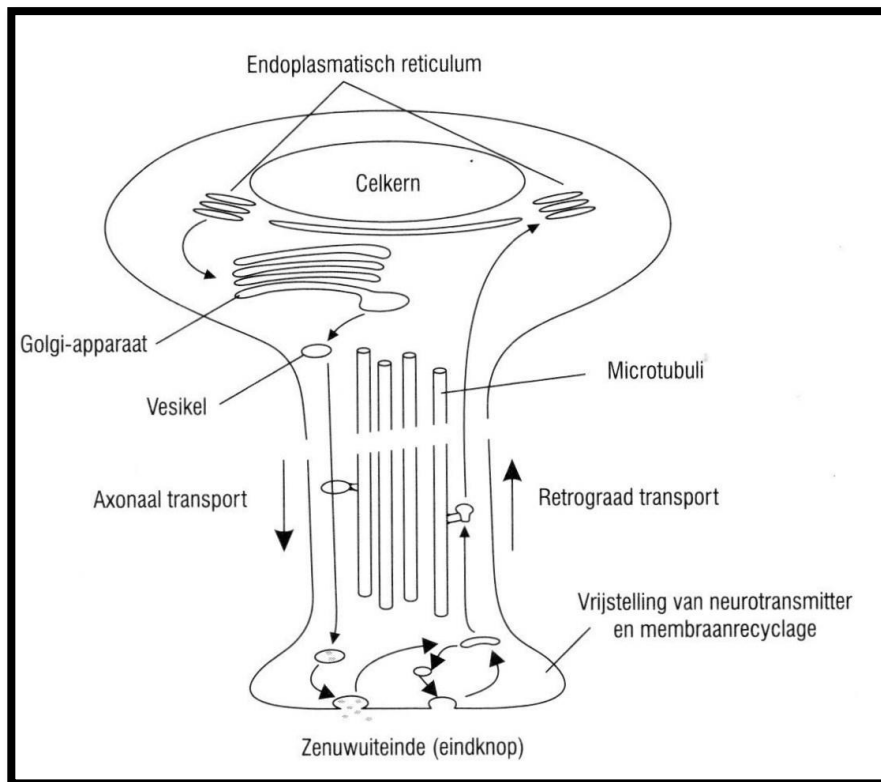
- Knopen van Ranvier (= onderbrekingen)
 - Doordat het axon omgeven wordt door een opeenvolging van gliacellen of Schwan-cellen, is de myelineschede discontinu
 - Belangrijke rol bij zenuwgeleiding
- × Ongemyeliniseerde zenuwvezels (centrale en perifere ZS)
 - Omgeven door Schwann-cellen, maar meerdere axonen worden geïnvagineerd door één Schwann-cel
 - Geen rotatie en geen opstapeling van lipiden

IONENKANALEN EN ANDERE MEMBRAANEIWITTEN

- × Het membraan van zenuwcellen bevat tal van moleculen die een essentiële rol spelen in hun bouw en functie
 - Transmembranaire eiwitten, glycoproteïnen, glycolipiden en andere complexe macromoleculen
 - Membranaire glycoproteïnen zijn belangrijk voor
 - Samengroei
 - Vorming van connecties tussen cellen en hun uitlopers
 - Geleiding van uitgroeiende zenuwuitlopers bij ontwikkeling van zenuwstelsel
- × Ionenkanalen
 - Op bepaalde plaatsen van de dubbele lipidenlaag van het celmembraan
 - Transmembranaire eiwitten die bewegingen van ionen tussen intracellulaire en extracellulaire ruimte mogelijk maken
 - Werking
 - Sommigen werken voor ionen of andere substanties
 - Anderen werken als ionenpompen waarbij ze door energieverbruikende conformatieveranderingen bepaalde ionen, onafhankelijk van hun concentratiegradiënt, in een bepaalde richting over het membraan kunnen transporteren
- × De fosfolipiden van het plasmamembraan zijn hydrofoob dus niet doorlatend voor water of ionen met een watermantel
 - Watermoleculen zijn dipolen
 - Zuurstofatomen: trekken negatief geladen elektronen aan (= licht negatieve nettolading)
 - Waterstofatomen: staan negatief geladen elektronen af (= licht positieve nettolading)
 - Positief geladen ionen (natrium, kalium) trekken de negatieve pool van watermoleculen aan (= omhulling met watermantel)
- × Ionenkanalen zijn uiterst selectief
 - Selectie op basis van diameter of complex mechanisme van chemische interactie
 - Kalium: grotere diameter, geen watermantel (= kleinst)
 - Natrium: kleinere diameter, wel watermantel (= grootst)
 - Andere mechanismen maken gebruik van kleine gebieden binnenin het ionenkanaal (waar ionen zich van hun watermantel ontdoen door zich kort te binden aan aminozuren in de wand van het ionenkanaal)
 - Aantrekkingskracht ion – aminozuur > aantrekkingskracht ion – watermolecule
 - Ionenkanalen kunnen selecteren tussen ionen (sterkte van waterverbinding verschilt)



Figuur 3.9 bouw en gatingsmechanismen van ionenkanalen



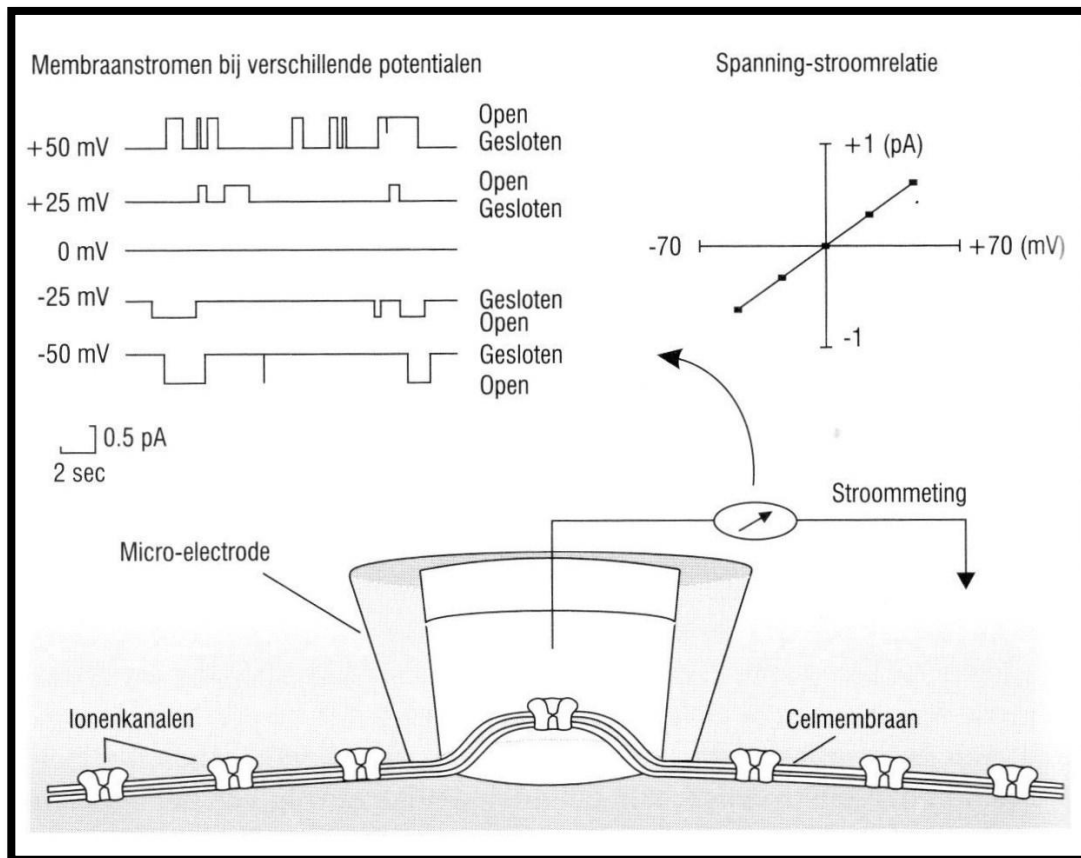
Figuur 3.10 axonaal transport en neurotransmittervrijstelling

BOUW EN FUNCTIE VAN IONENKANALEN

- × Bouw (3 soorten)
 - 2 of meer subunits met eiwitstructuur (bij elkaar door chemische reacties en verbindingen)
 - Subunit = aminozuurketens (alpha-helix) die het celmembraan overspannen
 - Homo-oligomeer: reeks van subunits van dezelfde soort
 - Hetero-oligomeer: reeks van subunits van verschillende soort
 - Één enkele polypeptidenketen met steeds herhaalde motieven die het equivalent vormen van subunits
 - Ook auxiliaire subunits die de gating van de kanalen moduleren
- × Functie
 - Open toestand of een of meerdere gesloten toestanden
 - Gating = overgang tussen open en gesloten toestand
 - Lokale verandering: porie van ionenkanaal wijzigt de doorlaatbaarheid
 - Structurele verandering: wijziging over gehele lengte van ionenkanaal
 - Afzonderlijke subunit of partikel blokkeert porie: bepalen van doorlaatbaarheid
 - Verandering van doorlaatbaarheid is gevolg van conformatieverandering in de eiwitmolecule
 - **Ligand/ligand-gated**
 - Gecontroleerd door chemische liganden
 - Openen door energie die wordt vrijgelaten wanneer de ligand zich aan de receptor bindt die rechtstreeks aan het ionenkanaal gekoppeld is
 - **Fosforylatie/phosphorylation-gated**
 - Openen door energie die wordt vrijgelaten wanneer een fosforgroep zich bindt
 - Verhouding van elektrische ladingen wordt gewijzigd
 - **Spanningsafhankelijke/voltage-gated**
Beïnvloed door energie die vrijkomt bij verandering in membraanpotentiala
 - **Mechanisch/stretch- of pressure-gated**
Mechanische ionenkanalen die verankerd zijn aan het cytoskelet en mechanisch worden geopend door vervormingen van het membraan of de hele cel

AXONAAL TRANSPORT

- × Het exocytotische secretproces
 - Zeer gelijkaardig aan het proces in andere cellen
 - Verschil: plaats (axonheuvel) is ver verwijderd van plaats van proteïnesynthese (cellichamen en dendrieten)
 - Synthese van proteïnen en lipiden in ER en vervolgens vervoerd naar het Golgi-apparaat
- × Dense-cored vesikels
 - Bevatten neuropeptiden die in het Golgi-apparaat worden samengesteld
 - Vervoeren neuropeptiden en modulators naar zenuwuiteinden via axonaal transport
 - Na exocytose: terug naar Golgi-apparaat (herbruik of afbraak)
- × Synaptische vesikels
 - Kleiner
 - Gevormd in het uiteinde van de zenuwcel
 - Gevuld met klassieke neurotransmitters (zonder peptidenstructuur)
 - Verschillende cycli van exo- en endocytose, nadien transport naar cellichaam en afbraak



Figuur 4.1 de patch-clamp-techniek voor het meten van membraanstromen

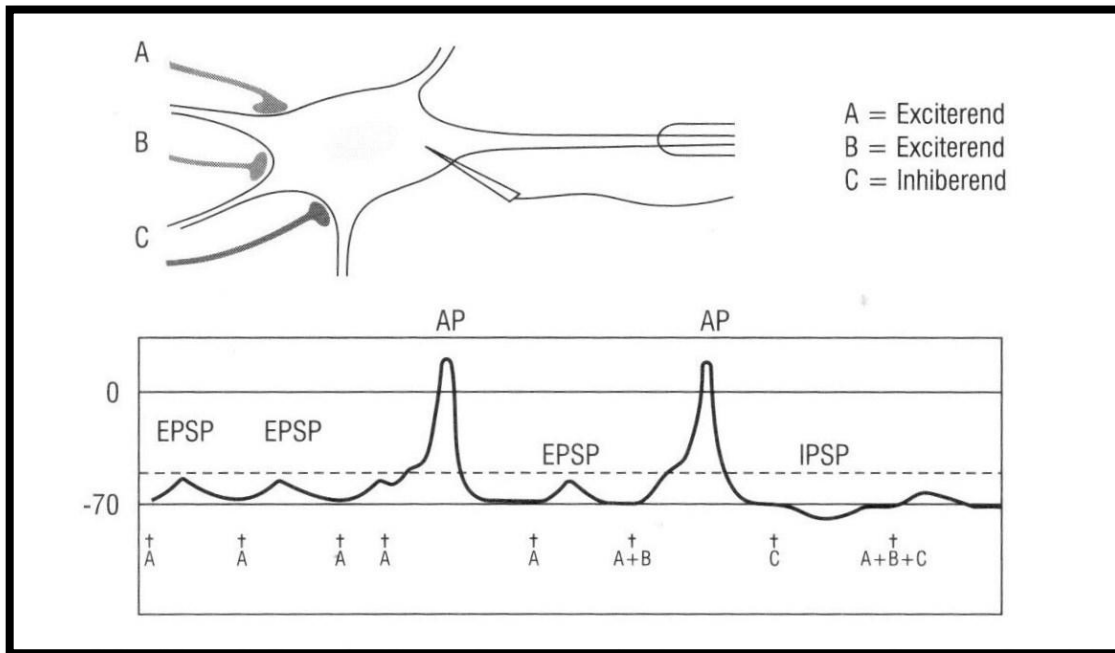
4. Elektrisch geladen celmembranen

METEN VAN MEMBRAANPOTENTIALEN EN –STROMEN

- × Exciteerbare cellen
Zenuwcellen, spiercellen en andere cellen die prikkels kunnen ontvangen en vervoeren
- × Elektrische fenomenen in die cellen die het gevolg zijn van het stromen van geladen deeltjes (in water oplosbare ionen) over en door het celmembraan
- × Gespecialiseerde apparatuur
 - Meten van potentialen ten gevolge van simultane activiteit in
 - Groepen van zenuwcellen (velpotentialen)
 - Een enkele zenuwcel (membraanpotentiaal)
 - Meten van stromen die het gevolg zijn van de activiteit ter hoogte van een of enkele ionenkanaaltjes die poriën vormen in het celmembraan (ionenstroom)
- × Patch-clamp-techniek
Glazen micropipet:
 - Stroom meten (bij een gegeven potentiaalverschil) door een ionenkanaal
 - Gevuld met zoutoplossing (concentratie zoals extracellulaire vloeistof), in contact met een metalen elektrode die de pipet verbindt met versterkers en meters (stroom meten)
 - Resultaat: ofwel volledig open ofwel volledig gesloten (alles of niets mechanisme)
- × Elektrisch potentiaal
De conditie ter hoogte van een punt in een geladen veld, die toelaat dat geladen deeltjes arbeid leveren
- × Potentiaalverschil
Spanning tussen 2 punten, wat de mogelijkheid geeft om geladen deeltjes ertussen te laten stromen

Hier: potentiële energie die relatief is ten opzichte van een ander elektrisch potentiaal

- × Wet van Ohm: $V = I \times R$
 - Variabelen
 - Spanning (V: volt)
 - Stroomsterkte (I: ampère)
 - Weerstand (R: ohm)
 - Lineair verband
 - Stroom van ionen doorheen ionenkanaal (weerstand/doorlaatbaarheid: $1/R$)
 - Potentiaalverschil tussen intracellulaire en extracellulaire vloeistof
 - Geen lineair verband
 - Ionenkanaal loopt rectifier
 - Meer ionen in de ene richting dan in de andere richting



Figuur 4.2 veranderingen in de membraanpotentiaal van een zenuwcel als gevolg van exciterende en inhiberende contacten

Tabel 4.1. Kenmerken van verschillende soorten potentiaalverandering.

Signaal	Amplitude (mV)	Duur	Sommatie	Effect van signaal	Membraangeleiding
Receptorpotentiaal	Klein (0,1-10)	Kort (5-100 ms)	Gradueel	Hyperpolarisatie of depolarisatie	Passief
Synaptische potentiaal	Klein (0,1-10)	Kort tot lang (5 ms tot 20 min.)	Gradueel	Hyperpolarisatie of depolarisatie	Passief
Actiepotentiaal	Groot (70-100)	Kort (1-10 ms)	Alles of niets	Depolarisatie	Actief

Tabel 4.2. Concentraties van ionen binnen en buiten het celmembraan en hun evenwichtspotentiaal.

Sp	Cytoplasmatische concentratie (mM)	Extracellulaire concentratie (mM)	Evenwichtspotentiaal (mV)
K ⁺	400	20	-75
Na ⁺	50	440	+55
Cl ⁻	52	560	-60
A ⁻	385	-	-

Tabel 4.1 en 4.2

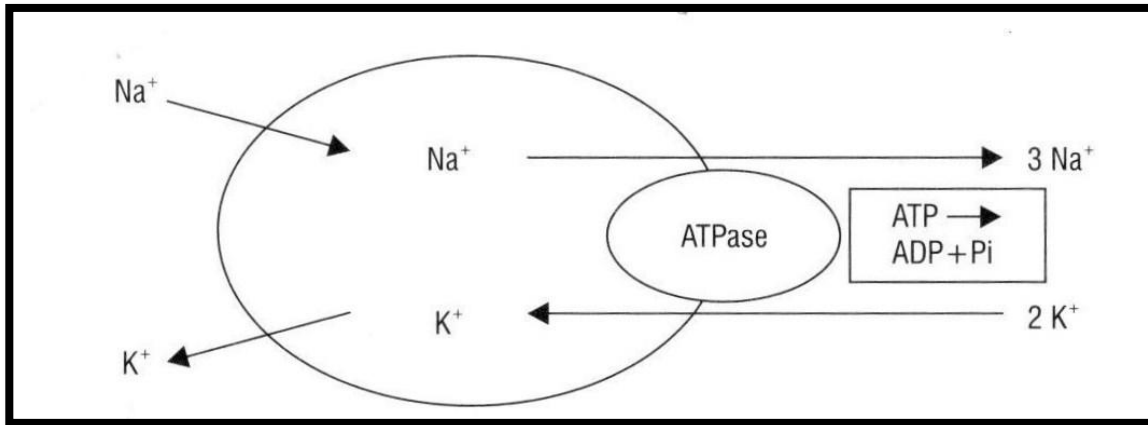
ACTIEVE EN PASSIEVE POTENTIAALVERANDERINGEN

Elke cel moet ongelijke verdeling (voor potentiaalverschil) van elektrisch geladen deeltjes over haar membraan onderhouden

- × Exciteerbare cellen
 - Maken gebruik van potentialen om signalen door te geven
 - Het uiteindelijke doorgegeven signaal = resultaat van exciterende en inhiberende impulsen die op een zenuwcel aankomen
- × Potentiaalveranderingen: door ionenstromen die de polariteit van het celmembraan beïnvloeden
 - Exciterende postsynaptische potentialen (EPSP): depolarisatie = actiepotentiaal
 - Inhiberende postsynaptische potentialen (IPSP): hyperpolarisatie = geen actiepotentiaal
- × Lokale passieve signalen
 - Relatief zwak
 - Nemen af met afstand tot de oorsprong van verandering
 - Grootte van potentiaalverandering is afhankelijk van de sterkte van ionenstromen
- × Onderscheid in potentialen
 - Receptorpotentialen: zintuigcellen
 - Synaptische potentialen
 - Contactplaats tussen neuronen
 - Door chemische stoffen (vrijgesteld bij synapsen) die doorlaatbaarheid van membraan beïnvloeden
- × Soorten synapsen
 - Axo-somatische
 - Axo-axonale
 - Axo-dendritische
- × Actiepotentiaal of actieve signalen
 - Kort en krachtig
 - Depolariserend effect
 - Niet gradueel (alles of niets)
 - Drempel overschreden = actiepotentiaal

RUSTMEMBRAANPOTENTIAAL

- × Celmembraan scheidt 2 soorten vloeistof
 - Intracellulair: binnenkant (cytoplasma)
 - Extracellulair: buitenkant
- × Concentratieverschil in de positieve en negatieve ionen die opgelost zijn in deze vloeistoffen
Elektrisch potentiaalverschil (gemeten aan de hand van micro-elektroden die uitlopen in kleine microscopische glazen pipetpunten, die in de cel geprikt kunnen worden)

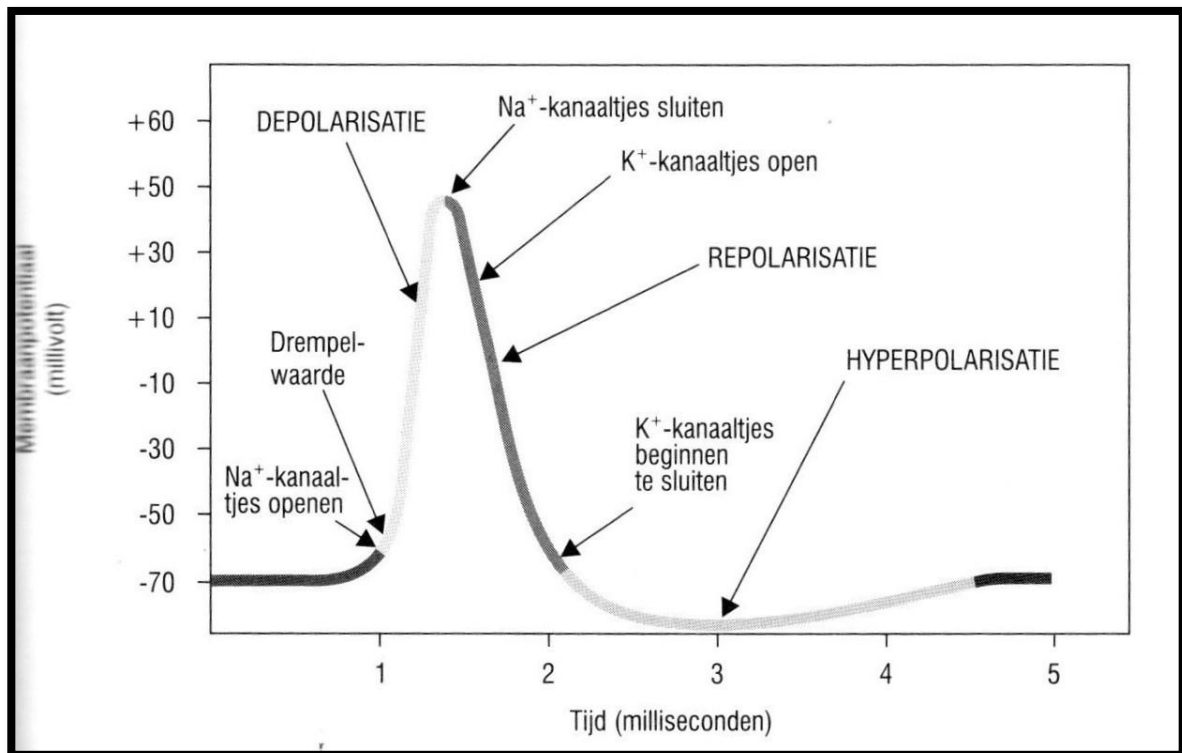


Figuur 4.3 passieve membraanstromen en de werking van de Na^+/K^+ -pomp

- × Rustpotentialiaal
 - -65mV tot -70mV
 - De in- en uitstroom van ionen door het celmembraan zijn in evenwicht (stabiel spanningsverschil)
 - Spanning: door relatieve verschillen in ionenconcentraties aan weerszijden van celmembraan
 - Binnenzijde: negatief geladen
 - Buitenzijde: positief geladen
- × Ionen
 - Ontstaan van potentiaalverschil
 - Positief: natrium, kalium
 - Negatief: organische anionen (eiwitten in fysiologische oplossingen)
 - Onderhevig aan 2 krachten waardoor ze doorheen celmembraan bewegen
 - Chemische driving force: concentratiegradiënt
 - ➔ Van hoge naar lage concentratie (homogene oplossing)
 - Elektrische driving force: potentiaalgradiënt
 - ➔ Positieve en negatieve ladingen trekken elkaar aan
 - Evenwichtspotentialiaal of Nernstpotentialiaal
 Voor een bepaalde concentratie van ionen is er geen beweging over het membraan (forces zijn in evenwicht)

PASSIEVE MEMBRAANSTROMEN

- × Celmembraan
 Semipermeabel: niet alle moleculen vermengen (diffunderen) zich vrij over het celmembraan
- × Rusttoestand
 - Afhankelijk van
 - K⁺-ionen (passieve diffusie)
 - Na⁺-ionen
 - Cl⁻-ionen
 - Open in rusttoestand: ionen bewegen vrij naar binnen en buiten
 - Evenwichtspotentialiaal = membraanpotentialiaal: bijna geen nettoverplaatsing
 - Wat?
 - Celmembraan doorlaatbaar voor K⁺-ionen
 - Celmembraan minder doorlaatbaar voor Na⁺-ionen
- × Doorlaatbaarheid van K⁺
 - (1) Hogere concentratie binnen de cel
 - (2) Ionen gaan naar buitenkant
 - (3) Verlies positief geladen ionen aan binnenkant (hogere concentratie negatief geladen organische anionen (te groot voor vermenging))
 - (4) Potentialverschil over celmembraan
 - (5) Ionen worden aangetrokken tot de negatieve binnenkant
 - Concentratiegradiënt: binnen naar buiten
 - Potentialgradiënt: buiten naar binnen
 - (6) Evenwichtspotentialiaal: uitwaartse driving force = inwaartse driving force



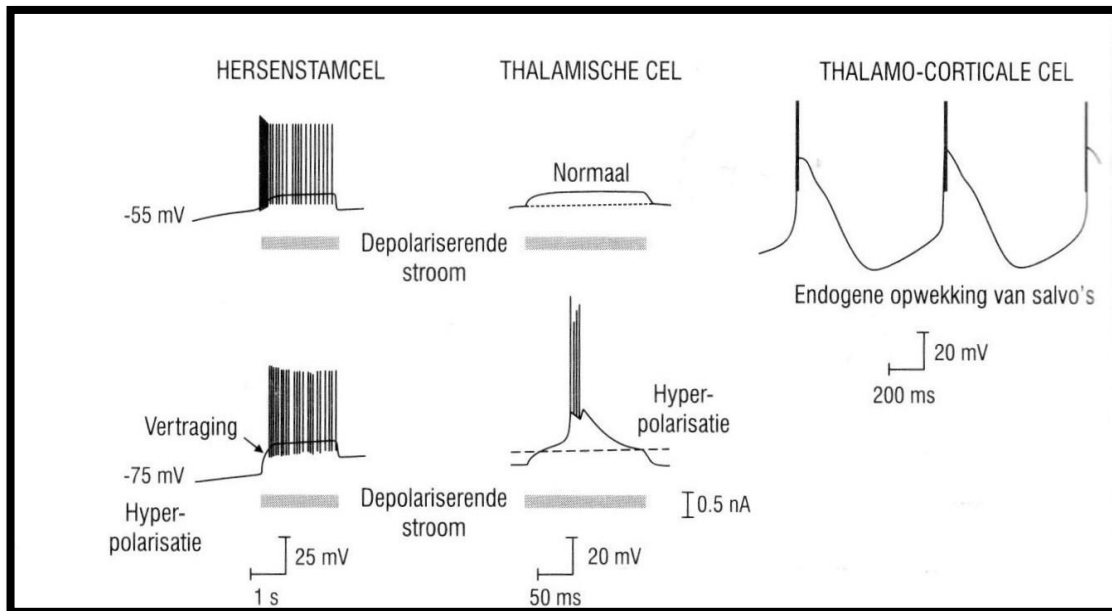
Figuur 4.4 de actiepotentiaal van een zenuwcel

- × Doorlaatbaarheid van Na^+
 - (1) Hogere concentratie buiten de cel
 - (2) Ionen gaan naar binnenkant (rustpotentiaal is daar negatief)
 - (3) Verlies positief geladen ionen aan buitenkant
 - (4) Potentiaalverschil over celmembraan
 - (5) Ionen worden beperkt aangetrokken tot de negatieve binnenkant
 - Concentratiegradiënt: buiten naar binnen
 - Potentiaalgradiënt: buiten naar binnen
 - (6) Evenwichtspotentiaal: uitwaartse driving force = inwaartse driving force

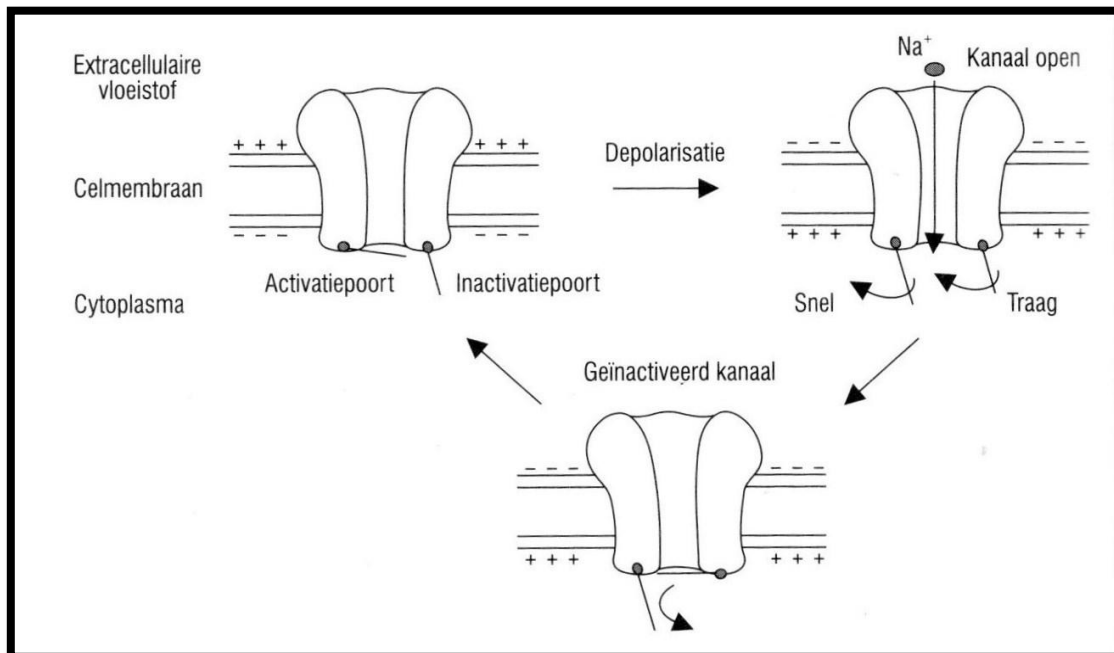
Heeft ATP-ase-werking: ATP wordt gehydrolyseerd voor de initiële concentratiegradiënten in stand te houden tijdens de activiteit van het neuron

ACTIEPOTENTIAAL

- × Stimuli: lokt reactie uit van celmembraan
 - Doorlaatbaarheid wijzigen
 - Elektrische polariteit wijzigen
 - Potentiaalverschil wordt groter of kleiner
 - Kleiner: depolarisatie (influx natriumionen stijgt = positievere binnenzijde)
 - Groter: hyperpolarisatie (efflux kaliumionen of influx chloorionen stijgt = positievere buitenzijde)
- × Receptor- of synaptisch potentiaal
 - **Depolarisatie**: rustpotentiaal stijgt van -70 mV tot -50 mV
 - **Actiepotentiaal**
 - Door opening van spanningsgevoelige natriumkanalen
 - Door stijging permeabiliteit van celmembraan voor natriumionen
 - **Verdere depolarisatie** van het celmembraan
Overshoot: membraanpotentiaal van negatief naar positief ($+40 \text{ mV}$)
 - **Repolarisatie**
 - Inactivatie van natriumkanalen snel na opening (door gating)
 - Opening van spanningsgevoelige kaliumkanalen (door membraandepolarisatie)
 - **Hyperpolarisatie**: door stroming van kaliumionen
 - **Absolute refractaire periode**: geen nieuw actiepotentiaal mogelijk
 - **Relatieve refractaire periode**: wel nieuw actiepotentiaal mogelijk, maar intensiteit moet groter zijn om excitatiedrempel te kunnen overschenden
 - **Rustpotentiaal**: door Na^+/K^+ -pomp



Figuur 4.5 voorbeelden van de verschillende exciteerbaarheid van zenuwcellen



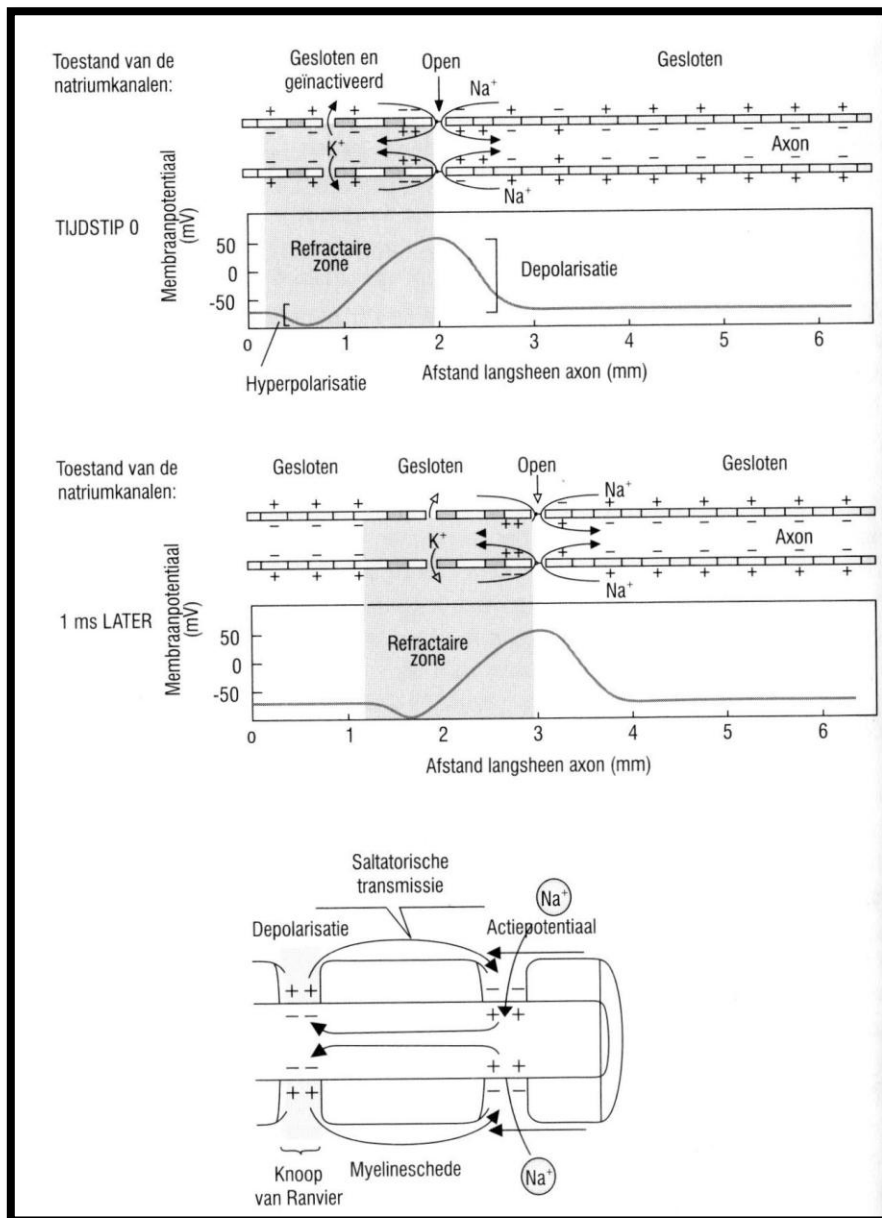
Figuur 4.6 gating van het spanningsgevoelige natriumkanal

EXCITEERBAARHEID VAN ZENUWCELLEN

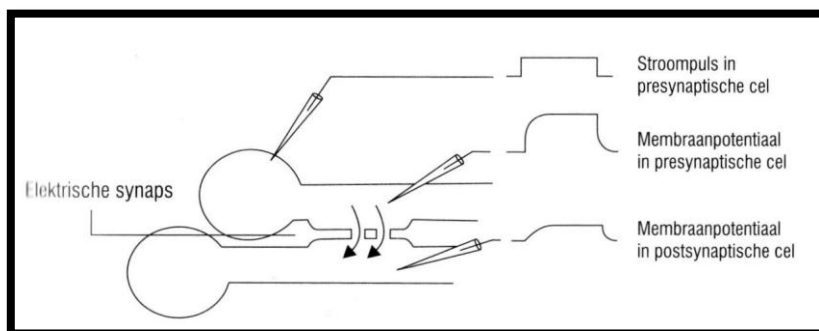
- × Neuronen hebben een breed bereik in het ZS voor elektrofysiologische eigenschappen (voor verschillende soorten prikkels die binnen het netwerk van het ZS moeten worden voortgeleid)
- × Functie van neuron wordt bepaald door
 - Input en output van neuronen waarmee het in verbinding staat
 - Eigenschappen van het neuron zelf
- × Reactie op synaptische input afhankelijk van
 - Verschillende soorten ionenkanalen waarover het beschikt
 - Kinetische eigenschappen van deze ionenkanalen
- × Soorten reacties
 - Één actiepotentiaal
 - Reeks actiepotentialen (constante frequentie, versneld of vertraagd)
 - Uitstel van actiepotentialen (bv. hersenstamcel)
 - Bepaalde waarden van membraanpotentiaal, gevoelig voor depolarisatie (bv. thalamische cel)
 - Chemische modulators, gevoelig voor depolarisatie
 - Spontane activiteit, afwezigheid van externe input (bv. cerebellum, thalamocorticale neuronen)

GATING BIJ SPANNINGSGEVOELIGE KANALEN

- × Celmembraan ondoorlaatbaar voor meeste ionen, dus moleculen nodig die doorlaatbare poriën creëren. Deze poriën (ionenkanalen) kunnen zich in verschillende functionele toestanden bevinden
- × Specifieke gatingsmechanismen (sluiting of inactivatie)
 - Refractaire periode
 - Inactivatie na overgang (gesloten – open)
 - Nadien: rustpotentiaal = gesloten toestand
 - Binding van bepaald ion
 - Inactivatie na binding
 - Bv. concentratie Ca^{2+} stijgt aan binnenzijde (depolarisatie), binding Ca^{2+} inactieveert
 - Fosforgroep
 - Hoge concentraties Ca^{2+} (depolarisatie) maken een fosforgroep los die het kanaal inactieveert
- × Spanningsgevoelige natriumkanalen: 2 gates die open moeten zijn
 - Snelle activation gate
 - Gesloten bij rustmembraanpotentiaal
 - Open bij depolarisatie
 - Zeer snel sluiten bij repolarisatie
 - Inactivation gate
 - Gesloten bij depolarisatie
 - Open bij rustmembraanpotentiaal
 - Langzaam openen bij repolarisatie
 - Beide gates in rusttoestand (eind van cyclus) = depolarisatie zorgt voor ionengeleiding



Figuur 4.7 membraangeleiding van actiepotentiaal bij ongemyeliniseerde en gemyeliniseerde axonen



Figuur 4.8 elektrische geleiding tussen neuronen

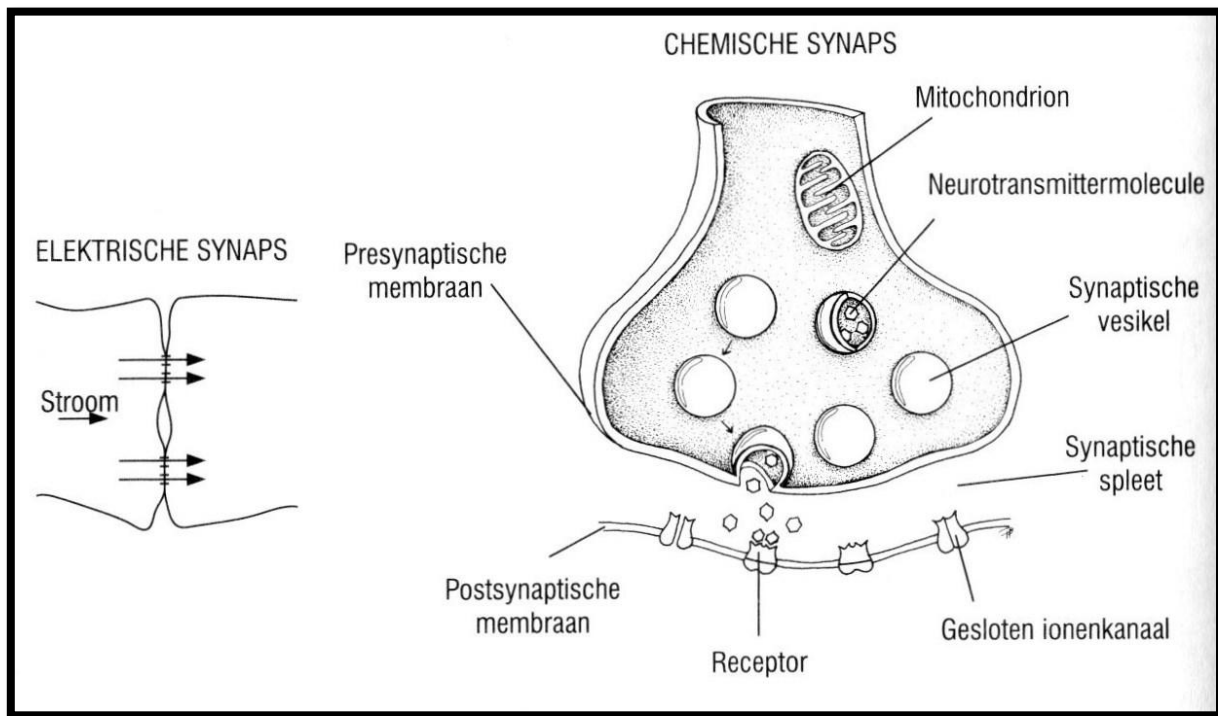
MEMBRAANGELEIDING VAN DE ACTIEPOTENTIAAL

Actiepotentialen kunnen slechts voortgeleid worden langs het membraan wanneer elk stukje membraan waarlangs het signaal passeert, zelf een actiepotentiaal vertoont. Dit zorgt voor lange afstanden.

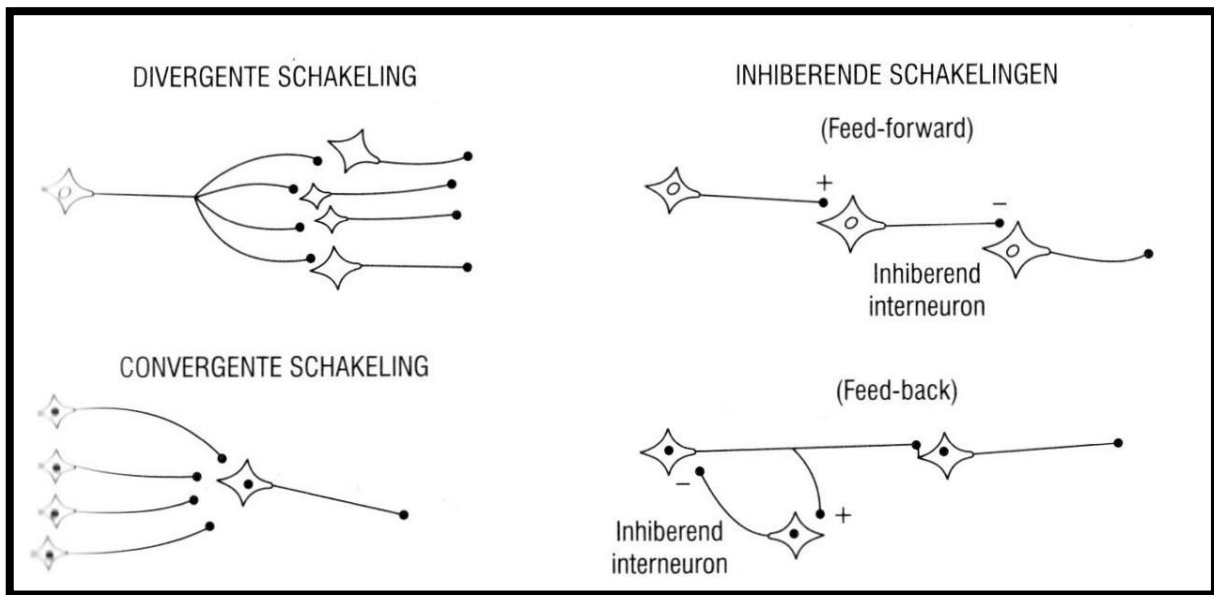
- × Actiepotentialen
 - Waar?
 - Opgewekt ter hoogte van de axonheuvel
 - Lopen naar de eindvoetjes van het axon
 - Ladingsverschuivingen door
 - Positieve ladingen aangetrokken door negatieve binnenkant van naburige membraan
 - Negatieve ladingen aangetrokken door positieve binnenkant van depolariserende membraan
 - Ladingsverschuivingen zorgen voor depolarisatie = drempelwaarde voor actiepotentiaal bereikt
 - Actiepotentiaal steeds iets verder in het membraan
 - Actiepotentiaal steeds in één richting (door refractaire periode)
- × Opwekken van actiepotentiaal is relatief traag proces in vergelijking met ionenstromen en ladingsverschuivingen. Een grotere passieve spreiding van de depolariserende stroom voor er een actiepotentiaal wordt opgewerkt, zorgt voor een hogere geleidingssnelheid.
 - Ongemyeliniseerd (CONTINUE TRANSMISSIE)
Steeds nieuwe actiepotentialen in nabijgelegen stukje membraan
 - Gemyeliniseerd (SALTATORISCHE TRANSMISSIE = 120 x sneller)
 - Geïsoleerd: beperkt contact tussen axonmembraan en extracellulaire vloeistof
 - Geen stofwisseling
 - Geen actipotentialen
 - Knopen van Ranvier: hier treden wel actiepotentialen op
 - Afstand is klein genoeg (drempelwaarde kan overschreden worden)
 - Celmembraan in hier rijk aan spanningsgevoelige natrium- en kaliumkanaaltjes

RECHTSTREEKSE ELEKTRISCHE GELEIDING TUSSEN NEURONEN

- × Geleiding tussen zenuwcellen door elektrische synapsen
 - Cellen rechtstreeks met elkaar verbonden
 - Door speciale kanaaltjes: gap junction channels (lage elektrische weerstand)
- × Depolariserende stroom in de presynaptische cel
 - Depolarisatie van de presynaptische cel
 - Stroom loopt naar de postsynaptische cel (via verbindende kanaaltjes)
 - Kleinere depolarisatie van de postsynaptische cel (verder verwijderd)
 - Passief signaal dat afneemt met de afstand
- × Depolariserend effect in postsynaptische cel is groot genoeg voor drempelwaarde
 - Spanningsgevoelige ionenkanaaltjes openen
 - Actiepotentiaal treedt op



Figuur 5.1 synaptische transmissie



Figuur 5.2 neuronenschakelingen

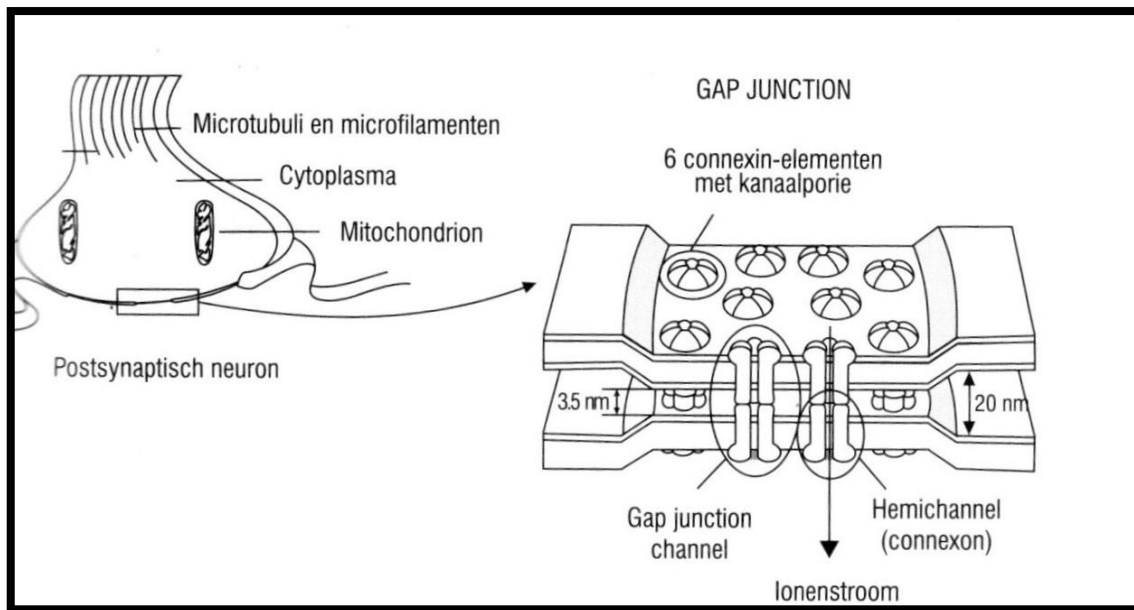
5. Communicatie tussen zenuwcellen

SYNAPTISCHE TRANSMISSIE

- × Synaps
 - Contactplaats van neuron met ander neuron, spiercellen of kliercellen
 - Elektrische synaps
 - Cytoplasmatische bruggetjes tussen cellen
 - Rechtstreekse transmissie van elektrisch signaal
 - Chemische synaps
 - Elektrische prikkels langs het axon tot presynaptische zenuwuiteinden (= vesikels gevuld met neurotransmitters)
 - Vrijstelling van inhoud van vesikels (over synapsspleet naar postsynaptische membraan)
- × Actiepotentiaal bij zenuwuiteinde veroorzaakt depolarisatie van het presynaptische uiteinde
 - Depolarisatie presynaptisch membraan: spanningsgevoelige calciumkanaaltjes openen
 - Ca^{2+} stroomt binnen
 - Versmelting synaptische vesikels met presynaptische celmembraan
 - Vrijstelling van neurotransmitters
 - Neurotransmitters binden aan receptoren in postsynaptische celmembraan (= geprikkeld)
 - Depolarisatie postsynaptisch membraan
 - Rechtstreeks via ligandgemedieerde ionenkanaaltjes
 - Door intracellulaire second messenger

NEURONENSCHAKELINGEN

- × Synaps: functionele schakeling van neuronen (afhankelijk van neurochemische of elektrofysiologische eigenschappen)
 - Inhiberende schakeling
 - Exciterende schakeling
- × Soorten schakelingen
 - Divergerende neuronenschakeling
 - Één presynaptisch neuron maakt een synaps op meerdere postsynaptische neuronen
 - Door axonale vertakkingen = collateralen
 - Vooral sensoriële neuronen tijdens inputfase
 - Convergerende neuronenschakeling
 - Meerdere presynaptische neuronen maken een synaps op één postsynaptisch neuron
 - Vooral motorneuronen
- × Verschillende mechanismen (onderdrukking eigen of naburige activiteit)
 - Functie
 - Contacten tussen neuronen op fysiologische manier laten verlopen
 - Controle op excitatie binnen neuronale circuits



Figuur 5.3 gap junction channels bij elektrische synaps

- Soorten
 - Voorwaartse inhibitie (feed-forward)
Activatie van inhiberende interneuronen die synaps geven op verder gelegen zenuwcellen
 - Teruglopende inhibitie (feedback)
Zelfregulerende mechanismen: cel naast een exciterende connectie met een postsynaptisch neuron vormt terug een synaps met het eerste neuron, waardoor hyperexcitatie binnen de schakeling voorkomen wordt

ELEKTRISCHE EN CHEMISCHE SYNAPSEN

	ELEKTRISCHE SYNAPS	CHEMISCHE SYNAPS
Afstand tussen neuronen	3,5 nm	20 – 40 nm
Cytoplasmatische continuïteit	Ja	Nee
Ultrastructurele componenten	Gap junction channels	Presynaptische vesikels en actieve zones (receptoren)
Chemische basis van transmissie	Ionenstroom	Neurotransmitters
Synaptische vertraging	Nagenoeg aanwezig	Minstens 0,3 ms tot 1-5 ms of langer
Richting van transmissie	Meestal bidirectioneel	Unidirectioneel

- × Elektrische transmissie
 - Continuïteit tussen cytoplasma van de presynaptische en postsynaptische cel
 - Verbinding door gap junction channels die cytoplasmatische verbindingen maken tussen cellen
- × Voordelen elektrische synaps
 - Stroomtransmissie gebeurt onmiddellijk: veel sneller dan chemische transmissie (vertraging)
 - Grote groep van neuronen verbinden en synchrone reactie (bij grote synaptische stroom)
 - Uitwisseling van metabole signalen tussen cellen
- × Chemische transmissie
 - Zenuwcel exciteert, inhibeert of moduleert de naburige cel
 - De neuronen vormen afzonderlijke eenheden (gescheiden door synaptische spleet)
- × Chemische synapsen maken gebruik van verschillende neurotransmitters, afhankelijk van
 - Soort synaps (exciterend/inhiberend)
 - Plaats in zenuwstelsel

GAP JUNCTIONS (ELEKTRISCH)

- × Werking
 - Lage weerstand: gemakkelijke vloeïing van elektrische stroom
 - Depolariserende stroom rechtstreeks (gap junctions) van presynaptische naar postsynaptische cel
 - Elektrotonische transmissie: geleiding via passief, bidirectioneel signaal (afname met afstand)
- × Bouw
 - Proteïnestructuren die bestaan uit een paar hemichannels (connexon) die brug vormen
 - Één in postsynaptische cel
 - Één in presynaptische cel
 - Connexon: 6 identieke connexine-eiwitten (met 4 transmembranaire ketens)
 - Snelle uitwisseling (door brede diameter)
 - Rotatie van 6 connexine-eiwitten: openen en sluiten van gap junction

Tabel 5.1. Kenmerken van elektrische en chemische synapsen.

Synapstype	Afstand tussen pre- en postsynaptische celmembranen	Cytoplasmatische continuïteit tussen pre- en postsynaptische cellen	Ultrastructurele componenten	Chemische basis van de transmissie	Synaptische vertraging	Richting van de transmissie
Elektrisch	3,5 nm	ja	Gap-junction channels	Ionenstroom	Nagenoeg afwezig	Meestal bidirectioneel
Chemisch	20-40 nm	nee	Presynaptische vesikels en actieve zones; postsynaptische receptoren	Neurotransmitter	Minstens 0,3 ms, tot 1-5 ms of langer	Unidirectioneel

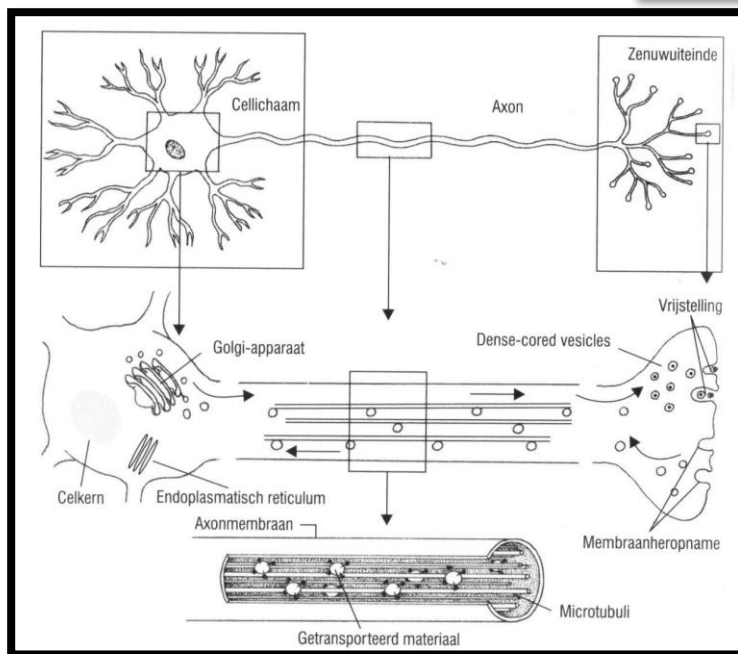
Tabel 5.1, 5.2 en 5.4

Tabel 5.2. Kleinmoleculaire neurotransmitters en hun belangrijkste biosynthetische enzymen.

Transmitter	Enzym
Acetylcholine	Choline-acetyltransferase
Biogene amines	
Dopamine	Tyrosinehydroxylase
Noradrenaline	Tyrosinehydroxylase en dopamine β -hydroxylase
Adrenaline	Tyrosinehydroxylase en dopamine β -hydroxylase
Serotonine	Tryptofaanhydroxylase
Histamine	Histidinecarboxylase
Aminozuren	
γ -aminoboterzuur	Glutamaatdecarboxylase
Glycine	Enzymen van de stofwisseling
Glutamaat	Enzymen van de stofwisseling

Tabel 5.3. Groepen van neuropeptiden.

Opoïde groep	opiocortines, enkefalines, dynorfine, FMRF-amide
Neurohypofyseaal	vasopressine, oxytocine, neurofysines
Tachykines	substance P, physalaumine, kasinine, uperoleïne, eledoisine, bombesine, substance K (neurokinine A)
Secretines	secretine, glucagon, vasoactief intestinaal peptide, gastric inhibitory peptide, groeihormoon-releasing factor, peptide histidine isoleucineamide
Insulines	insuline, insulin-like growth factors I en II
Somatostatines	somatostatines, pancreatic polypeptide
Gastrines	gastrine-cholecystokinine



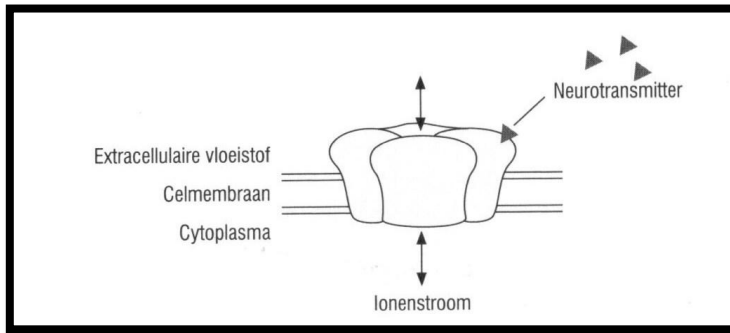
Figuur 5.4 peptiderge zenuwcel

NEUROTRANSMITTERS (CHEMISCH)

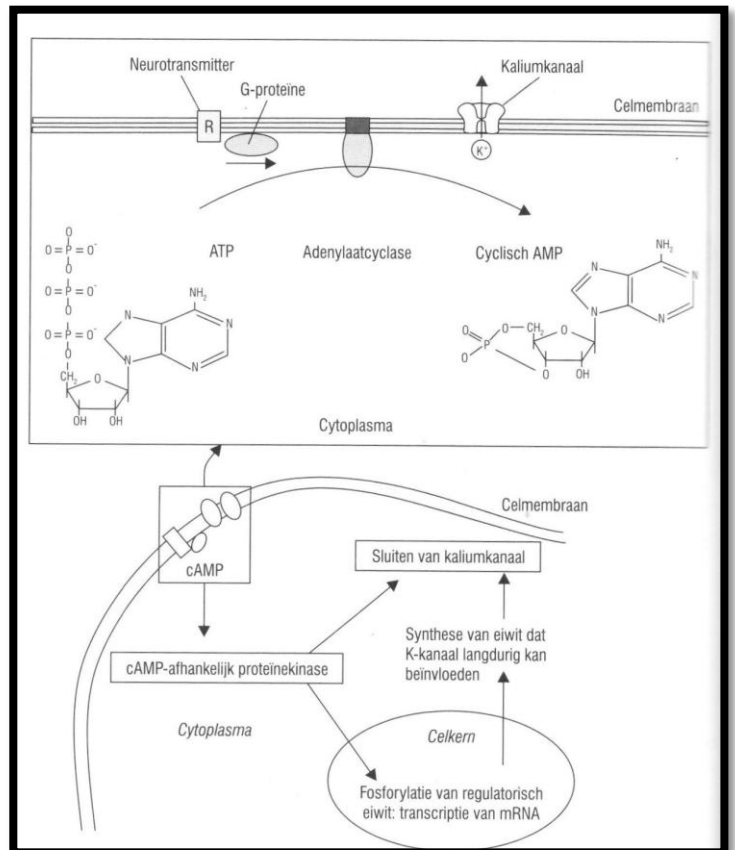
- × Grote chemische verscheidenheid
- × In verschillende hersengebieden
- × Verschillende werkingen
Bv. dopamine: motoriek in serotoninesysteem (depressie)
- × Soorten
 - Kleinmoleculaire neurotransmitters
 - Neuropeptiden
- × Kleinmoleculaire neurotransmitters
 - Laag moleculair gewicht
 - Biosynthetisch
 - Eenvoudige substanties (aminozuren) in de zenuwuiteinden van het neuron
 - Opgeslagen in kleine heldere synaptische vesikels
 - Doorlopen
 - Synthese in zenuwuiteinde
 - Opslag (in vesikels) in presynaptische eindknopen
 - Vrijstelling in synaptische spleet
 - Receptorbinding in postsynaptisch neuron
 - Afbraak of heropname
 - Prikkeloverdracht: beperkt in tijd
 - Neurotransmitter: deactivatie nodig
 - Voorbeelden
Acetylcholine, biogene amines, exciterende en inhiberende aminozuren
 - Klassieke transmitters
 - Hoge concentraties, diffunderen snel, kortstondig effect
 - Exocytose: in actieve zones van axon (bij ionenkanalen)

NEUROPEPTIDEN (CHEMISCH)

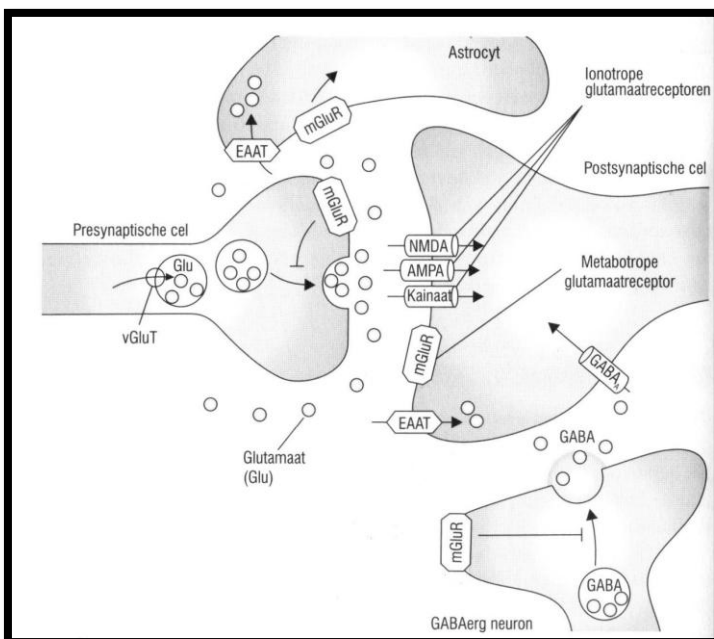
- × Ontstaan
 - Aminozuurketens aangemaakt door ribosomen in het ER, nadien bewerking in Golgi-apparaat
 - Eerst precursor (groter peptide) wordt verknipt tot neuropeptide
 - Verlaten Golgi-apparaat en worden verpakt in dense-cored vesikels
 - Dense-cored vesikels gaan naar zenuwuiteinden (via axonaal transport)
- × Exocytose
 - In de actieve zones
 - Overal mogelijk in zenuwuiteinden van membraan
- × Werking
 - Bij lage concentraties
 - Langdurig effect als neurotransmitter of neuromodulator
- × Cotransmissie
 - Neuropeptiden en kleinmoleculaire neurotransmitters komen samen voor in dezelfde cel
 - Receptoren aanwezig (in postsynaptische neuronen) voor beide types



Figuur 5.5 ligandgemedieerd ionenkanaal



Figuur 5.6 werking van metabotrope receptoren



Figuur 5.7 glutamerge neurotransmissie

IONOTROPE RECEPTOREN (CHEMISCH)

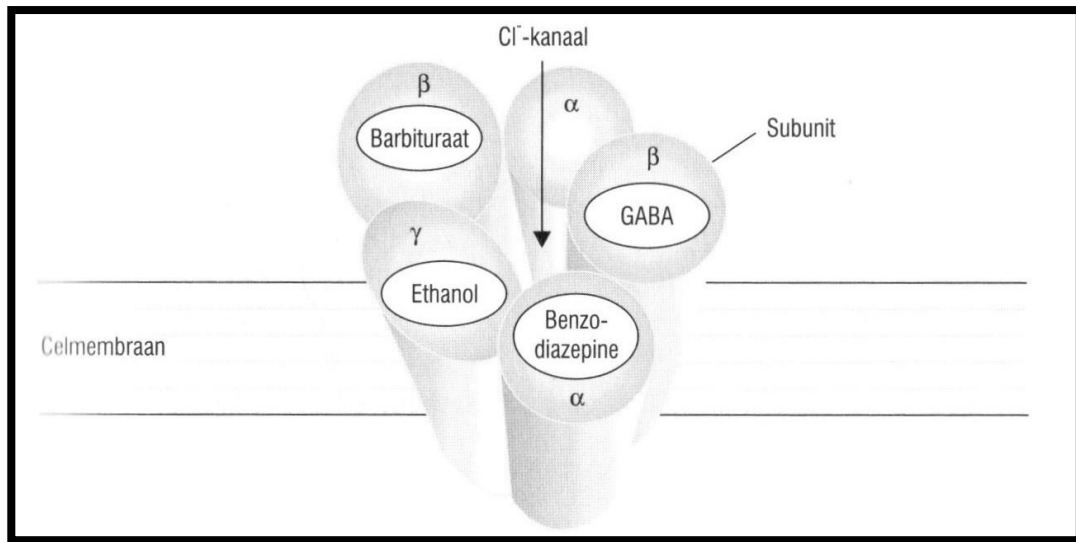
- × Snelle, korte werking
- × Ionenkanalen
 - Eiwitten, gecodeerd door drie genenfamilies (gelijkaardige basensequenties per familie)
- Gap junction channels
- Voltage-gated ion channels (spanningsgevoelig)
 - Genereren van actiepotentialen
 - Activatie door depolarisatie
 - Selectief voor calcium, natrium en kalium
 - 4 herhalingen van basismotief (6 transmembranaire α -helixen)
- Ligand-gated ion channels (ligandgemedieerd)
 - 4 of 5 afzonderlijke subunits (met verschillende transmembranaire α -helixen)
 - Direct effect van neurotransmitters: onmiddellijke opening van ionenkanaal
 - Bv. nicotinische acetylcholinereceptor (neuromusculaire synaps)

METABOTROPE RECEPTOREN (CHEMISCH)

- × Trage, lange werking
- × Wijziging in intracellulaire reacties (neurotransmitter bindt aan onrechtstreeks verbonden receptoren)
- × Indirecte gating
 - Korte termijn
 - Activatie van metabotrope receptoren voor productie van second messengers (cAMP)
 - Second messengers
 - Informatie van eerste messenger (neurotransmitter) van membraan naar cytoplasma
 - Activatie van verschillende intracellulaire moleculen (proteïnekinasen)
 - Proteïnekinasen
 - Enzymen die de binding van fosforgroepen (natrium- en kaliumkanalen) veroorzaken, waardoor doorlaatbaarheid verandert
 - Lange termijn
 - Second messengers: activatie genexpressie van regulatorische eiwitten
 - Regulatorische eiwitten
 - Binding aan kanalen
 - Zorg voor langdurige verandering van doorlaatbaarheid

GLUTAMERGE NEUROTRANSMISSIE (CHEMISCH)

- × Glutamaatneurotransmissie: alle functies van CZS
- × Glutamaat
 - Meest verspreide exciterende neurotransmitter in CZS
 - Transport in synaptische vesikels door vesiculaire glutamaattransporter (vGlutT)
- × Soorten glutamaatreceptoren
 - Ionotroop: AMPA, kainaat, NMDA-receptoren
 - Metabotroop: mGluR-groep I, II en III

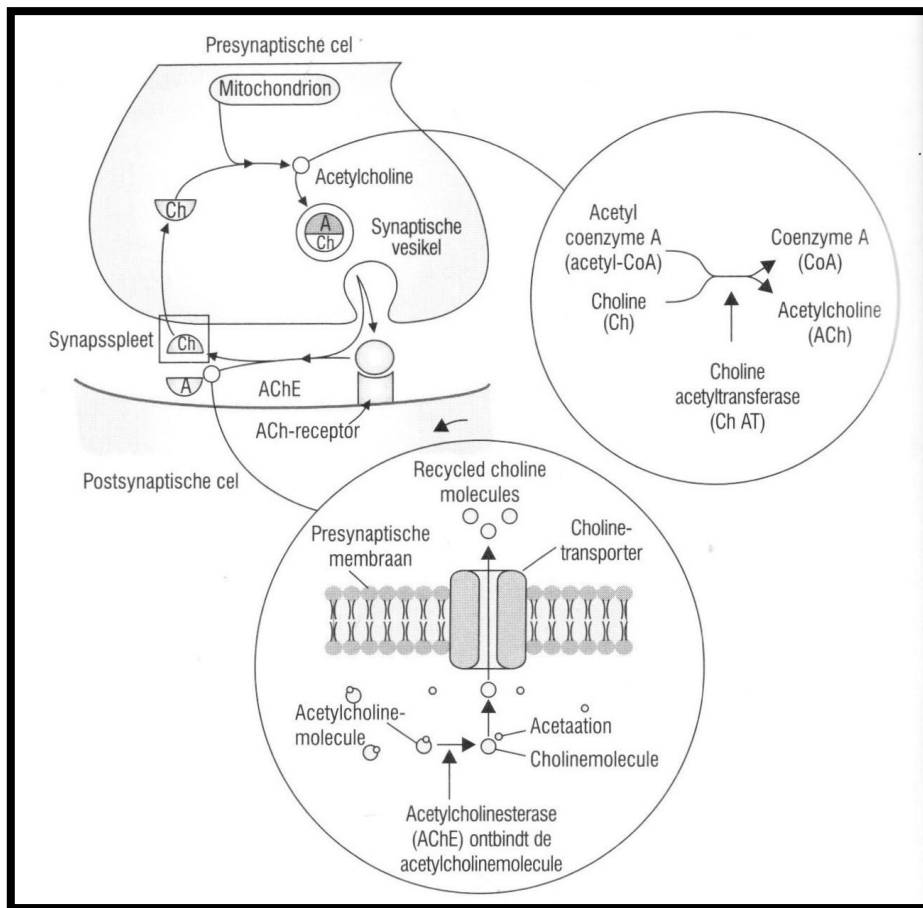


Figuur 5.8 de GABA_A-receptor en zijn bindingsplaatsen voor barbituraat, GABA, ethanol en benzodiazepines

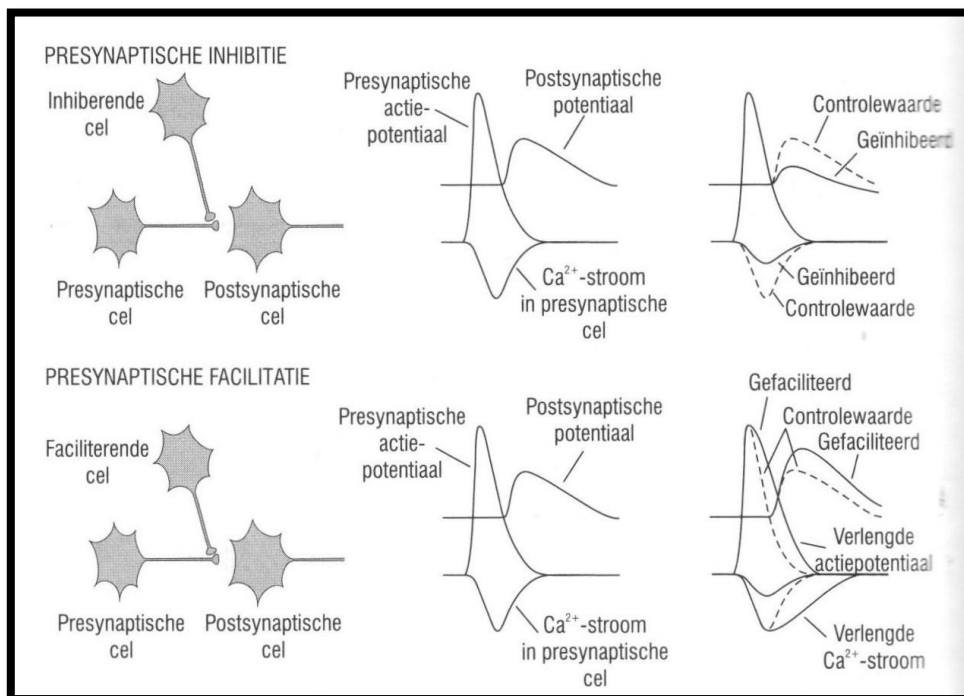
- × AMPA-receptor
 - Veel glutamerge synapsen in CZS zijn voor de exogene stof AMPA
 - Ligandgemedieerd ionenkanaal
 - Glutamaat bindt aan transmitterbinding: ionenkanaal doorlaatbaar voor Na^+
- × NMDA-receptor
 - Gevoelig voor N-methyl-D-asparaat
 - Brede verspreiding in CZS
 - Enkel actief onder bepaalde omstandigheden
 - Ligandgemedieerd ionenkanaal
 - Celmembraan langdurig gepolariseerd: Mg^{2+} -ionen komen los van porie en Ca^{2+} -ionen stromen binnen volgens elektrochemische gradiënt
 - Functie
 - Vormen van neuroplasticiteit
 - Pathologische activatie van NMDA-receptoren: neuropathologische processen (epilepsie, dementie, chemische hersensceschade na cerebrovasculair accident)
- × Er zijn verschillende pre- en postsynaptische metabotrope glutamaatreceptoren die cruciaal zijn voor de modulatie en fijne regulatie van de glutamerge neurotransmissie
- × EAAT
 - Transmembranair eiwit
 - Excitatoire aminozuurtransporter
 - Opname van vrijgesteld glutamaat in neuronen en gliacellen

INHIBERENDE NEUROTRANSMISSIE (CHEMISCH)

- × Glycine en gamma-aminoboterzuur (GABA): inhiberende neurotransmitters
- × Zenuwcellen die GABA vrijstellen zitten doorheen ZS
- × GABA-receptor
 - Ligandgemedieerd chloorkanaal
 - Bindingsplaats voor GABA en andere stoffen (exogeen/endogeen)
 - Openen van ionenkanaal van receptor
 - Cl^- -ionen stromen binnen
 - Hyperpolarisatie
 - Exciteerbaarheid van cel daalt
 - Functie
 - Rol in verschillende neurologische aandoeningen
 - Rol in werking van alcohol op ZS
- × Bepaalde groepen van farmaceutica met slaapinducerende of anxiolytische werking (barbituraten, benzodiazepines) binden aan specifieke sites: stimulatie van opening van chloorkanaal



Figuur 5.9 cholinerge neurotransmissie



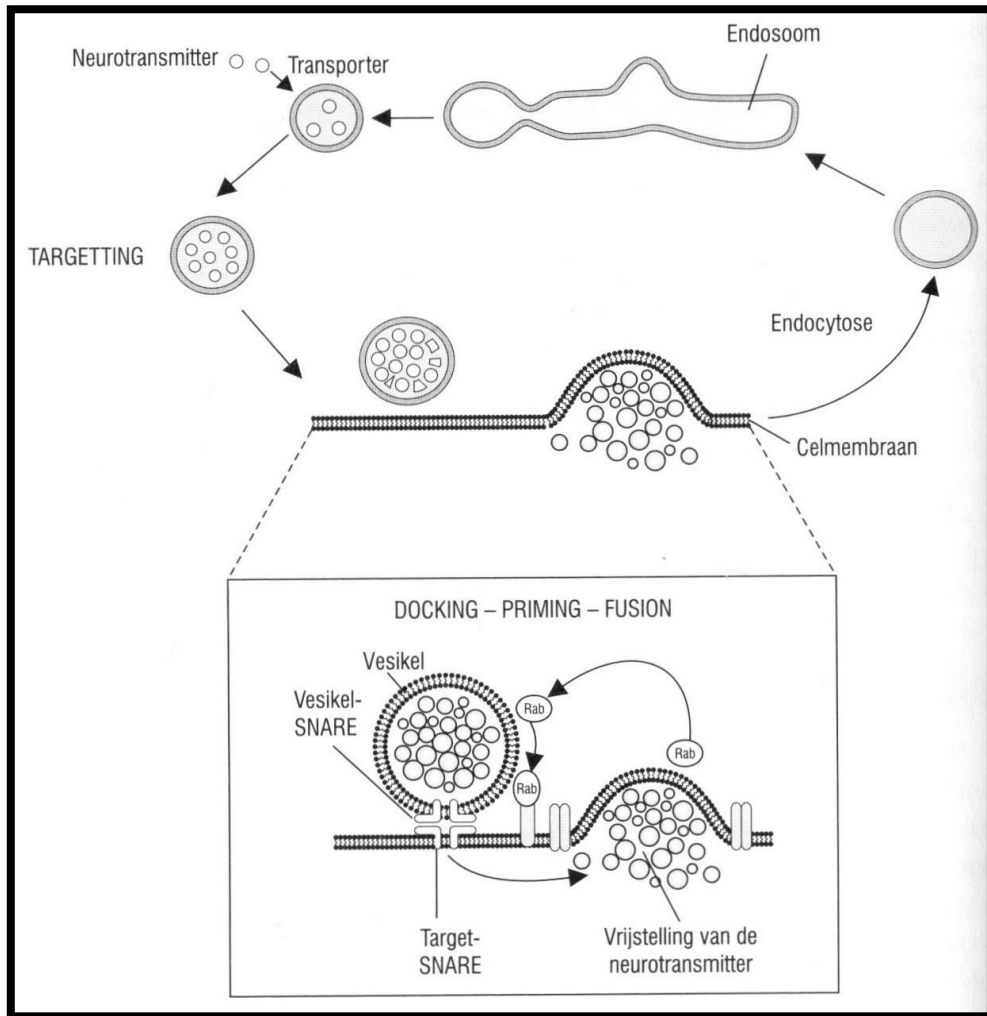
Figuur 5.10 presynaptische inhibitie en facilitatie

CHOLINERGE NEUROTRANSMISSIE (CHEMISCH)

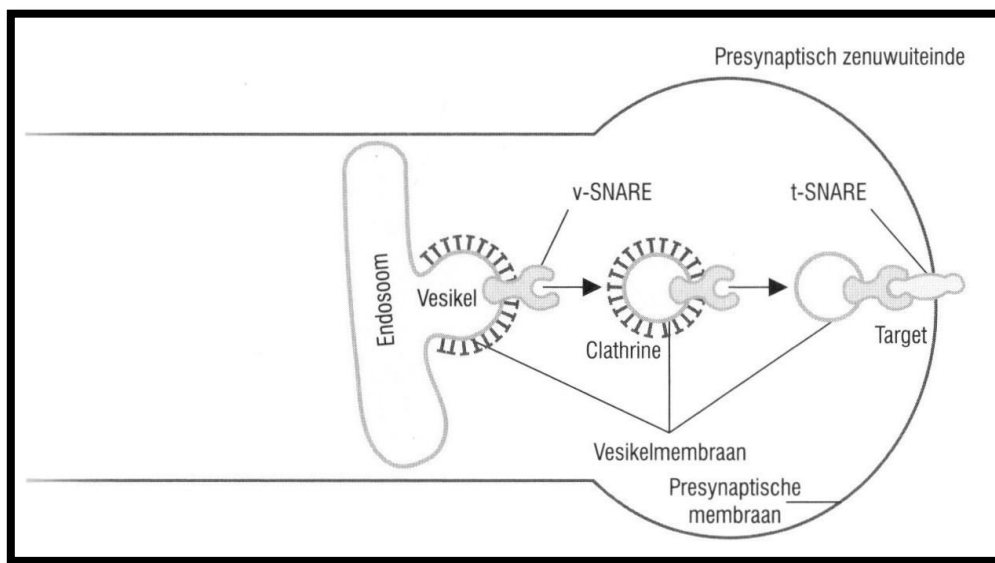
- × Acetylcholine
 - Getransporteerd in synaptische vesikel
 - Na vrijstelling: binding aan ionotrope of metabotrope acetylcholinereceptoren
 - Inactivatie in synaptische spleet door acetylcholinesterase
 - Vrijstelling van choline: heropname door presynaptische cel en aanmaak van acetylcholine
 - Gebruik voor motorneuronen (PZS) ter hoogte van neuromusculaire synaps en plaatsen in CZS
 - Rol in
 - Geheugen
 - Andere intellectuele functies
 - Ziekteprocessen (neuromusculaire aandoening myasthenia gravis en alzheimer)
- × Twee groepen cholinerge receptoren (AChR)
 - Kunnen in verschillende subtypes worden onderverdeeld
 - Verschillen op vlak van
 - Agonisten: stoffen die zich gedragen als neurotransmitters
 - Antagonisten: stoffen met tegengestelde werking als neurotransmitters
 - Groep 1: nicotinische AChR
 - Reageren op agonist nicotine
 - Ter hoogte van neuromusculaire synaps tussen zenuwen en spieren
 - Ligandgemedieerd ionenkanaal: doorlaatbaar voor Na^+
 - Acetylcholine bindt zich
 - Depolarisatie
 - Influx van Na^+
 - Voldoende ionenkanalen open: membraan gepolariseerd
 - Spanningsgevoelige natriumkanalen openen
 - Actiepotentiaal in postsynaptisch neuron
 - Groep 2: muscarinische AChR
 - Reageren op agonist muscarine
 - Neuromodulatie in parasympatische synapsen van autonome ZS
 - Metabotrope receptor die via productie van cyclisch AMP de excitabiliteit van de zenuw beïnvloedt

NEUROTRANSMITTERVRIJSTELLING

- × Zenuwcel krijgt exciterende en inhiberende input
 - Summatie bepaalt of er al dan niet een actiepotentiaal opgewekt wordt
 - Actiepotentiaal: verder geleid langs axon
 - Zenuwuiteinde: depolarisatie van membraan
 - Spanningsgevoelige Ca^{2+} -kanalen openen: Ca^{2+} stroomt binnen volgens elektrochemische gradiënt
 - Versmelting van synaptische vesikels met presynaptisch celmembraan
 - Vrijstelling neurotransmitter in synapsspleet



Figuur 5.11 exocytotische cyclus



Figuur 5.12 de SNARE-hypothese

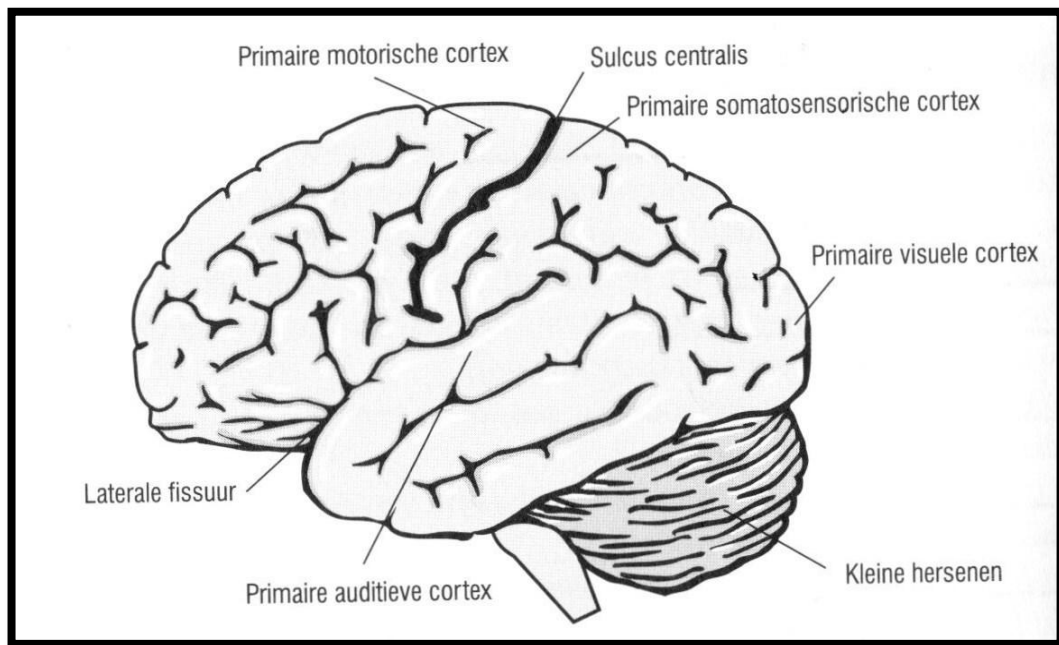
- × Vrijstelling neurotransmitter: modulatie op verschillende manieren door excitabiliteit te beïnvloeden
 - Presynaptische inhibitie
 - Inhiberende cel maakt axo-axonaal contact met presynaptische neuron: reductie van hoeveelheid neurotransmitter
 - Transmitter zorgt ervoor dat de calcium-influx in het presynaptische neuron afneemt: reductie van hoeveelheid neurotransmitter
 - Presynaptische facilitatie
 - Faciliterende cel maakt axo-axonaal contact met presynaptische neuron: stijging van hoeveelheid neurotransmitter
 - Transmitter zorgt ervoor dat de calcium-influx in het presynaptische neuron toeneemt: stijging van hoeveelheid neurotransmitter

EXOCYTOTISCHE CYCLUS

- × Transmittervrijstelling verloopt volgens cyclisch proces met recyclage van vesikelmembranen
- × **Fase 1: targeting**
 - Synaptische vesikels worden gevuld met neurotransmitter door speciale transporteiwitten
 - Synaptische vesikels worden naar de actieve zone van het presynaptische membraan geleid
 - Rab3A
 - Rab3C
 - Hechten zich vast aan de vesikels en zorgen ervoor dat ze op de juiste plaats aankomen
- × **Fase 2: docking**
 - Rab-eiwitten zorgen voor docking
 - De synaptische vesikels worden vastgehecht ter hoogte van de actieve zone
- × **Fase 3: priming**
Vesikels worden biochemisch voorbereid (dichter tegen presynaptische membraan)
- × **Fase 4: fusion**
 - Membraan van vesikel versmelt met celmembraan
 - Vrijstelling van neurotransmitter
- × Clatherine-eiwitten zorgen voor recuperatie van membraan (endocytose)
 - Gerecupereerde membranen worden naar endosoom gebracht (celorganel: glad ER en verzameling en processing van membranen)
 - Vesikels opnieuw afgesplitst van endosoom en gevuld met neurotransmitter

SNARE-HYPOTHESE

- × Membraanvesikels worden afgesplitst van endosoom (door clatherinemoleculen)
- × Membraanvesikels bewegen naar presynaptische membraan (vrijstelling van inhoud)
- × De calciumafhankelijke exocytotische versmelting van de membranen bij transmittervrijstelling is mogelijk doordat proteïnen van het vesikelmembraan (v-snare) zich binden aan specifieke targetreceptoren (t-snare) in het presynaptische membraan
 - Aantrekking en versmelting
 - Neurotransmitters komen vrij in de synapsspleet
 - Activatie door calciuminflux (bij actiepotentiaal)
 - SNARE-eiwitten = functionele units: soluble N-ethylmaleimide-sensitive factor attachment portein receptors

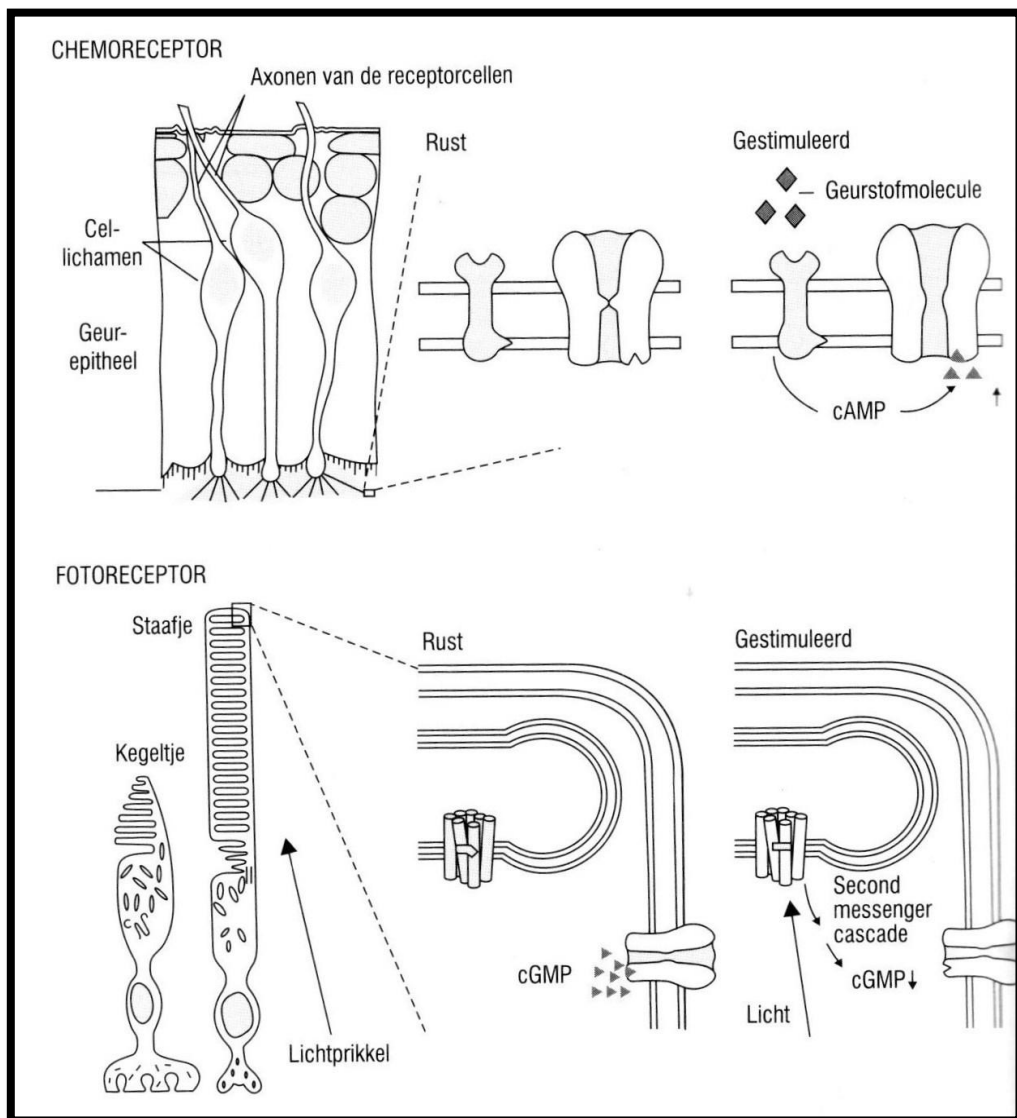
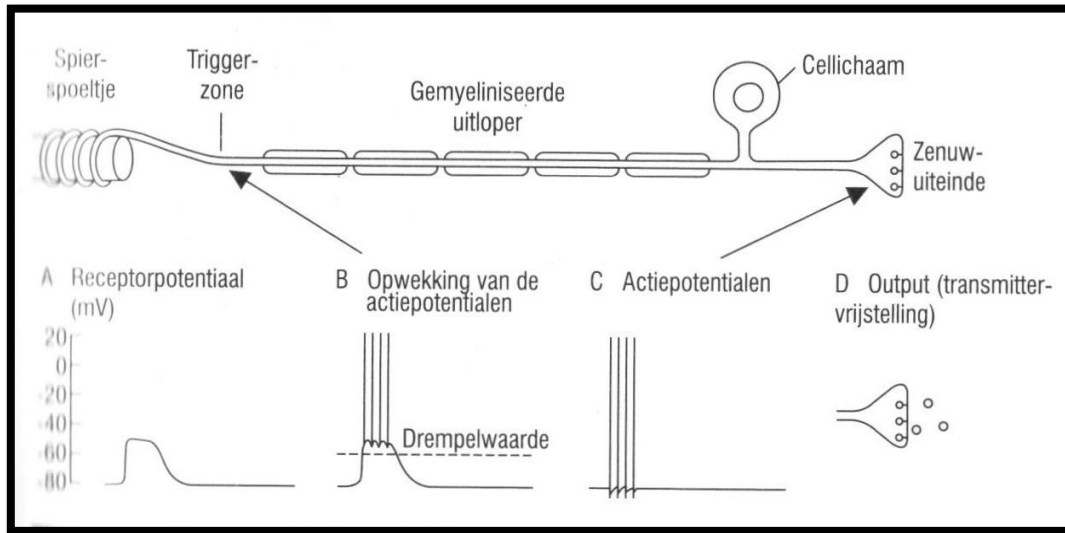


6. Zintuigcellen

ZINTUIGLIJKE WAARNEMING

- × Zintuiglijke waarneming of perceptie
Proces dat instaat voor registratie, verwerking en interpretatie van omgevingsprikkel
- × Onderverdeling
 - **Bijzondere waarneming**
 - Zicht, gehoor, evenwichtszin, geur en smaak
 - Signalen langs hersenzenuwen naar CZS
 - **Oppervlakkige waarneming**
Tastzin, pijngewaarwording, temperatuurwaarneming en tweepuntsdiscriminatie
 - **Diepe waarneming**
Proprioceptie, positiezin van spieren en gewrichten, diepe spierpijn en vibratiezin
 - **Viscerale waarneming**
 - Sensaties ter hoogte van ingewanden, misselijkheid, honger en pijn aan ingewanden
 - Voortgeleid in autonome afferente vezels
 - Morfologisch en functioneel verschil met diepe waarneming
- × Zintuigreceptorcellen
Exciteerbare cellen in zintuigen die instaan voor sensaties (omzetting van fysieke prikkels in zenuwimpulsen). Om tot bewuste waarneming te komen, moeten er projectie naar hersenen zijn.

Elk gevoelig voor andere soort stimulusenergie met verschillende zintuigmodaliteiten (type energie)
 - **Mechanoreceptoren**
 - Gehoor, tastzin, evenwicht, proprioceptie
 - Proprioceptie = waarneming van beweging, positie en oriëntatie van lichaam en –onderdelen
 - **Chemoreceptoren**
Reukzin, smaak, pijn, jeuk en irritatie
 - **Thermoreceptoren**
Waarneming van temperatuur
 - **Fotoreceptoren**
Visuele prikkelmodaliteit (door licht)
- × Route doorheen het lichaam
 - Eerst komen alle prikkels aan in de primaire sensorische gebieden van grote hersenen
 - Primaire somatosensorische cortex
 - Primaire visuele cortex
 - Primaire auditieve cortex
 - Nadien schakelen ze door naar de associatieve corticale gebieden



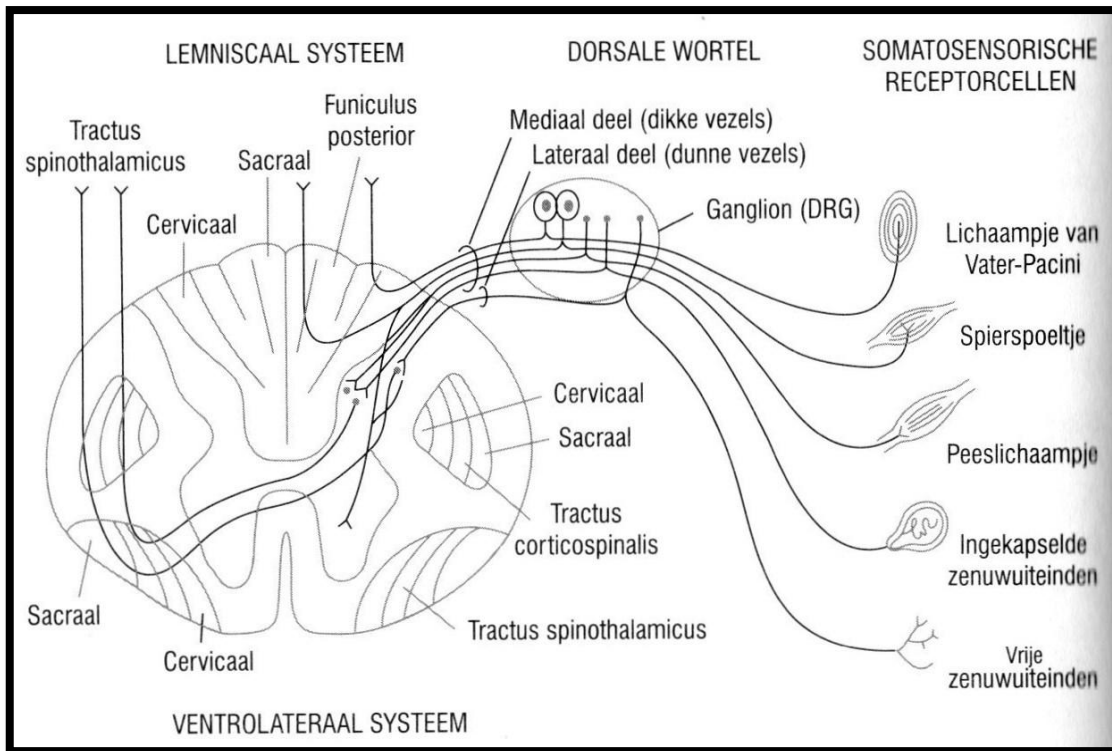
RECEPTIE, TRANSDUCTIE EN CODERING

- × Zintuig

Een organisatie van cellen die gespecialiseerd is in de waarneming van energetische prikkels. Deze prikkels worden door zintuigen vertaald in zenuwimpulsen, die als betekenisvolle waarnemingen ervaren worden in de hersenen.
- × Sensorieel systeem
 - Bestaat uit
 - Receptoren
 - Perifere banen
 - Centrale banen
 - Specifieke doelgebieden in de hersenen
 - Sensoriële receptorcellen of zintuigcellen
Gespecialiseerde neuronale structuren die zorgen voor contact met wereld buiten het lichaam
- × Transformatie van stimulus in zenuwimpulsen
 - Receptie: stimulusenergie opgevangen door receptor
 - Transductie: stimulusenergie omgezet in verandering membraanpotentiaal (= receptor-)
 - Codering: potentiaalveranderingen omgezet in code van actiepotentialen
- × Uitleg figuur 6.2
 - Spierspoeltje: mechanoreceptor die reageert op uitrekking van pezen of spieren
 - Inputsignaal: receptorpotentiaal met gradueel verloop (duur en amplitude gerelateerd aan duur en amplitude van stimulus)
 - Triggerzone: integratie receptorpotentialen tot actiepotentiaal (drempelwaarde overschreden)
 - Coderingsfase: graduele aard van inputsignaal omgezet in frequentiecode van actiepotentialen
 - Stimulusintensiteit (amplitude) weergegeven in frequentie van gegenereerde actiepotentiaal
 - Stimulusduur weergegeven in aantal actiepotentialen
 - Outputsignaal: vrijstelling van neurotransmitter (actiepotentialen bij receptoreinde)
 - Hoeveelheid wordt bepaald door aantal actiepotentialen bij inputsignaal

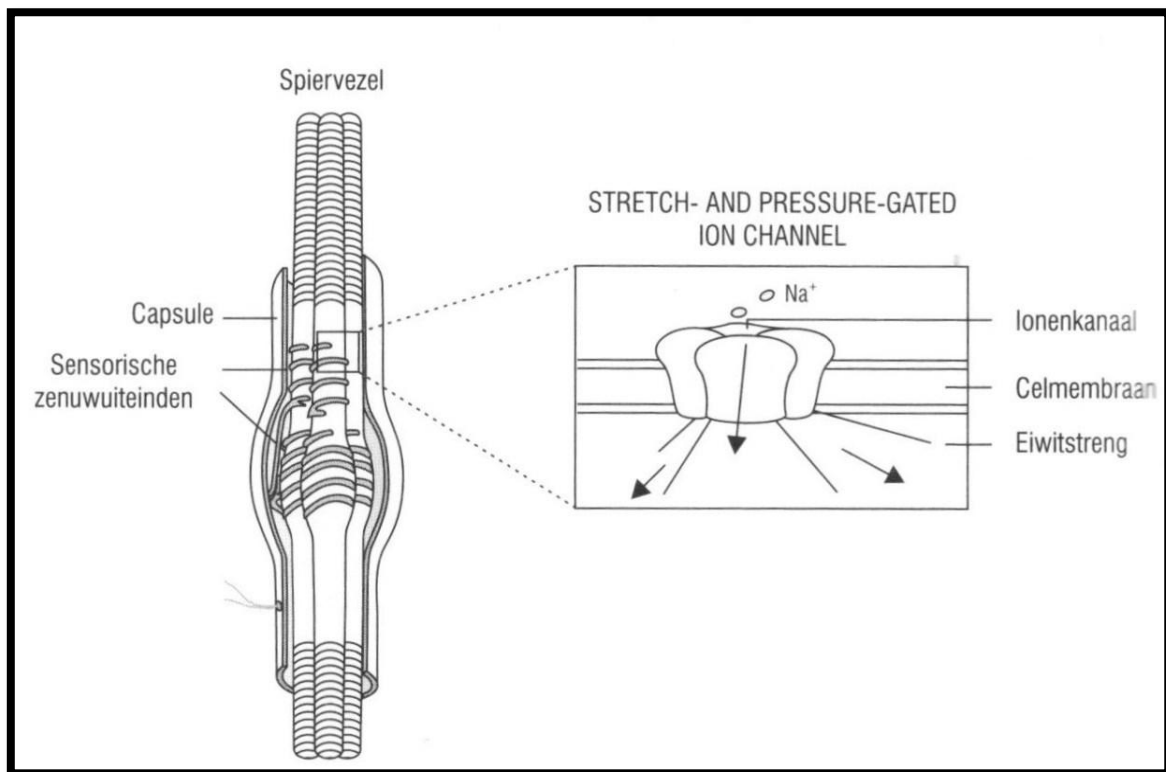
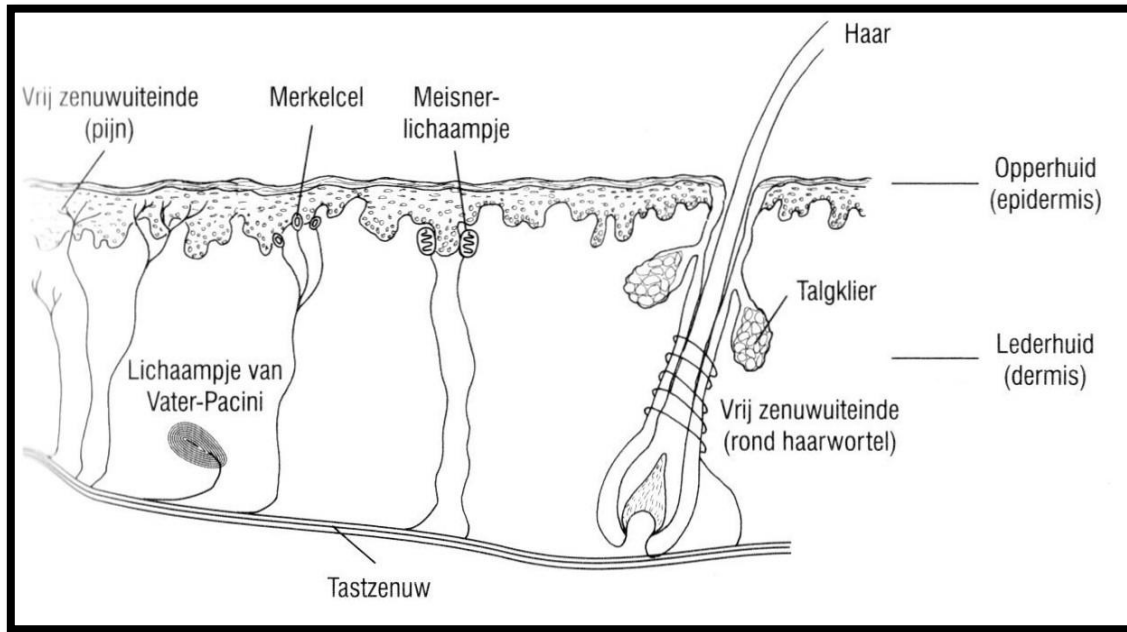
TRANSDUCTIEMECHANISME

- × Verschillende sensoriële systemen hebben gelijkaardige algemene bouw, maar verschillen qua transductiemechanismen. Deze zijn gebaseerd op:
 - Rechtstreekse veranderingen van membraanpotentiaal door stimulusafhankelijke ionenkanalen
 - Veranderingen door tussenkomst van second messengers
- × Receptorcellen die gebruik maken van second messenger: onderliggende mechanismen
 - Chemo- en fotoreceptoren: receptorpotentialen gegenereerd door second messengers
 - Membranreceptoren (gekoppeld aan G-proteïnen) geactiveerd door stimulus: subunit van G-proteïne komt los. Deze subunit activeert enzymen die cyclisch AMP of GMP produceren:
 - Chemoreceptoren: cAMP-afhankelijke ionenkanalen openen = depolarisatie
 - Fotoreceptoren: cGMP-afhankelijke ionenkanalen sluiten = hyperpolarisatie



SOMATOSENSORISCH SYSTEEM

- × Somatosensorische waarneming
Zintuiglijke waarneming ter hoogte van het lichaam (GEEN BIJZONDERE WAARNEMINGEN)
- × Somatosensorische systeem
 - Zintuigreceptoren
 - Verbindingsneuronen
 - Opstijgende zenuwbanen
 - Somatosensorische corticale gebieden
- × Somatosensorische receptorcellen
 - Soorten
 - Exteroceptoren
Gevoelig voor prikkels van buiten het lichaam (zintuigcellen in huid)
 - Proprioceptoren
 - Registreren prikkels vanuit het inwendige van het lichaam
 - Lichaampjes van Vater-Pacini
 - Spierspoeltjes
 - Receptoren bij gewrichten
 - Vrije zenuwuiteinden voor pijn
 - Niet specifiek voor bepaalde sensatie
 - Zeer sterke stimuli kunnen verschillende sensaties en pijn veroorzaken
 - Bevinden zich over het hele lichaam
 - Geven impulsen door aan verbindingsneuronen (cellichamen in dorsale ganglia die zich langs ruggenmerg bevinden), die informatie verder geleiden naar ruggenmerg
 - 2 somatosensorische banen in het ruggenmerg naar de thalamus (impulsen naar somatosensorische cortex van grote hersenen doorgeven)
 - **Lemniscale systeem**
 - Door dorsale kolommen
 - Tast, gewrichtsgewaarwording, tweepuntsdiscriminatie, vibratiezin
 - **Ventrolaterale systeem**
 - Gebruik van ventrolateraal gelegen spinothalamische baan
 - Pijn en temperatuurszin
- × Perceptie of bewuste waarneming
Wanneer prikkels de corticale gebieden bereiken



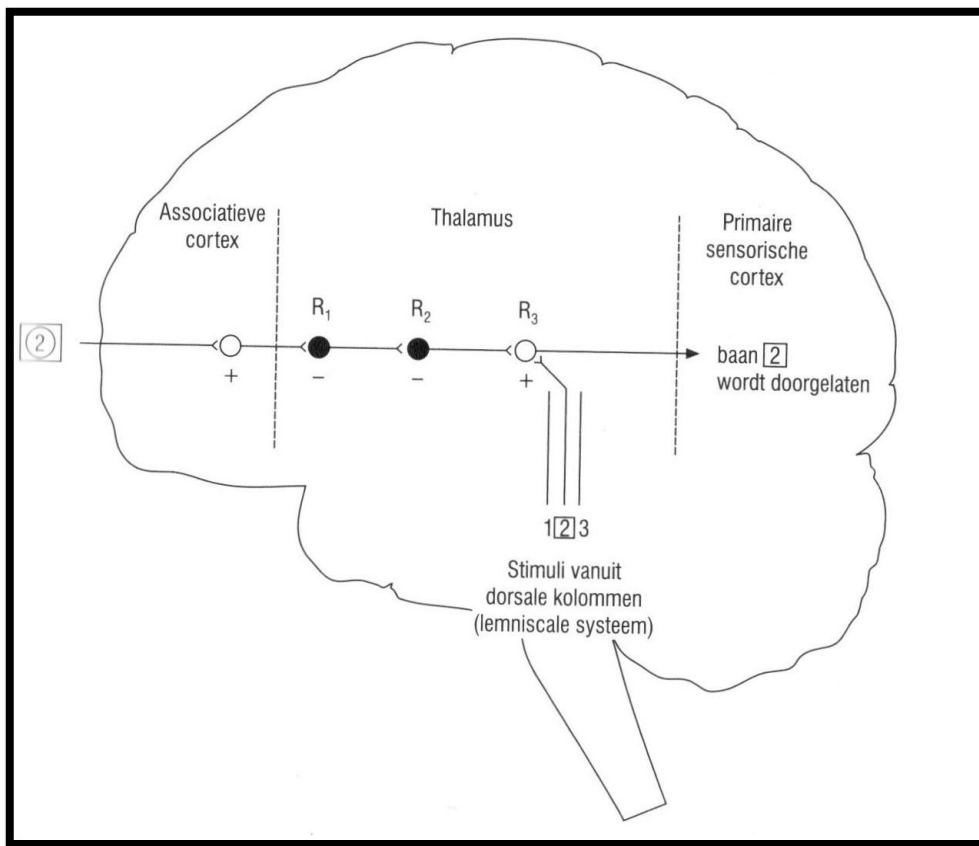
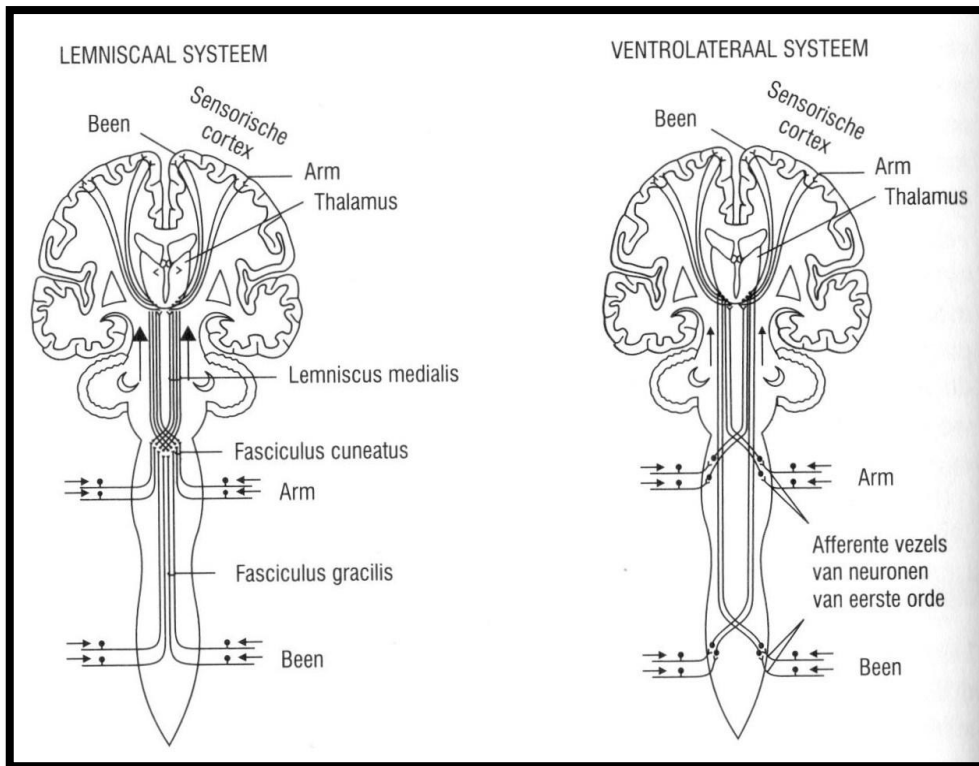
ZINTUIGCELLEN IN DE HUID

- x De huid is niet alleen ons grootste orgaan, maar ook belangrijk onderdeel van somatosensorische waarneming
- x Receptorcellen bevinden zich in de opperhuis (epidermis) en dermis
- x Mechanoreceptoren: onderscheid tussen submodaliteiten contact, druk en vibratie
 - Merkelcellen druk
 - Ruffini-uiteinden druk
 - Meissnerlichaampjes vibratie
 - Lichaampjes van Vater-Pacini vibratie
- x Naargelang het type van receptoren dat geactiveerd wordt, nemen we specifieke sensaties waar en wanneer de 4 soorten receptoren vuren, hebben we het gevoel contact te hebben met een voorwerp.
- x Elk sensorieel systeem ontvangt 4 types van informatie over de waargenomen stimulus
 - Modaliteit: type energie waaruit stimulus bestaat
 - Locatie: welke set van receptoren wordt geactiveerd
 - Intensiteit: met welke amplitude reageert de receptor (frequentie van actiepotentialen)
 - Timing: wanneer begint en eindigt de stimulatie van receptor (aantal actiepotentialen)
- x Bij huidreceptoren
 - Locatie en spatiële eigenschappen van stimulus worden gecodeerd door distributie van geactiveerde receptoren
 - Receptor vuurt enkel wanneer de huid vlakbij de sensorische uiteinden van receptor (receptieve veld) wordt aangeraakt
 - Receptieve velden van verschillende receptoren verschillen wat grootte en reactie op aanraking betreft

MECHANORECEPTOREN

Gespecialiseerde neuronen waarvan er verschillende vormen bestaan. Ze zetten mechanische prikkels om in zenuwsignalen.

- × **Funcție**
 - Mechanische stimulatie vervormt het receptormembraan en opent stretch- en pressure-gated ionenkanalen in het celmembraan
 - Receptorcel depolariseert bij uitrekking
 - Amplitude van receptorpotential is proportioneel met intensiteit van de stimulus (sterke druk opent meer ionenkanalen voor langere periode)
- × **Spierspoeltje**
 - Gevoelig voor mate en snelheid waarmee spieren uitgerekt worden
 - Bundel spiervezels omwonden door zenuwuiteinden (reactie op uitrekking van spiervezels)
 - Ionenkanalen in zenuwuiteinden: vastgehecht aan cytoskelet met eiwitstrengen (geopend bij mechanische vervorming van het membraan)
 - Mate van depolarisatie: proportioneel met snelheid en amplitude van uitrekking
 - Uitrekking aangehouden: receptorpotential daalt tot waarde die proportioneel is met amplitude

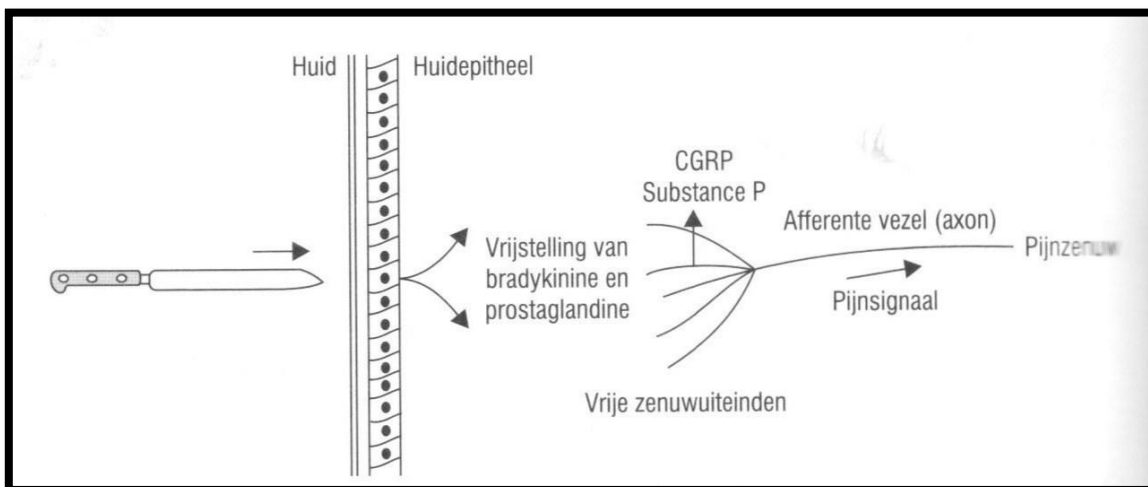
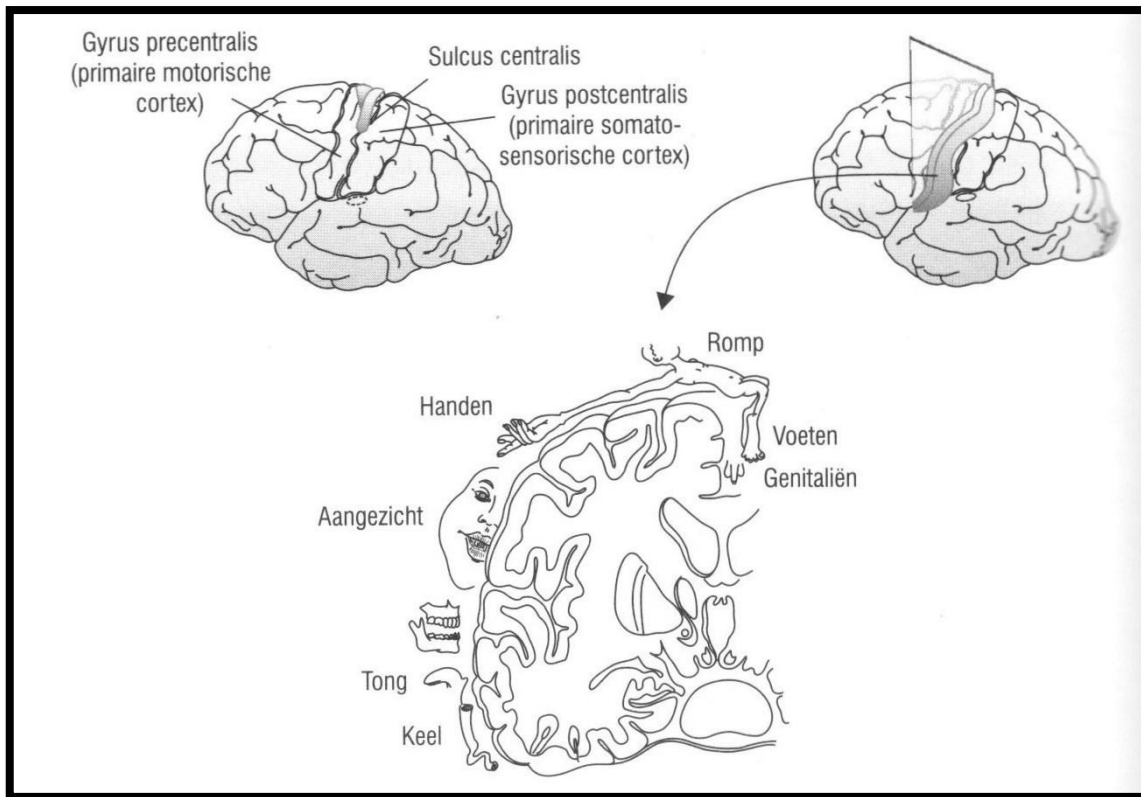


VERBINDINGSNEURONEN

- × Stimuli die door zintuigreceptoren geregistreerd worden, worden door 3 groepen naar somatosensorische cortex vervoerd
 - Neuronen van de eerste orde
 - Signalen vanuit de receptorcellen
 - Cellichaam
 - In ganglion van dorsale wortels
 - In somatisch-afferent ganglion van hersenzenuwen
 - Synaps met neuronen van tweede orde
 - Neuronen van de tweede orde
 - Cellichaam in neuraxis (ruggenmerg of hersenstam)
 - Axonen kruisen middellijn en eindigen in thalamus
 - Tegenstelling met ruggenmerg en hersenstam
 - Grijs stof (binnenkant): cellichamen van neuron
 - Witte stof (buitenkant): zenuwbanen of strengen van axonenbundels
 - Twee subsystemen van opstijgende spinale banen
 - Lemniscade systeem: achterstreng van ruggenmerg (tastzin, positiezin van gewrichten, tweepuntsdiscriminatie en vibratiezin)
 - Ventrolaterale systeem: langs ventraal en ventrolateraal gelegen spinothalamische baan (pijn- en temperatuurprikkels)
 - Neuronen van de derde orde
 - Cellichaam in kernen van thalamus
 - Projectie van informatie naar primaire somatosensorische cortex

THALAMISCHE GATING

- × Thalamus
 - Evolutionair oude structuur
 - Sensorische informatie passeert voordat ze naar cerebrale cortex gaat
 - Grote groepen van GABAerge, feed-forward inhiberende neuron (voor gating)
- × Thalamische kernen: poort tussen onbewuste subcorticale sensoriek en bewuste corticale perceptie
 - Dankzij uitgebreide wederzijdse connecties tussen hersenstam, thalamus en cortex
 - Gating: selectieve aandacht en modificatie van pijnprikkels
- × Sensorische prikkels
Bewust gepercipieerd als ze door de thalamus gepasseerd zijn en de cortex bereikt hebben
- × Uitleg figuur 6.8
 - Alle aandacht toegespitst op één specifieke stimulus (blokkage voor andere stimuli)
 - Corticothalamische connecties (vanuit associatieve cortex)
 - Maken gating mogelijk
 - Versterken en onderdrukken van impulsen
 - Associatieve cortex: aandacht aan bepaalde stimulus (S2)
 - Corticothalamische baan: activatie inhiberende thalamische cellen (R1)
 - Inhiberend contact met volgende groep (R2) door eerste groep (R1)



- Remmende werking van R2 op exciterend thalamisch neuron (R3) wordt opgeheven
- Facilitatie: versterking contact tussen specifieke groep van neuronen van 2^{de} en 3^{de} orde door R3
- Laterale inhibitie: thalamisch neuron R1 stuurt inhiberend contact naar omringende cellen
- Feed-forward inhibitie: verbinding onderdrukt omringende somatosensorische contacten
- Resultaat: één bepaalde stimulus wordt selectief doorgestuurd naar primaire sensorische cortex
- Concentratie: proces gaat verder en afsluiting voor externe stimuli (thalamus onderdrukt opstijgende impulsen)

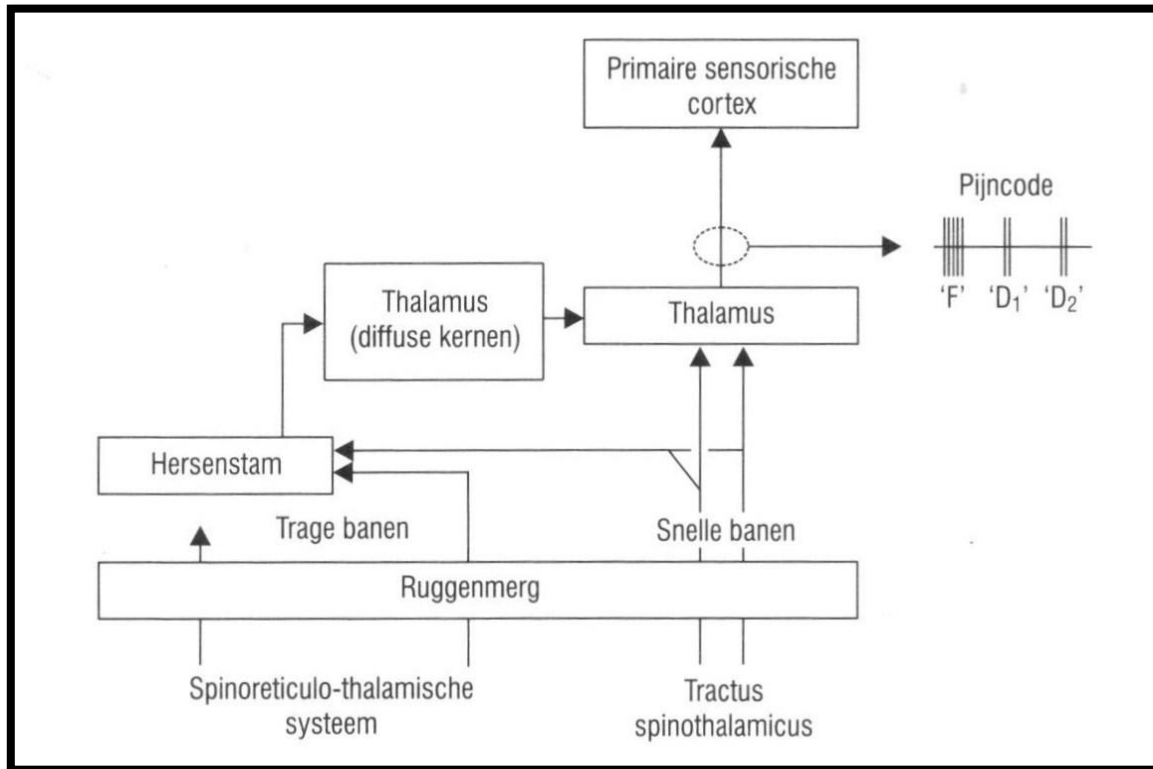
PRIMAIRE SOMATOSENSORISCHE CORTEX

Corticaal gebied ter hoogte van de gyrus postcentralis, vlak achter de sulcus centralis van de pariëtale lobben in beide hersenhemisferen

- × Projectie (via thalamus) van lemniscale en ventrolaterale systeem op primaire somatosensorische cortex
- × Somatotopisch georganiseerd
Elk deel van lichaam is afgebeeld op welbepaalde plaats van primaire somatosensorische cortex
- × Gedeeltes
 - Lateraal: ontvangt projecties van de bovenste lichaamshelft
 - Mediaal: ontvangt projecties van de onderste lichaamshelft
- × Uitleg figuur 6.9
 - Corticale uitvergroting van de belangrijkste somatosensorische regio's
 - Gevoelige lichaamsdelen (handen, aangezicht, lippen, mond) beslaan een groter oppervlak van de primaire somatosensorische cortex dan de relatieve oppervlakte van deze lichaamsdelen en dan de minder gevoelige delen van ons lichaam (rug en romp)

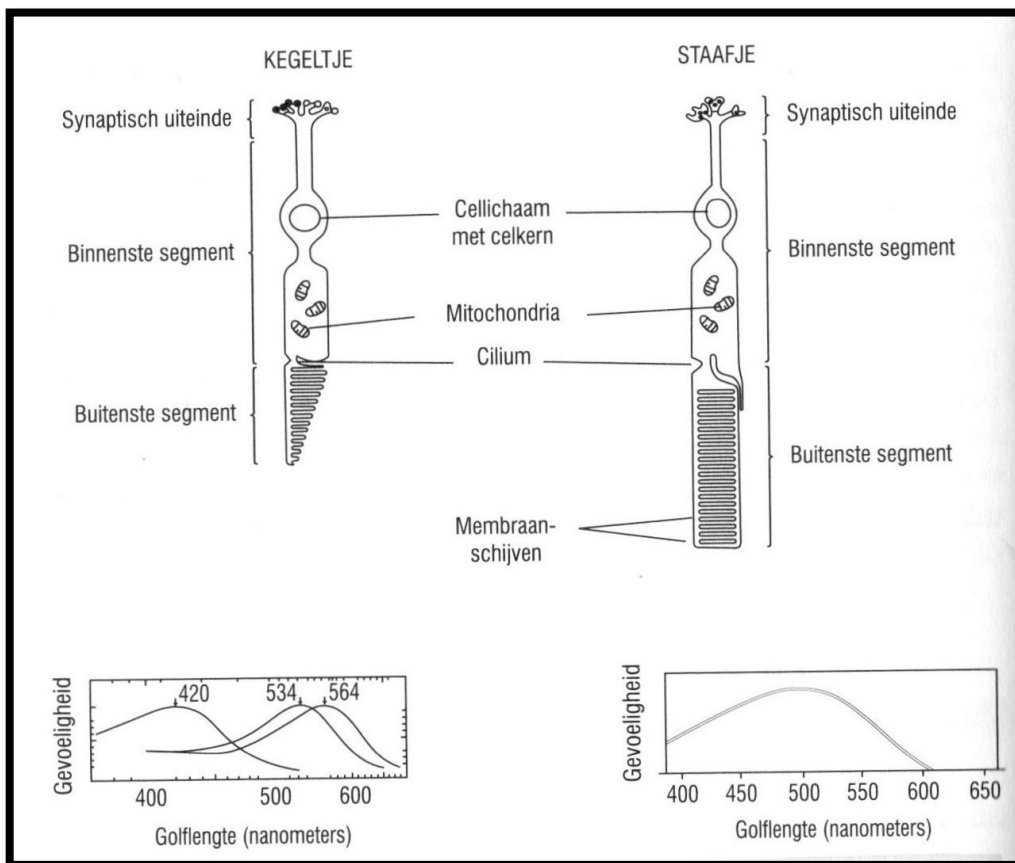
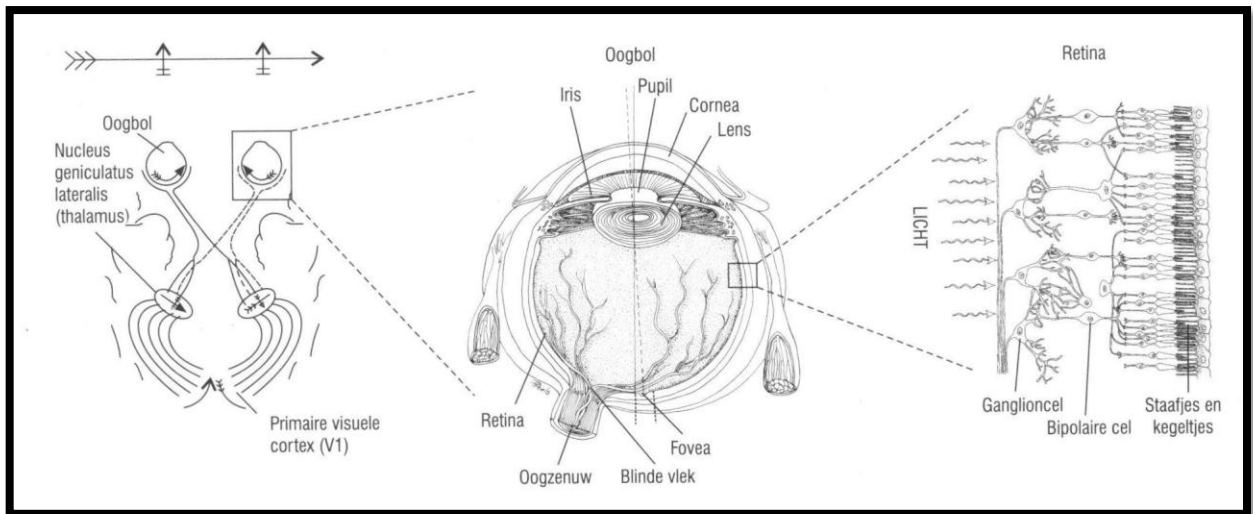
PIJNRECEPTOREN

- × Nocireceptoren of pijnreceptoren
Vrije zenuwuiteinden die signaleren wanneer lichaamsweefsel beschadigd wordt
- × Weefselschade
 - Chemische stoffen (bradykinine en prostaglandine) vrijgesteld
 - Opening van ionenkanalen: depolarisatie en receptorpotential
 - Actiepotential (pijnsignaal naar hersenen)
 - Vrijstelling van neuropeptiden substance P en calcitonin gene-related peptide (CGRP)
 - Uitzetten van bloedvaten
 - Uitdrijving van bloedplasma (oedeem: swelling)
 - Substance P: activatie mestcellen van afweersysteem
 - Vrijstelling histamine
 - Verdere excitatie van nocireceptoren



PIJNPERCEPTIE

- × Pijnsysteem
 - Perifere nocireceptoren (chemoreceptoren)
 - Afferente vezels (dikke A δ -vezels (snelle pijn) en dunne C-vezels (trage pijn))
 - Afferente neuronen van 2^{de} orde
 - Cellichamen in dorsale hoorn van ruggenmerg: pijngewaarwording in lichaam
 - Cellichamen in nucleus spinalis van 5^{de} hersenzenuw: pijngewaarwording in aangezicht
 - Opstijgende zenuwbanen naar thalamus en formatio reticularis
 - Pijnspecifieke neuronen in thalamus (projectie naar primaire somatosensorische cortex)
- × Scherpe, snelle pijn
 - Naar hersenen via tractus spinothalamicus
 - Meteen over ruggenmerg naar thalamus en primaire cortex
- × Dofte, vaag gelokaliseerde pijn
 - Naar hersenen via spinoreticulothalamische systeem
 - Via formatio reticularis (in hersenstam) naar primaire cortex
 - Pijnsignaal krijgt negatieve emotionele connotatie door koppeling naar limbische systeem
- × Blokkage of modulatie van pijnsignaal
 - Door cellen in hersenstam die neuropeptiden vrijstellen (endorfines)
 - Door thalamische gating
- × Pijncode
 - Hersenen onderscheiden tastzin van pijn
 - Bestaat uit
 - 1 snelle trein van actiepotentialen (fast, F)
 - 2 trage treinen van actiepotentialen (delayed, D)
 - D1 puls is het gevolg van banen die passeren via formatio reticularis en thalamus
 - D2 puls is het gevolg van reciproque activiteit in thalamische kernen
 - Ontstaat op basis van snelle en trage baan (waardoor pijnprikkels naar cortex gevoerd worden)



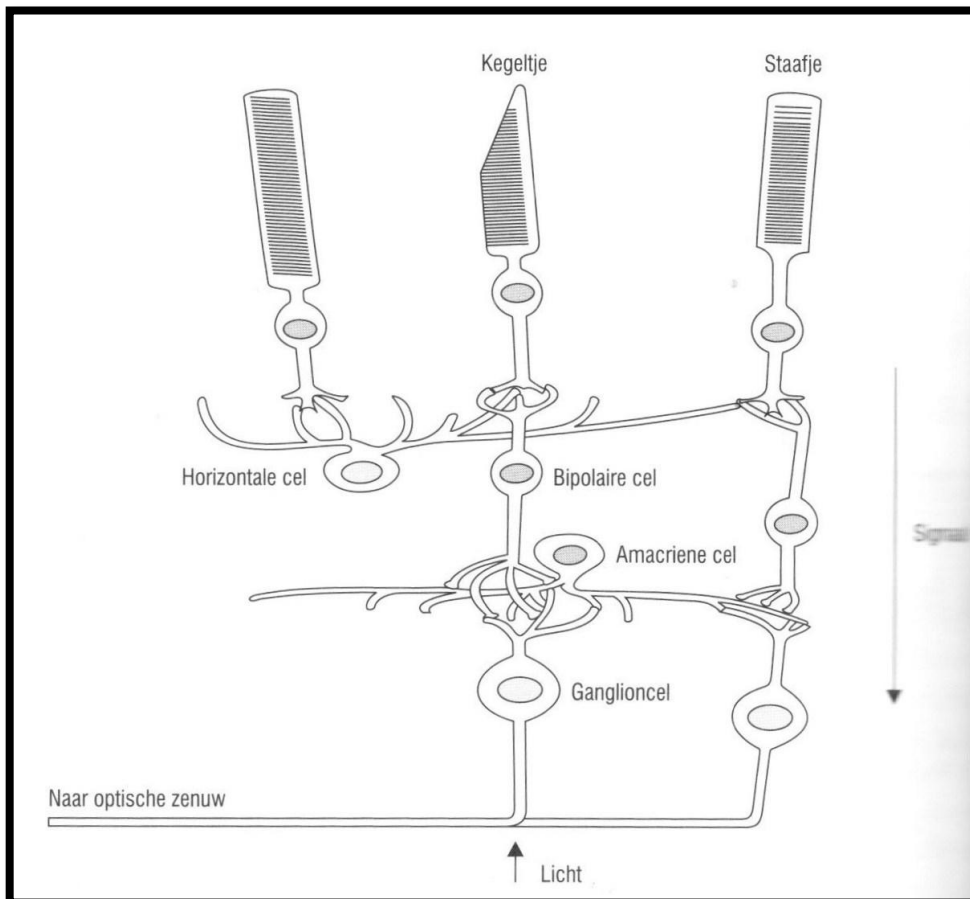
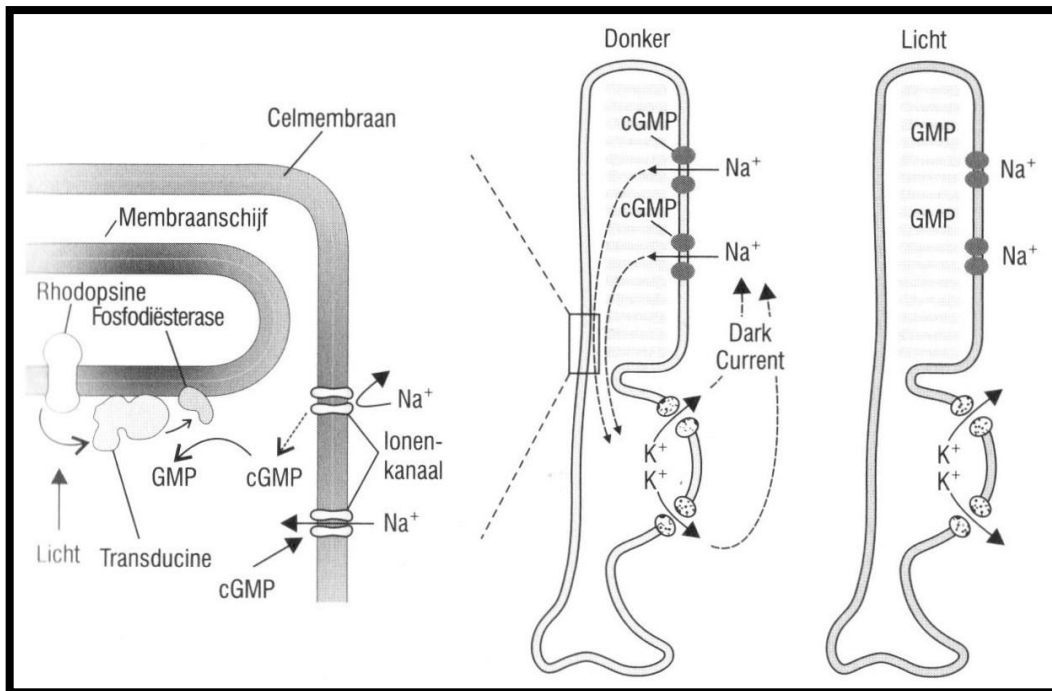
7. Cellen om te zien, horen, ruiken en proeven

ZIEN

- × Visuele waarneming
 - Het licht passeert door cornea (hoornvlies)
 - Het licht treft de retina (netvlies) achter aan het oog
- × Retina
 - Dunne, sterk georganiseerde laag van 5 types zenuwcellen
 - Axonen die niet gemyeliniseerd zijn
 - Doorzichtig
 - Slechts minimale disortie van licht
 - Aan achterzijde van oogbol
 - Fototransductie: lichtprikkels omzetten in neuronale signalen
- × Signalen
 - Verwerking en bewuste visuele perceptie (in hersenen)
 - Door optische zenuw (nervus opticus) via het chiasma opticum (waar deel van banen de middellijn kruist) in de tractus opticus om een synaps te vormen met de cellen in de nucleus geniculatus lateralis in de thalamus
- × Functie bouw van het oog
Visueel beeld met zo weinig mogelijk disortie op de retina
- × Baan van licht
 - Licht gefocust door het hoornvlies op de lens
 - Licht passeert door glasachtig lichaam (viskeuze vloeistof die holte van oogbol vult)
 - Licht bereikt fotoreceptoren in retina
- × Fovea
 - Plek op retina waar cellichamen opzij geschoven zijn
 - Licht kan hierdoor fotoreceptoren ongehinderd bereiken
- × Blinde vlek
Plaats waar de optische zenuw uit de oogbal treedt (geen fotoreceptoren)

STAAFJES EN KEGELTJES

- × Retina: 2 types fotoreceptoren
Geen actiepotentialen, maar reactie op licht met verandering in membraanpotentiaal
 - Staafjes
 - Lichtintensiteitsverschillen
 - Nachtelijk zicht
 - Kegeltjes
 - Zien van kleuren
 - Daglicht



- × Fotoreceptoren: 3 functionele delen
 - Buitenste segment
 - Fototransductie
 - Gevuld met rhodopsine (lichtabsorberend visueel pigment)
 - S-kegeltjes: korte golflengte (blauw, 420 nm)
 - M-kegeltjes: middellange golflengte (groen, 530 nm)
 - L-kegeltjes: lange golflengte (rood, 560 nm)
 - Binnenste segment

Bevat cellichamen en biosynthetische elementen
 - Synaptische uiteinde

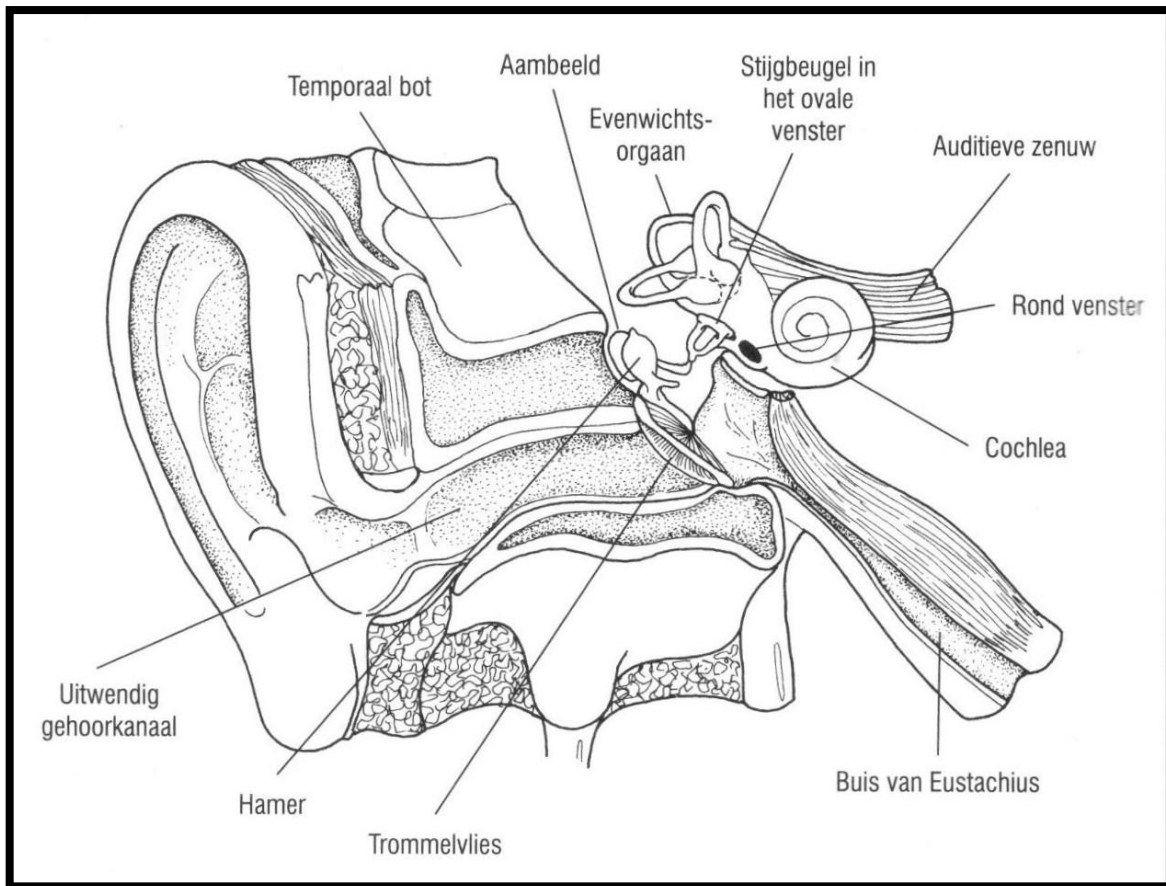
Maakt contact met targetcellen (bipolaire cellen)

FOTOTRANSDUCTIE

- × Wanneer het visuele pigment rhodopsine geactiveerd wordt door inval van licht op fotoreceptorcellen van de retina
 - Activatie van pigmentmoleculen in membraanschijven van buitenste segment
 - Activatie van G-proteïne (transducine)
 - Activatie van enzym fosfodiësterase (breekt cGMP af)
- × Concentratie van cGMP, bepaald door
 - Guanylaatcyclase: synthese van cGMP
 - Fosfodiësterase: afbraak van cGMP
 - Weinig actief in donker
 - Concentratie cGMP hoog: cGMP-gated ion channels wekken depolarisatie (Na^{2+}) op
 - 2 dark current fotoreceptorcellen
 - cGMP-afhankelijke Na^{2+} -influx
 - cGMP-onafhankelijke K^{+} -influx
 - Tegengestelde stromen op peil gehouden door $\text{Na}^{+}/\text{K}^{+}$ -pomp
 - Rustmembraanpotentiaal: - 40 mV
 - Heel actief in licht
 - Concentratie cGMP laag: cGMP-gated ion channels wekken hyperpolarisatie (Na^{2+}) op
 - Langzame adaptatie aan fel licht (pupilgrootte daalt)
 - Minder licht op retina en fotoreceptoren
 - Trage terugkeer naar membraanpotentiaal
 - Afname gevoeligheid (desensitisatie) van kegeltjes bij herhaalde lichtinval voor aanpassing fel licht

BIPOLAIRE EN GANGLIONCELLEN VAN DE RETINA

- × Signaaloverdracht
 - Verticale transmissie: fotoreceptorcellen geven elektrisch signaal (via bipolaire cellen) door aan ganglioncellen, die het signaal naar hersenen voeren
 - Laterale transmissie
 - Modulatie door horizontale en amacriene cellen van retina



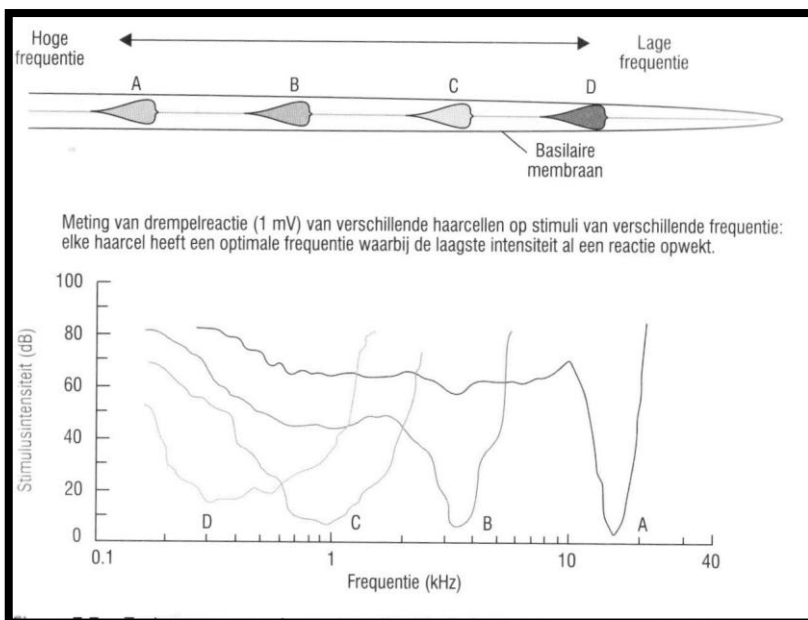
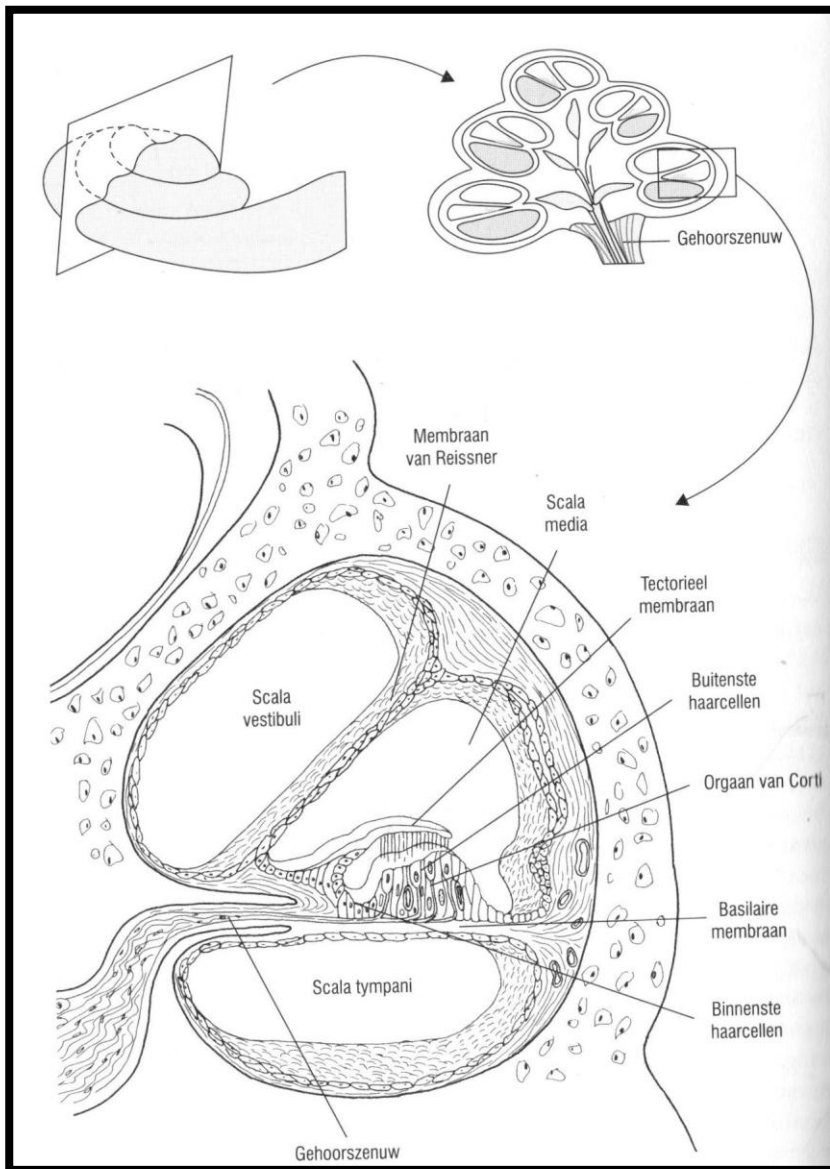
- × Depolarisatie van fotoreceptorcellen van retina (donker): spanningsgevoelige Ca^{2+} -kanalen open
 - Influx van calciumionen
 - Calciumafhankelijke vrijstelling van glutamaat (neurotransmitter)
- × Hyperpolarisatie van fotoreceptorcellen van retina (licht): spanningsgevoelige Ca^{2+} -kanalen dicht
 - Geen influx van calciumionen
 - Geen calciumafhankelijke vrijstelling van glutamaat (neurotransmitter)
- × Bipolaire cellen in retina
 - Off-center-bipolaire cellen: inhibitie van bipolaire cellen door lichtinval
Door afname van glutamaatvrijstelling sluiten glutamaatafhankelijke natriumkanalen
 - On-center-bipolaire cellen: excitatie door lichtinval
 - Door afname van glutamaatvrijstelling sluiten glutamaatafhankelijke kaliumkanalen
 - Door afname van glutamaatvrijstelling openen cGMP-afhankelijke natriumkanalen
 - Signalen worden aan ganglioncellen doorgegeven, waar graduele receptorpotentialen omgezet worden in actiepotentialen (codering)
 - On-center: depolarisatie (licht op receptieve veld) = actiepotentiaal
 - Off-center: hyperpolarisatie (licht op receptieve veld)

HOREN

- × Oor

Zintuigorgaan dat instaat voor sensorische transductie van geluidsenergie in elektrofysiologisch signaal dat in hersenen verwerkt kan worden

 - Buitenoor
 - Uitwendige trechter (pinna, oorschelp) die het geluid opvangt
 - Via uitwendige gehoorgang (meatus auditorius externa) naar het tympanum (trommelvlies)
 - Oorschelp helpt het geluid te lokaliseren (vooral op verticale as)
 - Middenoor
 - Gescheiden van buitenoor door trommelvlies
 - Ruimte met lucht gevuld, die in verbinding staat met de buis van Eustachius waarin de luchtrillingen van het buitenoor versterkt worden en omgezet worden in vloeistoftrillingen in de cochlea van het binnenoor
 - Door gehoorbeentjes: malleus (hamer), incus (aambeeld) en stapes (stijgbeugel)
 - De steel van de hamer bevindt zich tegen het trommelvlies, terwijl de plaat van de stijgbeugel tegen het ovale venster zit (klein membraan dat middenoor van binnenoor scheidt)
 - Gehoorbeentjes werken als hefboom waarbij bewegingen van het trommelvlies omgezet worden in kleine, maar krachtige bewegingen van het ovale venster
 - Binnenoor
 - In het os petrosum (rotsbeen)
 - Bevat cochlea en halfcirkelvormige kanalen van het evenwichtsorgaan
- × Geluid
 - Alternierende verdichting en verdunning van het medium waarin geluidstrillingen zich voortplanten (300 m/s)
 - Hoorbaar geluid: trilling met frequentie van 16000 – 20000 Hz (trillingen per seconde)



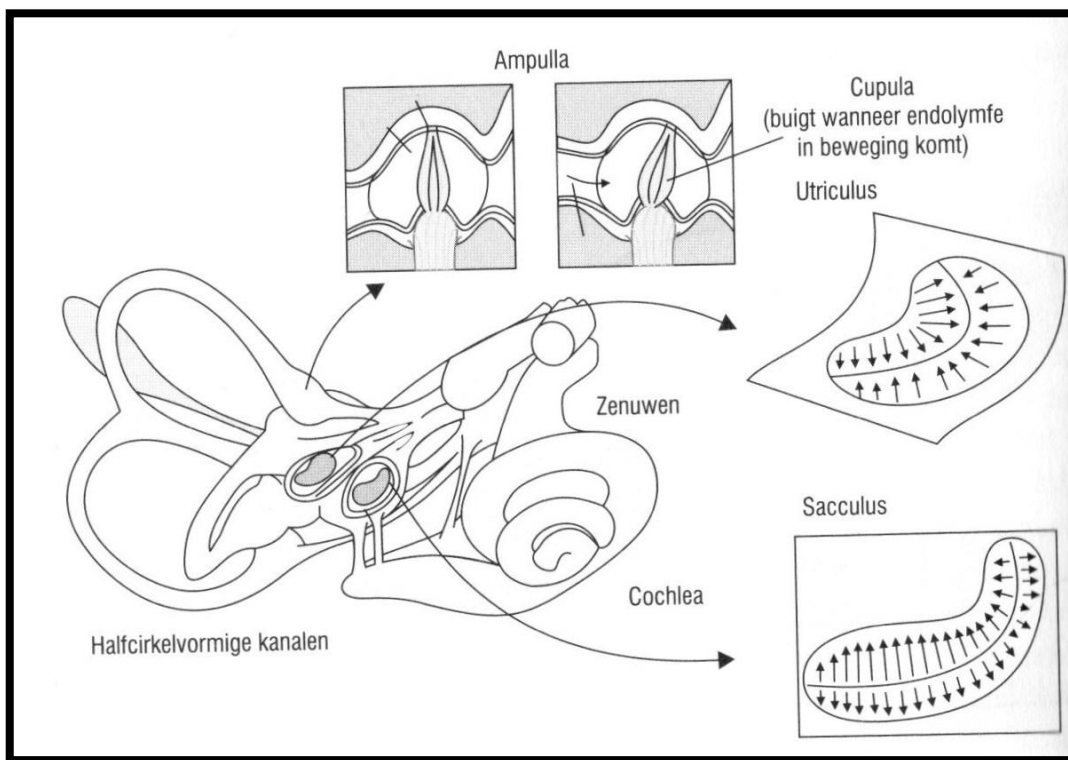
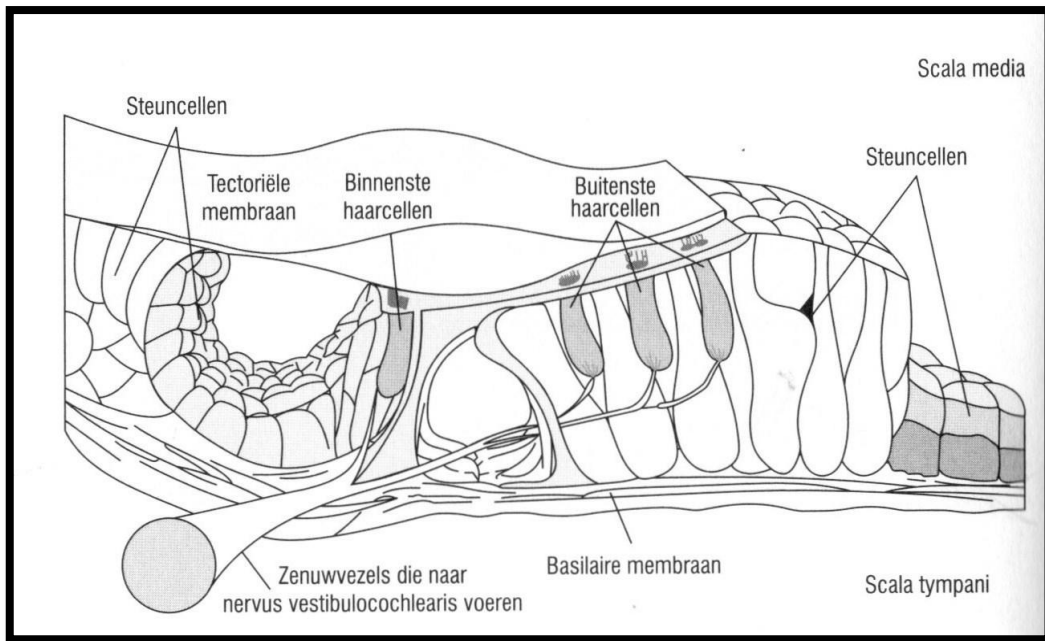
COCHLEA

Slakkenhuis in binnenoor dat vloeistoftrillingen omzet in zenuwimpulsen

- × Scala vestibuli
 - Bovenste kanaal
 - Begint aan ovale venster
 - Via helicotrema, ter hoogte van cochleaire apex, in scala tympani
 - Gevuld met perilymfe
- × Scala media
 - Blind wigvormig kanaal
 - Tussen scala vestibuli en scala tympani
 - Bevat orgaan van Corti
 - Gevuld met endolymfe
- × Scala tympani
 - Onderste kanaal
 - Eindigt aan ronde venster
 - Via helicotrema, ter hoogte van cochleaire apex, in scala vestibuli
- × Membraan van Reissner
 - Tussen scala vestibuli en scala media
 - Ionenbarrière tussen perilymfe (hoge concentratie) en endolymfe (lage concentratie)
- × Basilaire membraan
 - Tussen scala media en scala tympani

SPECTRALE ANALYSE VAN HET GELUID

- × Trilling van stijgbeugel tegen ovale venster
 - Perilymfe in scala tympani in beweging gezet
 - Vervorming van basilaire membraan
- × Basilaire membraan
 - Spectrale analyse van geluid
 - Aan basis van cochlea: smal en strak gespannen (hoge frequenties)
 - Aan top van cochlea: breed en los gespannen (lage frequenties)
 - Verschillende frequenties van geluid worden opgevangen door verschillende receptorcellen
 - Tuningcurves (frequentie-responscurves)
 - V-vormig
 - Maximale gevoeligheid voor specifiek frequentie (karakteristiek voor receptorcel)



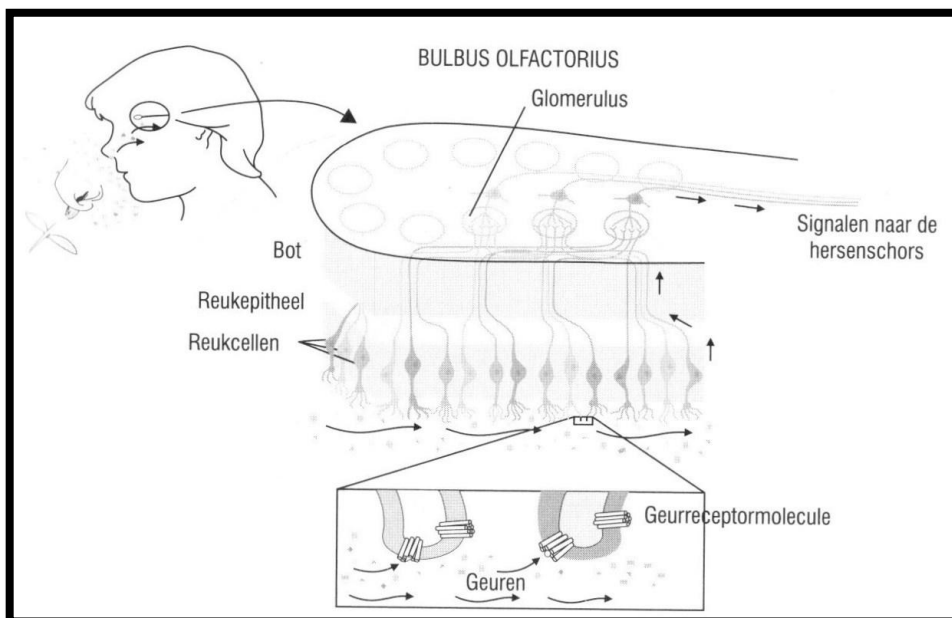
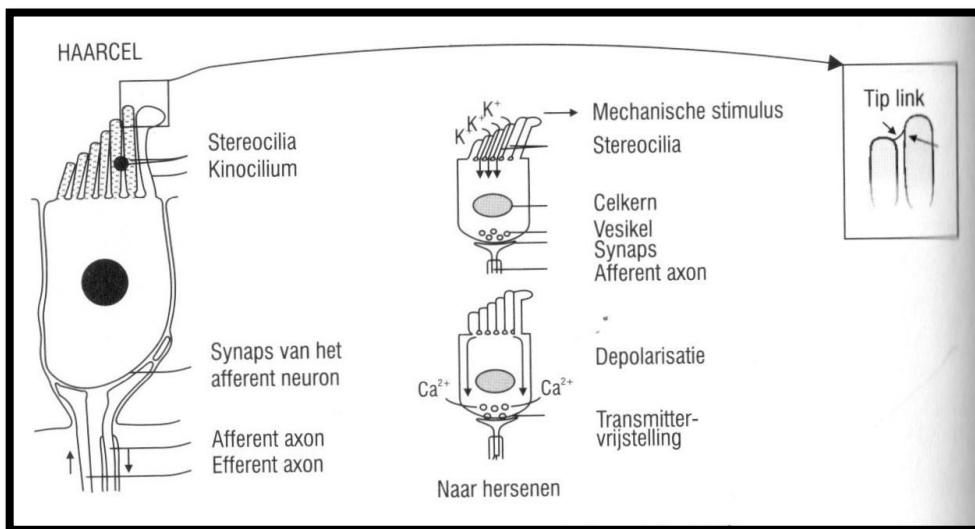
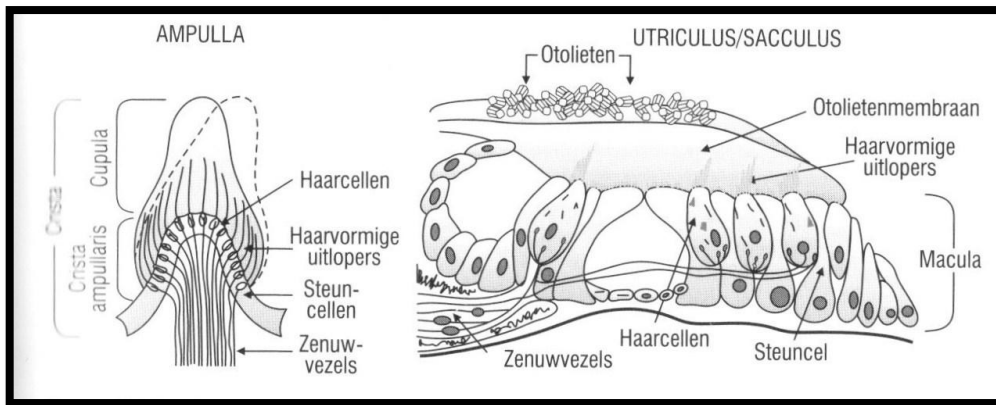
ORGAAN VAN CORTI

- × Het orgaan van Corti
 - Epitheellaag over hele lengte van basilaire membraan
 - 16000 haarcellen of mechanoreceptoren
 - Mechanoreceptoren: 30000 afferente vezels die informatie via de 8^{ste} hersenzenuw (nervus vestibulocochlearis) naar de hersenen voert
- × Haarcellen en zenuwvezels: optimale gevoeligheid voor welbepaalde frequenties
 - Binnenste: enkele rij van 3500 cellen
 - Buitenste: drie lagen van 12000 cellen
- × Tectoriële membraan
 - Bovenop haarcellen
 - Relatief onbeweeglijk dekvlies
 - Top van haarcel heeft 50 – 100 stereocilia (raken het tectoriële membraan)
- × Trilling van stijgbeugel tegen ovale venster
 - Perilymfe in scala tympani wordt in beweging gezet
 - Vervorming van basilaire membraan
 - Beweging van basilaire membraan (ten opzichte van tectoriële membraan)
 - Opwaarts: depolarisatie
 - Neerwaarts: hyperpolarisatie
 - Ombuiging van cilia
 - Opwekking van receptorpotentiaal

VESTIBULAIR APPARAAT

- × Evenwichtsorgaan
 - Lichaamsevenwicht
 - Lichaamshouding
 - Perceptie van beweging/versnelling van hoofd en lichaam
- × Disfunctie
 - Misselijkheid
 - Duizeligheid
- × Receptoren

Liggen in benige labyrint van os petrosum (zoals auditieve systeem)
- × Vestibulair apparaat
 - 3 booggangen of halfcirkelvormige kanalen die eindigen op verbreding (ampulla)
 - Gevuld met endolymfe
 - Loodrecht op elkaar
 - 2 holtes: utricleus en sacculus
 - Gewaarwording en positie van hoofd
 - Haarcellen met groot aantal beweeglijke stereocilia en stijve kinocilium
 - Bedekt met gelatineuze massa waarop calciumcarbonaatkristallen (otolieten) liggen



MECHANORECEPTOREN IN HET VESTIBULAIRE APPARAAT

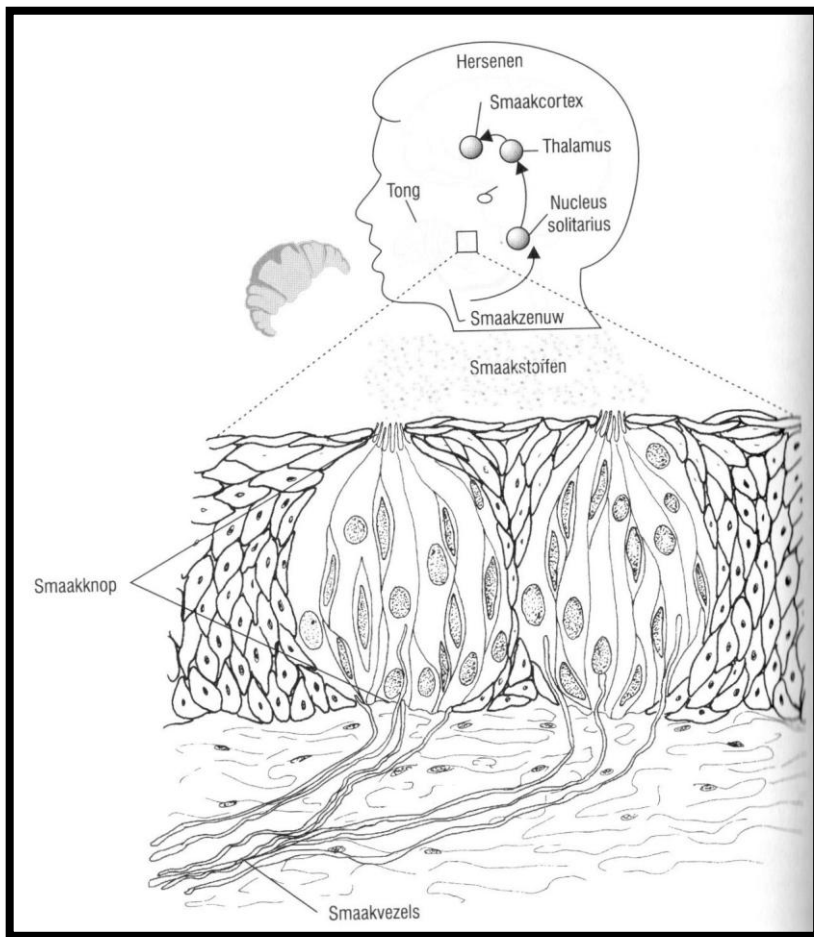
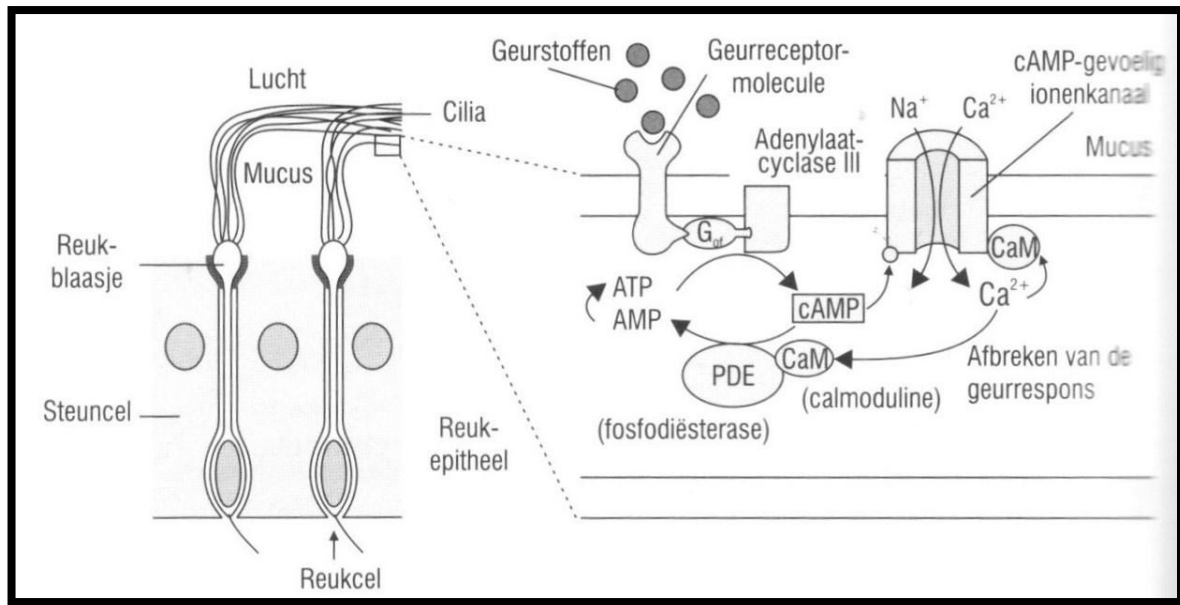
- × In ampulla: receptorcellen van het evenwichtsorgaan (vestibulaire haarcellen)
 - Mechanoreceptoren
 - Bedekt met cupula (gelatineuze substantie) waarin de stereocilia van haarcellen zitten
- × Bij bewegen van hoofd
 - Endolymfe uit minstens één booggang wordt tegen cupula geduwd
 - Stereocilia afgebogen (onder invloed van zwaartekracht)
 - Gradueel membraanpotentiaal (receptorpotentiaal)
 - Depolarisatie: stereocilia naar kinocilium toe
 - Hyperpolarisatie: stereocilia van kinocilium weg

MECHANO-ELEKTRISCHE SIGNAALTRANSDUCTIE

- × Een mechanische stimulus lokt in de haarcellen en andere mechanoreceptoren een receptorpotentiaal uit door middel van een trek- of drukgevoelig ionenkanaal (stretch- or pressure-gated ion channels)
- × Tip links
Elastische verbindingen tussen 2 stereocilia zorgen voor mechanische opening van kationenkanalen
- × In rust
 - 15% van ionenkanalen openen
 - Rustmembraanpotentiaal: - 60mV
- × In cochlea
 - Opwaartse beweging basilair membraan
 - Tip links uitgerekt
 - Opening van ionenkanalen
 - Positief geladen ionen stromen haarcellen binnen (kationen: K^+ en Ca^{2+})
 - Depolarisatie: wanneer meer kanaaltjes bewegen
 - Neerwaartse beweging basilair membraan
 - Tip links verkort
 - Sluiting van ionenkanalen
 - Hyperpolarisatie
- × De respons van de haarcellen is gradueel: afhankelijk van richting en grootte stimulus
Toename van stimulusamplitude
 - Toename receptorpotentiaal
 - Exciterende en inhiberende signalen naar zenuwvezels

RUIKEN

- × Geuren
 - In de lucht opgeloste chemische stoffen
 - Waarneming door geurreceptorcellen (neusslijmvlies) (neuronale signalen naar hersenen sturen)



- × Reukepitheel
Gelegen in dorsale, posterieure gedeelte van neusholte
- Steuncellen
- Reukcellen
 - Bipolaire zenuwcellen met vrije uiteinden of dendrieten
 - In membraan van vrije uiteinden: geurreceptormoleculen (signaaltransductie)
 - Via lange axonen (die samenlopen met olfactorische zenuw) projectie door reukcellen op bulbus olfactorius (onderaan hersenen)
 - Signalen vanuit bulbus olfactorius naar hersenschors

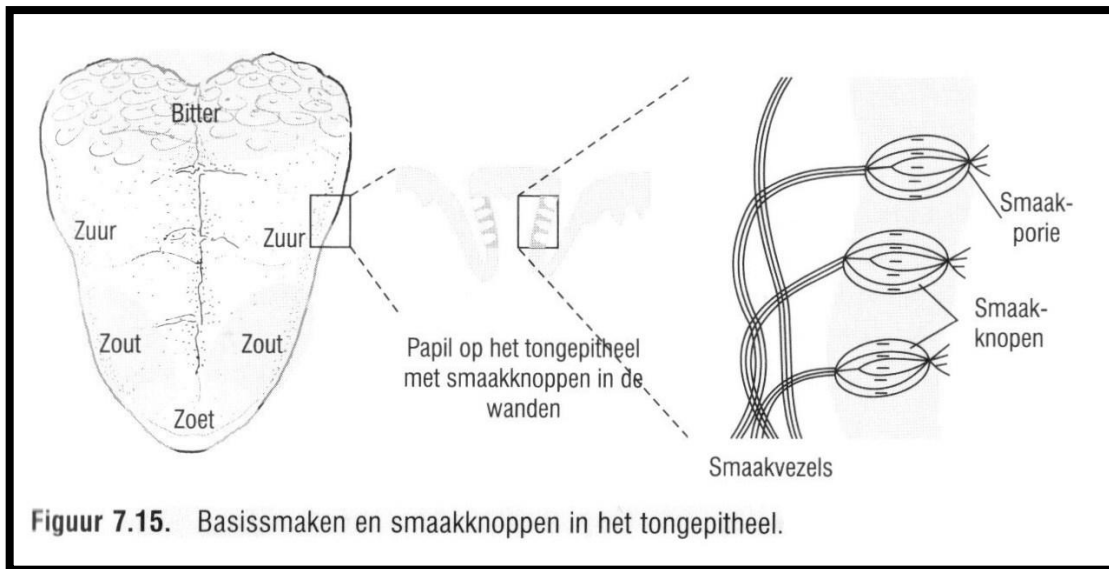
SIGNAALTRANSDUCTIE VAN HET REUKEPITHEEL

- × Dendrieten van reukcellen (neusslijmvlies) lopen naar oppervlakte van reukepitheel
 - Verbreding tot reukblaasje
 - Reukblaasje: bundels van dunne, draadvormige cilia (reactie op geurstoffen met hulp van geurreceptormoleculen)
- × Geurreceptormoleculen (chemoreceptoren): eiwitten die in het membraan van cilia zitten
- × Geurstoffen dringen neusslijmvlies binnen
 - Binden aan geurreceptormoleculen
 - Interactie tussen receptormolecule en G-proteïne
 - Subunit van G-proteïne komt vrij
 - Subunit activeert adenylaacyclase
 - Adenylaacyclase produceert cAMP
 - cAMP doet second messenger toenemen
 - Second messenger doet cAMP-gevoelige kationenkanalen openen
 - Calcium en natrium stromen binnen
 - Depolarisatie receptorcel
 - Onstaan receptorpotentiaal
 - Opwekken van actiepotentiaal in axon van reukcellen
 - Actiepotentialen uit cellen van reukepitheel worden doorgestuurd naar bulbus olfactorius en naar de reukgebieden van de cerebrale cortex

PROEVEN

Chemische gewaarwording waarbij in het speeksel opgeloste moleculen in de mondholte in contact komen met de smaakreceptoren op de tong

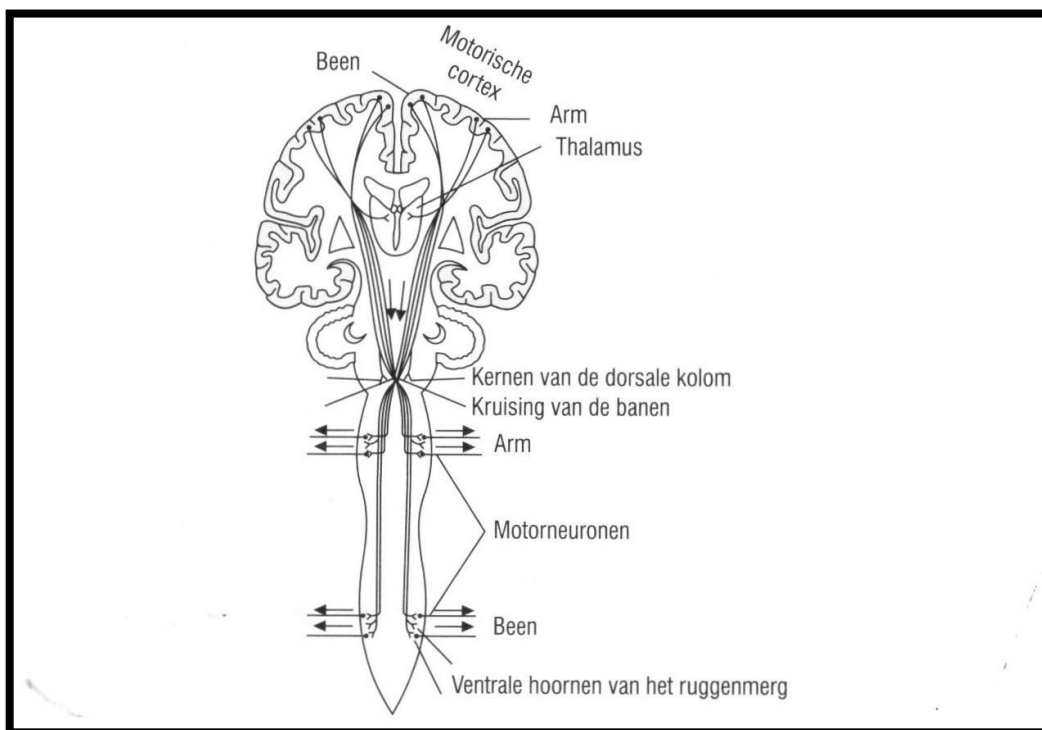
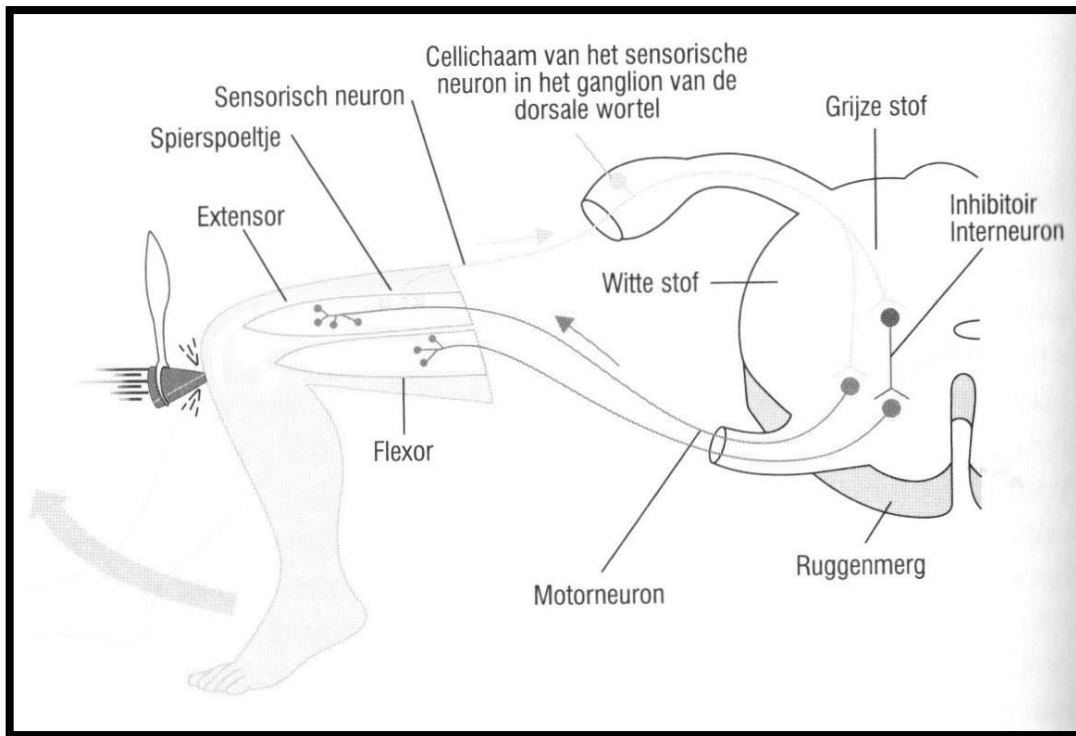
- × Smaakreceptorcellen
 - In de smaakknopjes
 - In de wanden van de papillen op het tongepitheel, maar ook andere plaatsen
 - Microvilli op apicale einde (contactoppervlak vergroten)
- × Smaakknop
 - Aantal steuncellen en receptorcellen (50 – 150)
 - Kleine opening aan oppervlak waarlangs chemische substanties smaakreceptorcellen bereiken



- × Smaakcellen geprikkeld door chemische stimuli
 - Depolarisatie: receptorpotentiaal (actiepotentiaal)
 - Vrijstelling neurotransmitter bij synaps tussen basis van smaakcel en smaakvezels (axonenbundels)
 - Smaakvezels komen samen in verschillende hersenzenuwen
 - Hersenzenuwen transporteren signalen naar nucleus solitarius in hersenstam
 - Signalen verder geleid naar thalamus en smaakcortex

BASISSMAKEN EN SIGNAALTRANSDUCTIE

- × Basissmaken
 - Corresponderen met verschillende chemische substanties
 - Gebaseerd op smaakreceptoren in membraan van smaakcellen
 - Umami
 - Geen reductie tot combinatie van basissmaken
 - Smaak van glutamaat (eiwitrijk voedsel)
- × Smaakknoppen die gevoelig zijn
 - Zoet: punt van tong
 - Zout: zijkant van tong
 - Zuur: hele zijkant van tong
 - Bitter: midden achteraan van tong
 - Hogere concentraties van smaken: om het even waar op de tong
- × Interactie van smaaksubstantie met smaakreceptoren
 - Invloed op membraanpotentiaal van smaakcel
 - Inductie van receptorpotentiaal
 - Neuronale signalen (actiepotentialen) worden opgewekt
- × Mechanisme van signaaltransductie
 - Zout
 - Gemedieerd door natrium-influx door specifieke ionenkanaaltjes in membraan van smaakcellen
 - Zuur
 - Rechtstreekse, depolariserende influx van H^+ -ionen
 - Interactie van H^+ -ionen met kaliumkanalen
 - Bitter, zoet en umami
 - Binding aan receptoren die gekoppeld zijn aan G-proteïnen en second messenger-systemen



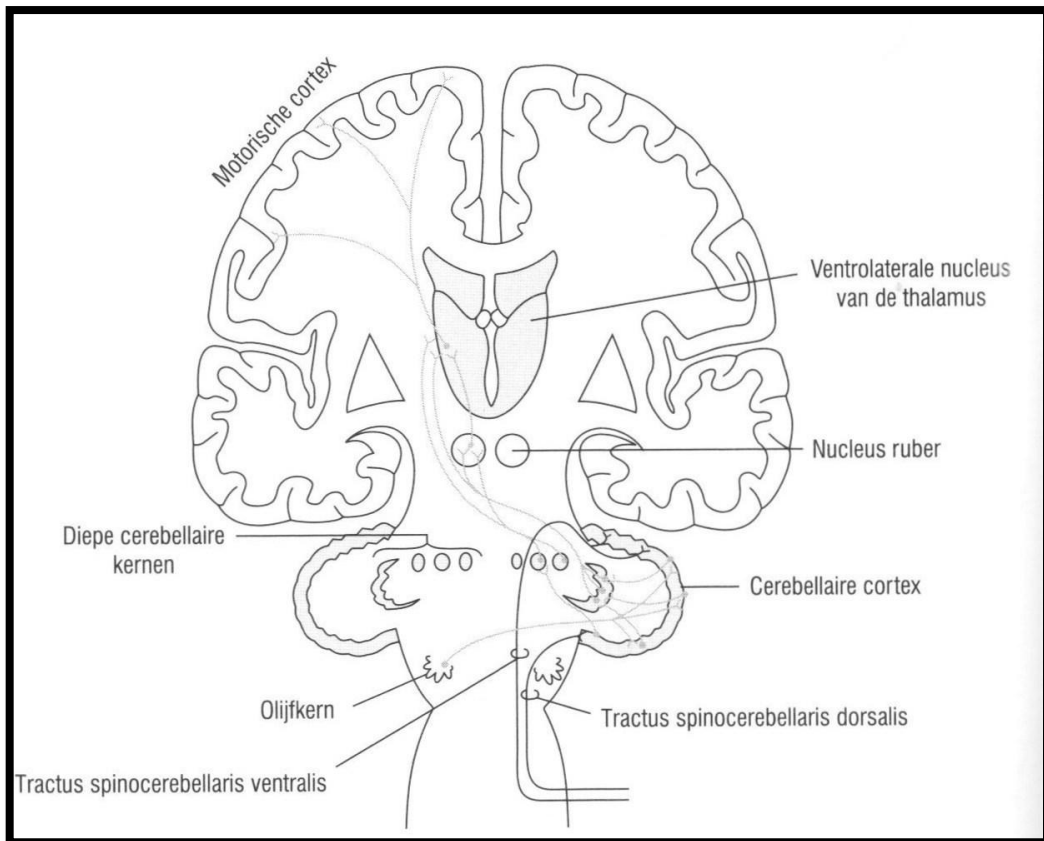
8. Motorische cellen

REFLEXBOGEN

- × Elke gedraging: gevolg van gecoördineerde spierbeweging
 - De aankomst en verwerking van prikkels in CZS lokken respons uit die bestaat uit samentrekking van skeletspieren (werking door zenuwsignalen die via ruggenmerg naar PZS worden geleid)
 - Sensorische prikkels zorgen onmiddellijk voor samentrekking van skeletspieren zonder tussenkomst van de hersenen (reflexbeweging: gevolg van spiercontracties, die door rechtstreekse koppeling aan zintuiglijke prikkel opgewekt worden)
- × Spinale reflexen
 - Wanneer de koppeling van sensorische input aan motorische output over het ruggenmerg loopt
 - Andere reflexbogen lopen eerder over hersenstam
 - Wet van Sherrington
 - Één groep spieren wordt bij reflex gestimuleerd, dankzij reciproque innervatie, en tegelijkertijd ook andere spieren (tegenwerking)
- × Kniepeesreflex (spinale reflex)
 - Gestuurd door spinale reflexen tussen sensorische en motorische neuronen
 - Onderbeen wordt gestrekt en gebogen door 2 spieren (antagonisten)
 - Extensor of strekspier: quadriceps
 - Flexor of buigspier: laat het kniegewricht buigen
 - Hamertje onder knieschijf
 - Pezen van quadriceps aangetrokken: uitrekking
 - Informatie over verandering spiertonus naar CZS gestuurd door afferente sensorische neuronen
 - Sensoriële neuronen reageren in ruggenmerg meteen met motorneuronen
 - Contractie van uitgerekte quadriceps
 - Sensorische cellen stimuleren interneuronen, die motorneuronen (buiging knie) remmen via feed-forward inhibitie
 - Via convergente neuronenschakeling integreert een motorische zenuwcel de informatie die ze ontvangt van verschillende sensorische neuronen

MOTORISCHE HERSENGEBIEDEN EN ZENUWBANEN

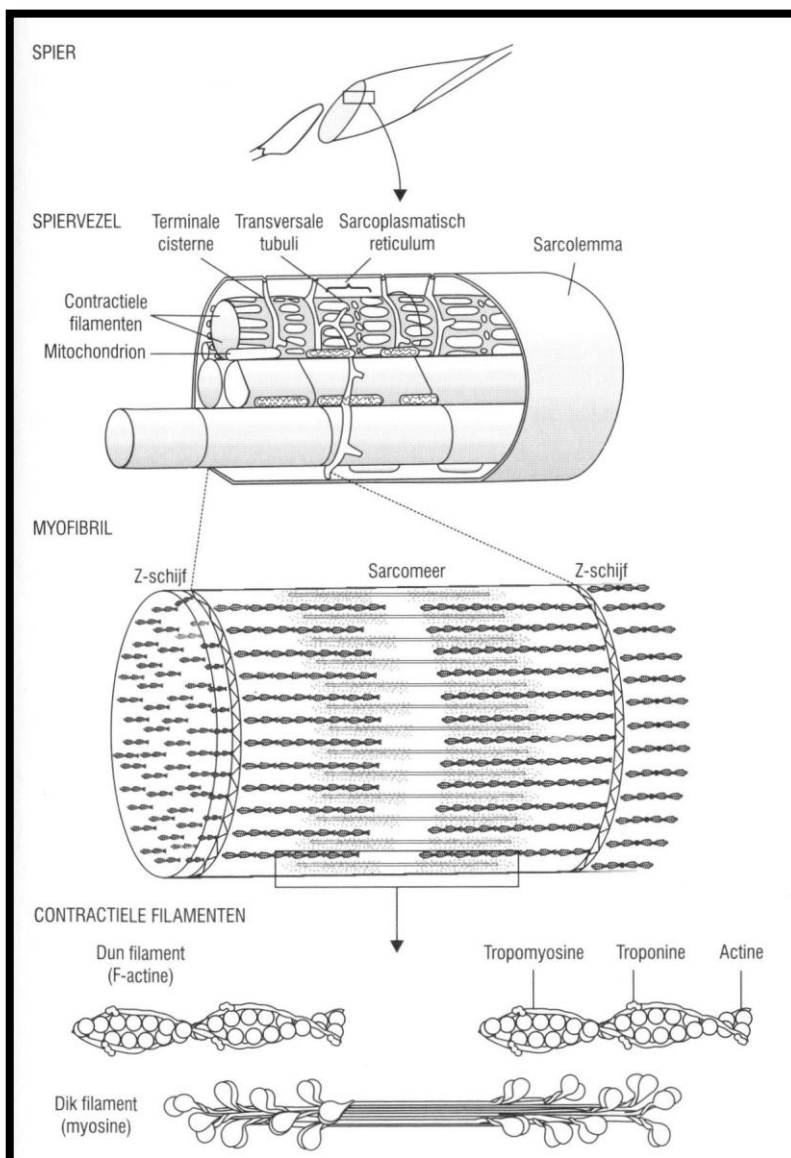
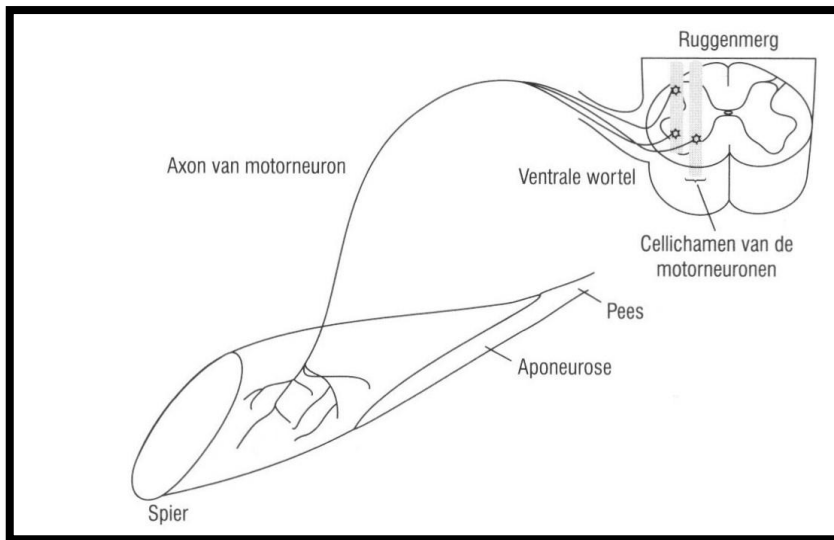
- × Bij niet reflexmatige, bewuste bewegingen zorgen de hersenen voor initiatie en integratie van spiercontracties
 - Impulsen vertrekken vanuit motorische cortex
 - Basale ganglia, subcorticaal descenderende systeem en cerebellum ook invloed op uitvoering
- × Motorische cortex
 - Somatotopisch georganiseerd
 - Specifieke plaatsen op de cortex staan in voor specifieke delen van het lichaam



- Zenuwbanen
 - Corticospinale baan (tractus corticospinalis)
 - Door hersenstam en piramiden (in verlengde merg)
 - Kruist de middellijn
 - Verdere daling via de zijstrengen van het ruggenmerg
 - Corticobulbaire baan
 - Twee piramidale systeem vertrekt vanuit motorische cortex naar kernen van hersenstam
 - Innevert het aangezicht
- Functies
 - Initiatie van lichaamsbewegingen
 - Modulatie van opstijgende sensorische banen ter hoogte van thalamus, hersenstam en dorsale hoornen van ruggenmerg
- × Basale ganglia
 - Hersenkernen van striatum (nucleus caudatus en putamen), globus pallidus, substantia nigra en nucleus subthalamicus
 - Reciproque circuit met cortex
- × Subcorticaal descenderende systeem
 - Nucleus ruber, nucleus vestibularis en formatie reticularis
 - Hand- en vingerbewegingen (corticospinaal en rubrospinaal systeem)
 - Hand-, voet- en ledematenbewegingen (reticulospinaal, vestibulospinaal en tectospinaal systeem)

FUNCTIES VAN HET CEREBELLUM

- × Functie
 - Reciproque connecties met motorische cortex
 - Initiërende signalen naar motorische cortex (stuurt beweging)
 - Verbonden met delen van CZS
- × Afferente banen (naar cerebellum)
 - Opstijgende banen vanuit ruggenmerg (tractus spinocerebellaris) en hersenstam
 - Corticopontocerebellaire banen uit tegenovergestelde cerebrale cortex
- × Efferente banen (vanuit cerebellum)
 - Contralaterale nucleus ruber
 - Formatio reticularis
 - Ventrale kernen van contralaterale thalamus (verbinding cerebrale cortex)
- × Rol in
 - Coördinatie van bewuste motorische activiteit
 - Fijne motoriek
 - Grove bewegingen
 - Controle van evenwicht
 - Spiertonus
 - Leren van bewegingen en bepaalde geheugenmechanismen

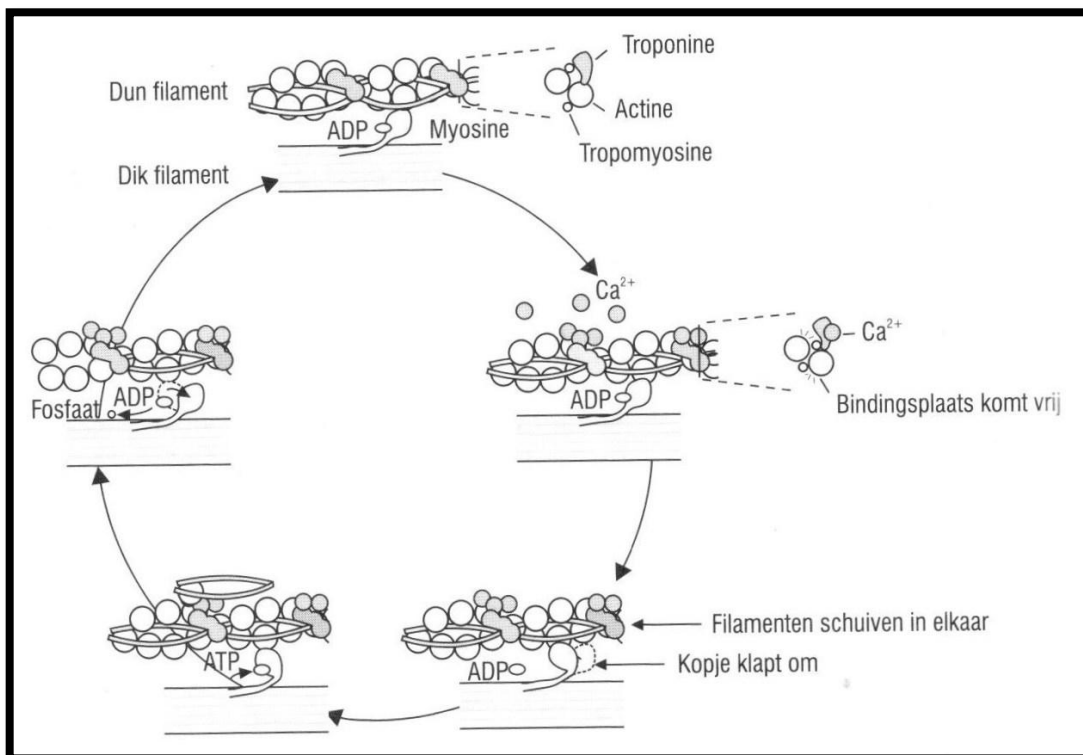
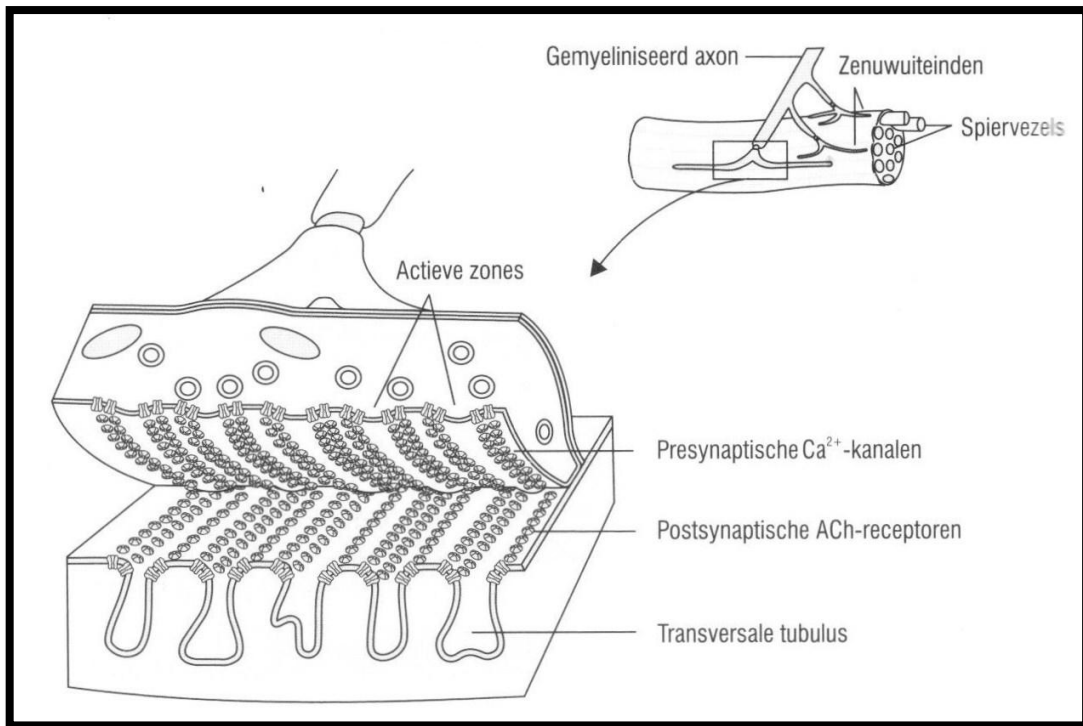


SPIEREN EN MOTORISCHE EENHEDEN

- × De axonen van motorische neuronen verlaten het ruggenmerg langs de ventrale wortels of de hersenstam langs de hersenzenuwen
- × De samentrekking van een spier wordt gecontroleerd door een honderdtal grote motorische neuronen waarvan het cellichaam gelegen is in het ruggenmerg of de hersenstam. De axonen van de motorische cellen lopen door steeds dunner wordende vertakkingen van zenuwen om ten slotte binnen te dringen in de spier die erdoor geïnnerveerd wordt.
- × Soorten spieren
 - Skeletspier: opgebouwd uit parallelle bundels (spiervezels: lange spoelvormige cellen)
 - Dwarsgestreepte spieren: bevestigd aan beenderen van het skelet via bindweefselbladen (aponeurosen) en pezen
 - Gladde spieren bevinden zich in kringsspieren en organen
- × In skeletspieren vertakt het axon van het motorische neuron om zo tot duizend verschillende spiervezels te bezenuwen. Elke spiervezel wordt slechts door één enkel motorneuron bezenuwd, waardoor het geheel van dwarsgestreepte spiervezels samen met hun bezenuwde motorneuron een motorische eenheid vormt.

SPIERVEZELS

- × Spiervezel bevat
 - Groot aantal mitochondriën
 - Specifieke spierorganellen (bv. sarcoplasmatisch reticulum (SR))
 - Myofibrillen (associatie met cytoskelet)
 - Celmembraan = sarcolemma
- × Myofibrillen
 - Donker- en lichtgekleurde onderscheiden (dwarsgestreepte spiervezel)
 - Donker: constante lengte
 - Licht: langer of korter wanneer spier ontspant of samentrekt
 - Herhalend patroon van sacromeren (cilindrische componenten)
- × Sacromeren
 - Dunne filamenten
 - Uitstrekking tussen Z-schijven
 - Helixvormig samengesteld eiwit F-actine
 - G-actine (bolvormige of globulaire actinemoleculen in parelsnoer)
 - Tropomyosine
 - Troponine
 - Dikke filamenten
 - Geschoven tussen Z-schijven (midden van sacromeer)
 - 250 myosinemoleculen met knotsvormige kopjes (verbindingen tussen myosine en actine)

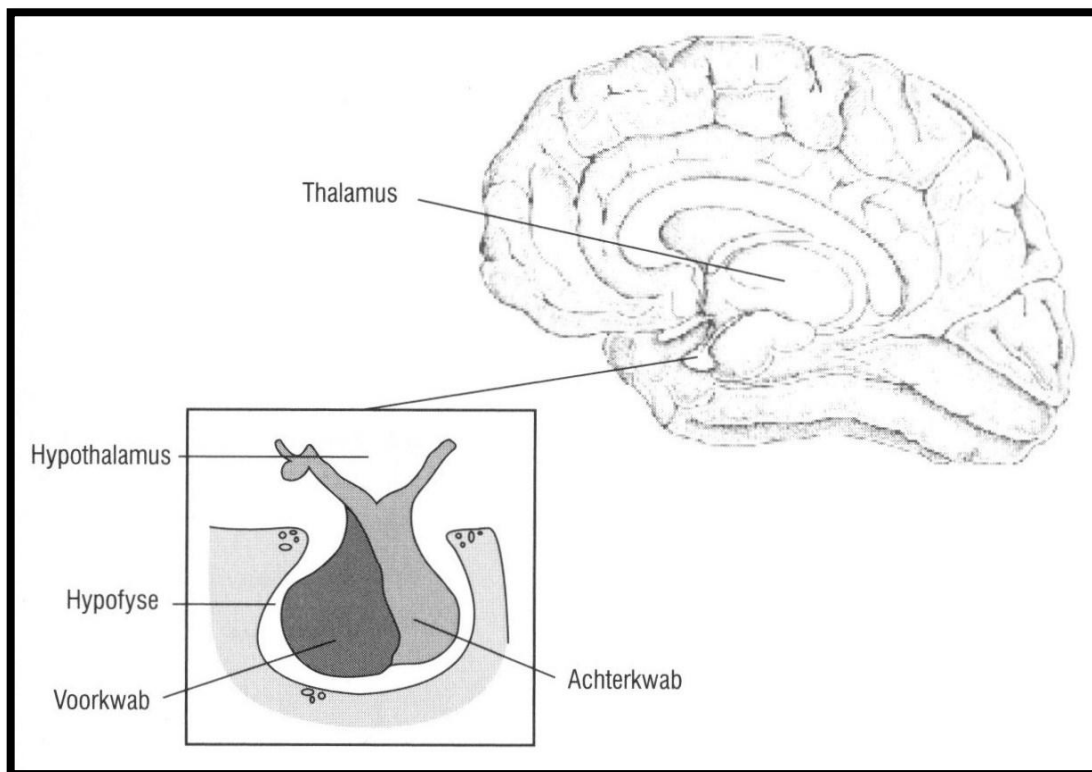
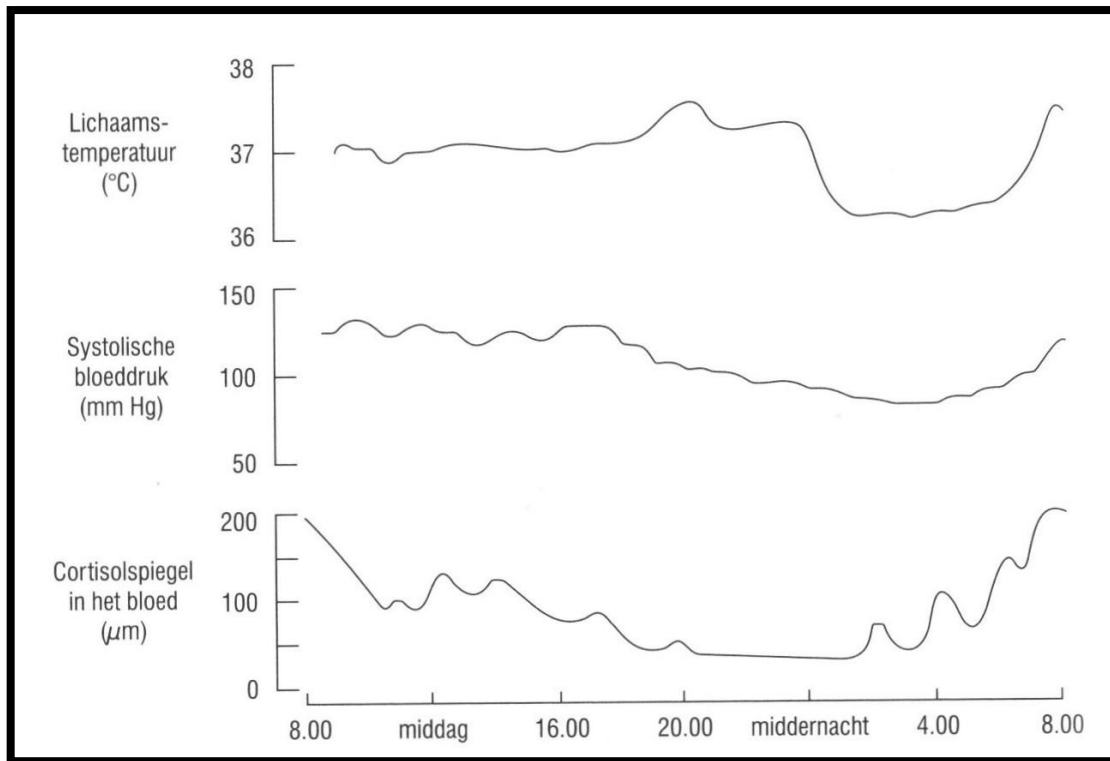


NEUROMUSCULAIRE SYNAPSEN

- × Neuromusculaire synaps of junctie
 - Chemische synaps
 - Functionele verbinding tussen motorisch neuron en spiervezel die erdoor bezenuwd wordt
 - Neuromusculaire transmissie
- × Een zenuwimpuls bereikt het presynaptische gedeelte van de neuromusculaire junctie
 - Acetylcholine wordt vrijgesteld vanuit de synaptische vesikels
 - Ligandemedieerd ionenkanaal van postsynaptische membraan (motorische eindplaat) opent
 - Na^+ en K^+ -ionen stromen naar binnen: depolarisatie
 - Membraanpotential aan binnenzijde van celmembraan neemt toe (- 20mV)
 - Actiepotential verspreidt relatief traag over spiervezel (zoals ongemyleiniseerd)
 - Depolarisatie van celmembraan (via transversale tubuli overdracht aan cystemen van SR)
 - Reactie door vrijstelling Ca^{2+} -ionen in sarcoplasma
 - Myosinefilament uit sarcomeer bindt aan actinefilament: schuiven in elkaar
 - Spier wordt korter
 - Repolarisatie van spiercel tot rustpotential
 - Ca^{2+} -ionen terug genomen in terminale systemen
 - Verbindingen tussen filamenten verbroken

MOLECULAIR MECHANISME VAN DE SPIERCONTRACTIE

- × Wanneer spier samentrekt, schuiven filamenten in elkaar door cyclische binding tussen myosinekopjes en actinefilamenten
- × In rust
 - Tropomyosine en troponine blokkeren bindingsplaatsen op actine
 - Onmogelijke interactie met myosinekopjes
- × Myosinekopje
 - ATP-ase: ATP omzetting naar ADP en fosfaat
 - Chemische energie omzetting naar mechanische energie: kopjes opgespannen
 - Cocked
 - Standby
- × Spiervezel depolariseert
 - Calcium komt vrij en bindt zich aan tropomyosine
 - Conformationele verandering in dunne filamenten
 - Vrije actinebindingsplaatsen: myosinekopjes hechten zich hieraan en klappen om
 - Dikke en dunne filamenten schuiven verder in elkaar
 - Spiervezel verkort
- × Nadat filamenten in elkaar geschoven zijn, wordt verbinding tussen actine en myosine verbroken
 - Myosinekopje opnieuw opgespannen
 - Energie komt vrij bij ATP-ase
 - Myosinekopje terug standby



9. Cellen die waken en slapen

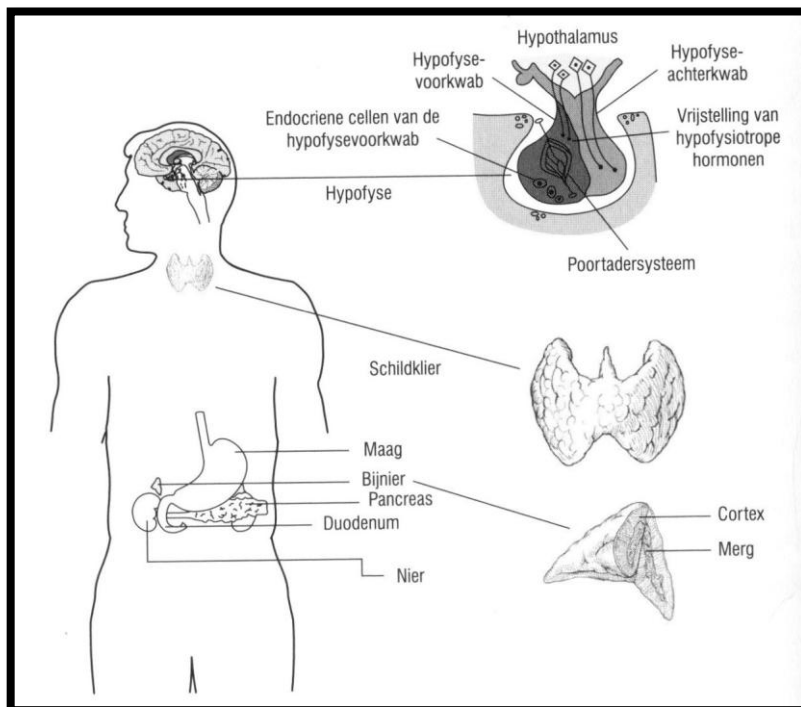
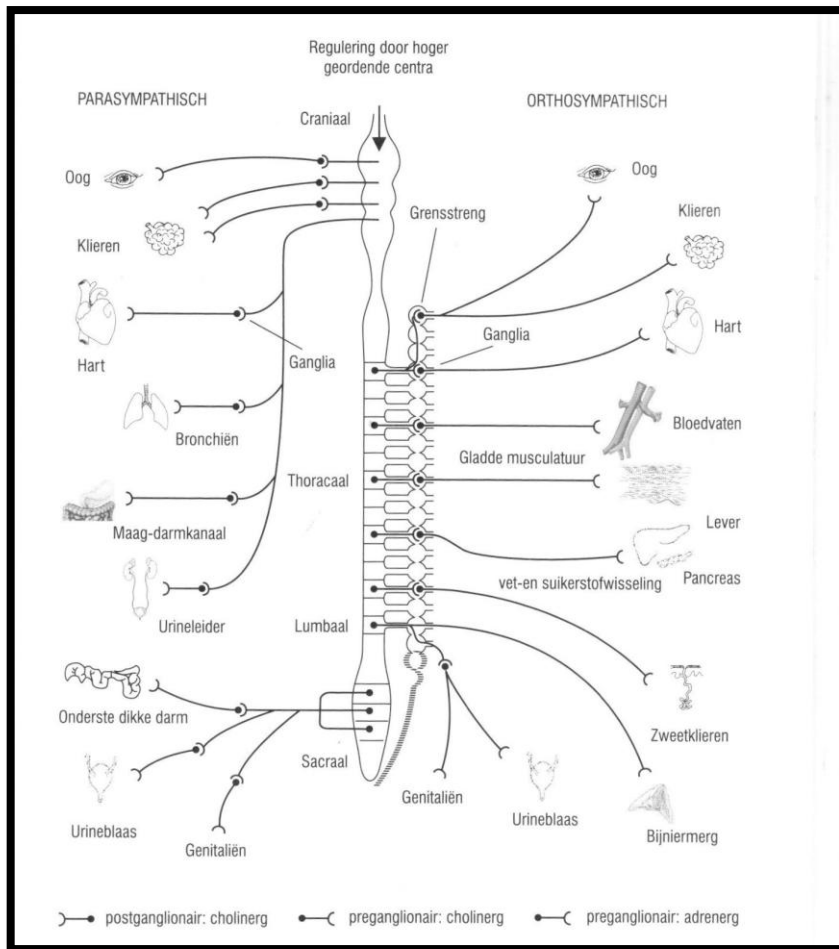
RITMISCHE SCHOMMELINGEN IN LICHAAMSFUNCTIES

- × Tal van lichaamsfuncties verlopen volgens
 - Een ritmisch circadiaan patroon
 - Hormonaal geregleerde functies die fasisch veranderen over lange periodes
- × Voorbeelden van ritmisch geregleerde functies in menselijke fysiologie
 - Lichaampst temperatuur
 - Bloeddruk
 - Bloedconcentratie van het bijnierhormoon cortisol
 - Variatie gedurende dag en levensritme wordt gedomineerd door ons slaap-waakpatroon
- × Circadiane klok is gelegen in de suprachiasmatische nucleus (SCN): groep van cellen in hypothalamus
- × Fotoreceptoren in de melanopsine-ganglia van de retina (bevatten fotopigment melanosine) sturen informatie over de lengte van de dag-nachtcyclus via de tractus retinohypothalamicus naar SCN. Deze stuurt vervolgens de informatie over de daglengte naar de pijnappelklier of epifyse (nabij het corpus callosum), die het hormoon melatonine in het bloed brengt. Melatonine (vooral 's nachts afgescheiden) regelt de circadiane fysiologische patronen in het lichaam.
- × Regelmatig slaap- en waakritme zal volledig verdwijnen wanneer de SCN beschadigd wordt

HYPOTHALAMUS EN HOMEOSTASE

Een diëncefale hersenstructuur die waakt over het behoud van fysiologische en psychologische stabiliteit (= homeostase) en de ritmische schommelingen in lichaamsfuncties.

- × Het integreert impulsen en koppelt ze aan regulatorische mechanismen van het lichaam
 - Impulsen
 - Exteroceptieve en psychisch-emotionele input vanuit verschillende hersendelen (dreiging, seksuele prikkels...)
 - Proprioceptieve prikkels (bloeddruk, lichaamstemperatuur, stofwisselingstoestand...)
 - Mechanismen
 - Snelle regulatie (autonome perifere zenuwstelsel)
 - Trage, tonische regulatie (hypofyse en endocriene systeem)
- × Hormonen
 - Regeling van orgaanwerking en andere lichaamsfuncties (endocriene systeem)
 - Chemische boodschapperstoffen (afscheiding in bloed door endocriene systeem)
 - Circuleren doorheen het lichaam



- × Autonome zenuwstelsel
 - Werkt samen met endocriene systeem
 - Toestand van lichaam aan te passen aan omstandigheden (intern/extern)
 - Verzorging van homeostase
 - Voorbeeld: bedreiging
 - Emotionele opwindings
 - Toestand van paraatheid (door activatie van het (ortho)sympatisch zenuwstelsel)
 - Langdurig aanhouden: langwerkende hormonale veranderingen zorgen dat de lichaamsfysiologie wordt aangepast (vetreserves, bloedsuikerspiegels, afweerreacties...)
 - Langdurige stresstoestand: nadelige gevolgen

AUTONOME ZENUWSTELSEL

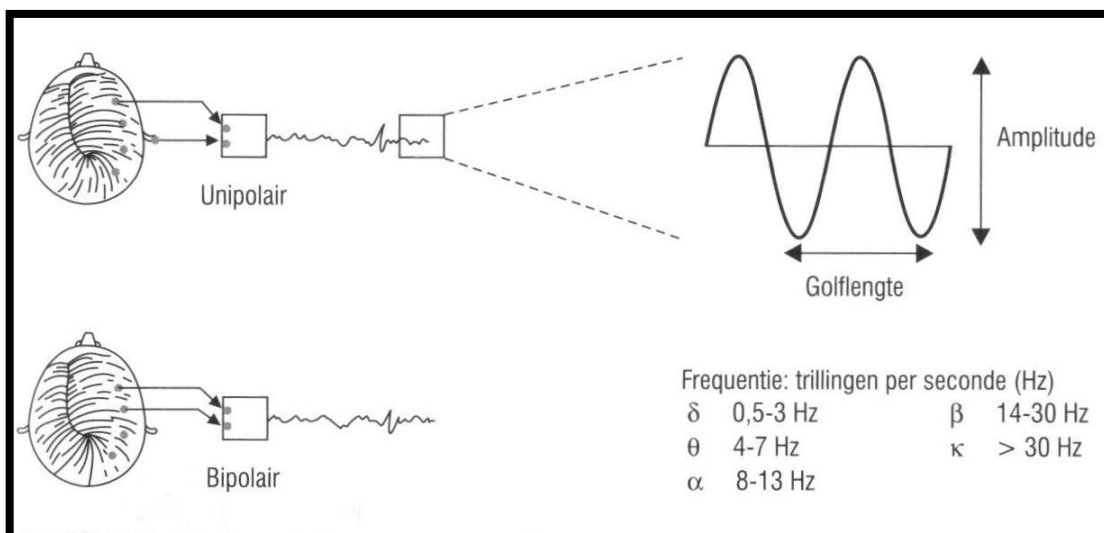
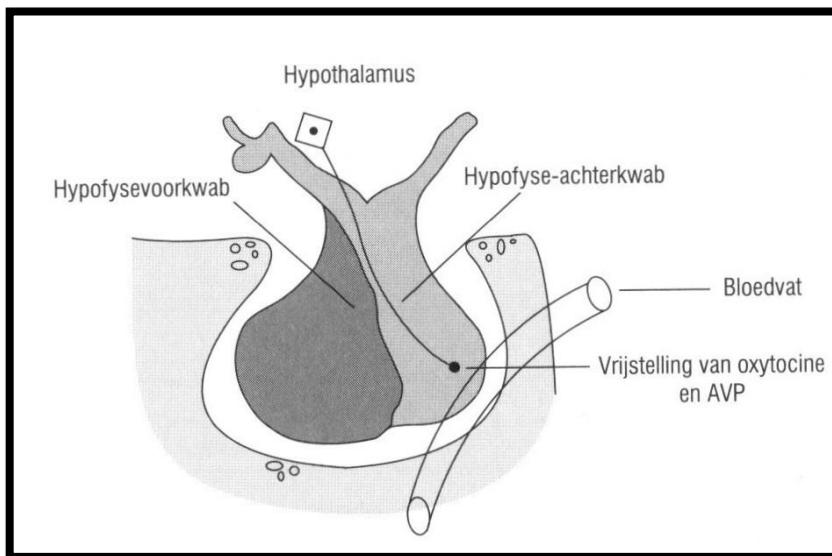
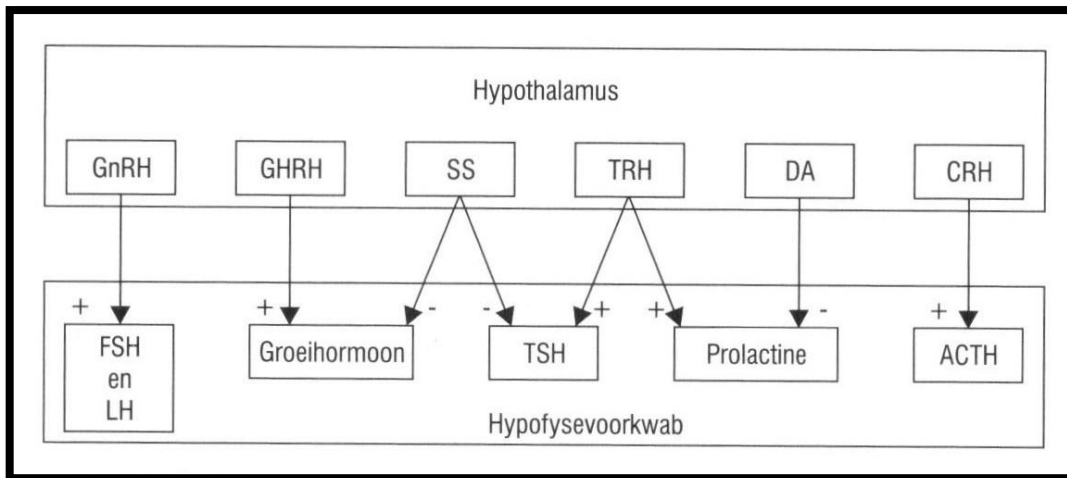
- × (Ortho)sympatisch
 - Reguleert snelle stressreacties
 - Voorbereiding op actie
 - Efferente sympatische axonen ontspringen uit sympatische zenuwkernen en thoracolumbale ruggenmerg
 - Aanmaak van synaps in ganglia van grensstrengen
 - Vanuit grensstrengen naar doelwitorganen
 - Neurotransmitter:
 - Eerste synaps: acetylcholine
 - Tweede synaps: noradrenaline
- × Parasympatisch
 - Rust en herstel van het lichaam
 - Kernen bevinden zich in het craniosacrale ruggenmerg
 - Aanmaak van synaps in parasympatische ganglia nabij doelwitorganen
 - Neurotransmitter
 - Eerste synaps: acetylcholine
 - Tweede synaps: acetylcholine

HYPOFYSE EN BIJNIEREN

- × Hypofyse

Kliertje onderaan de hersenen (deel van hypothalamus-hypofyse-as: cruciaal endocrien systeem)

 - 2 delen
 - Voorkwab (adenohypofyse)
 - Dooraderd klierweefsel
 - Ontvangt hypofysiotrope hormonen via poortaders
 - Reactie van endocriene cellen: hormoonvrijstelling verhogen of verlagen
 - Achterkwab (neurohypofyse)
 - Uitlopers van hypothalamische neuronen
 - Neurosecretie: rechtstreekse vrijstelling van hormonen in bloedbaan



- × Bijnieren

Endocriene klieren die in het onderlichaam nabij de nieren zitten

 - Bijnierschors (cortex)
 - Buitenste deel
 - Vrijstelling van corticoïde (bv. cortisol) en geslachtshormonen
 - Functie
 - Lichaamsfuncties (stofwisseling, bloedsomloop, voortplanting, afweersysteem)
 - Dag-nacht-ritme
 - Hormonale reacties op stress
 - Bijniermerg
 - Binnenste deel
 - Deel van orthosympatisch zenuwstelsel
 - Vrijstelling van adrenaline en noradrenaline
 - Functie: reductie van snelle stressreacties

HORMONEN VAN DE HYPOFYSEVOORKWAB

- × Hypofysiotrope hormonen (uit hypothalamus) worden getransporteerd naar de hypofysevoorkwab (via poortadersysteem) waar ze hypofysaire hormonen reguleren
 - Gonadoliberine (GnRH): gonadotrofe hormonen (LH, FSH en prolactine) (stimulatie)
 - Somatoliberine (GHRH): groeihormoon (GH) (stimulatie)
 - Somatostatine (SS): groeihormoon (GH) en thyroid-stimulerend hormoon (TSH) (remming)
 - Thyroliberine (TRH): thyroid-stimulerend hormoon (TSH) en prolactine (stimulatie)
 - Prolactine-inhiberende hormoon dopamine (DA): prolactine (remming)
 - Corticotropin-releasing hormone (CRH) : adrenocorticotroop hormoon (ACTH) (stimulatie)

ZIE FIGUUR 9.5!!!

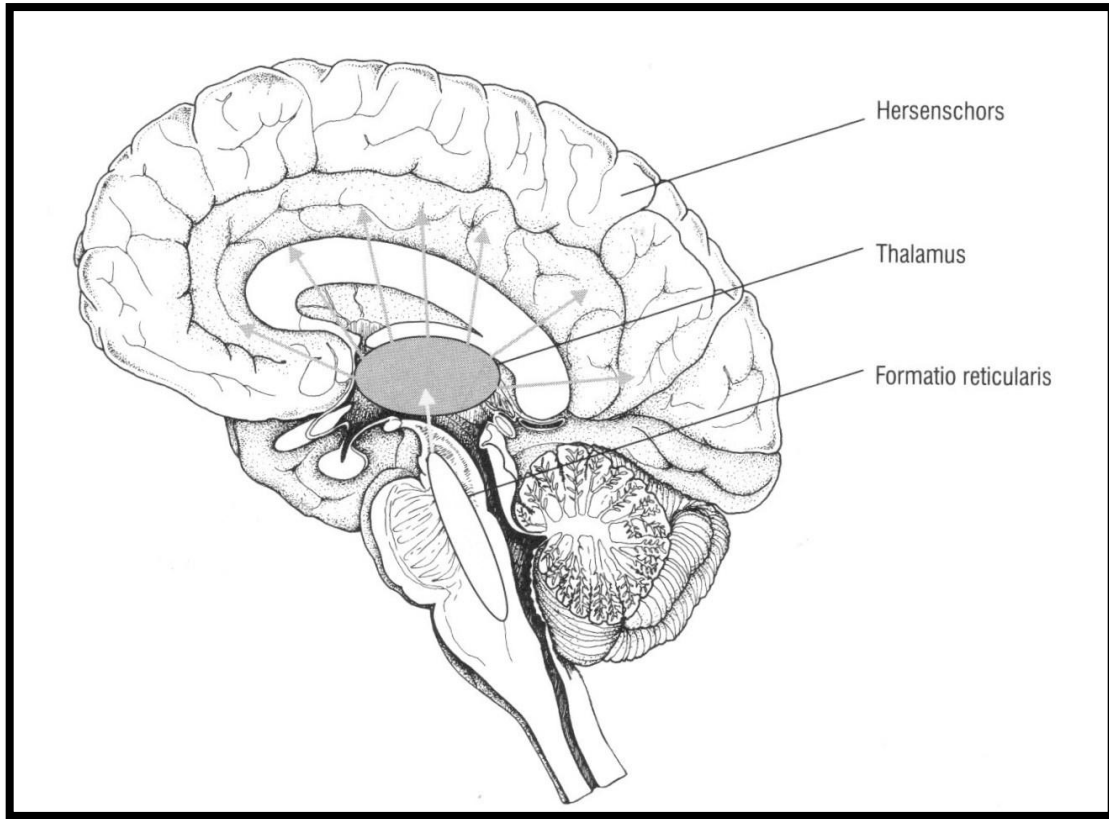
- × De schildklier produceert thyroxine en andere hormone die lichaamsfuncties regelen

HORMONEN VAN DE HYPOFYSE-ACHTERKWAB

- × Oxytocine
 - Samentrekking uterus voor geboorte
 - Stimulatie melkproductie
- × Antidiuretisch hormoon (ADH) of arginine-vasopressine (AVP)
 - Regulatie nierfunctie (water- en mineralenhuishouding)
 - Regulatie bloeddruk

ELEKTRO-ENCEFALOGRAM

- × De interacties tussen verschillende delen van hersenen, die optreden tijdens verschillende stadia van slaap-waakpatroon, kunnen in beeld gebracht worden met techniek die neuronale activiteit kan registreren vanaf hoofdhuid
 - Techniek: elektro-encefalografie
 - Grafisch: elektro-encefalogram (EEG)



- × We registreren potentiaalschommelingen ter hoogte van hoofdhuid die het gevolg zijn van veranderde postsynaptische potentialen die zich over de tijd voordoen in grote groepen van corticale neuronen. Dit is enkel mogelijk wanneer er voldoende corticale neuronen actief zijn, vermits de activiteit van een enkel neuron niet meetbaar is van de hoofdhuid.
- × Soorten metingen
 - Unipolair: potentiaalveranderingen tussen elektrode op hoofdhuid en indifferent elektrode op plaats die niet door hersenpotentialen beïnvloed wordt (oor, pols)
 - Bipolair: potentiaalveranderingen tussen 2 elektroden op de hoofdhuid
- × De opgemeten schommelingen in het potentiaalverschil tussen 2 elektroden vormt een golfpatroon en dergelijke EEG-golven worden gekarakteriseerd door hun
 - Amplitude
 - Aantal actieve neuronen
 - Mate waarin neuronen synchroon reageren
 - Duur
 - Mate waarin neuronen synchroon reageren
 - Duur van inhibitoire en excitatoire postsynaptische potentialen
 - Frequentie
 - Synchrone activiteit: lagere frequentie dan desynchronisatie
 - Traagste golven: deltagolven (0.5 – 3 Hz)
 - Snelste golven: kappagolven (> 30 Hz)
 - Andere
 - Thetagolven (4 – 7 Hz)
 - Alfagolven (8 – 13 Hz)
 - Betagolven (14 – 30 Hz)

WAAKTOESTANDEN

ALGEMEEN: SLAAP- EN WAAKFASEN DOOR INTERACTIES VAN

- × Formatio reticularis (in hersenstam)
- × Thalamus
- × Cerebrale cortex

- × Ontspannen waakzaamheid
 - Gesloten ogen
 - Minimale aandacht voor externe/interne stimuli
 - Minimale motorische activiteit
 - Lage spiertonus
 - Ontspannen houding
 - Alfagolven (hoge amplitude): synchrone hersenactiviteit

Tabel 9.1. Kenmerken van de slaapstadia.

Stadium (EEG)	Lichaamsfuncties	Mogelijkheid om gewekt te worden		Psychologische activiteit
SWS Stadium 1 (alfagolf)		gemakkelijk	afname van spontane activiteit met enige tonische activiteit in grote spiergroepen (bv. bruuske samentrekkingen)	geen specifieke activiteit
Stadium 2 (alfaspoeltjes)	voortzetting van stadium 1	gemakkelijk	voortzetting van stadium 1	geen specifieke activiteit
Stadium 3 (trage golven)	voortzetting van stadium 1	moeilijk	voortzetting van stadium 1	geen specifieke activiteit
Stadium 4 (deltagolven)	voortzetting van stadium 1	moeilijk	fasische activiteit in grote spieren	nachtelijke angsten, slaapwandelen, meestal totale relaxatie
REM (betagolven)	stijging van hartritme, ademhaling en bloeddruk	heel moeilijk	regelmatig snelle spieractiviteit (voornamelijk oculair en extra-oculair) met gelijktijdige algemene totale relaxatie (slaapverlamming)	dromen, nachtmerries

- × Arousal (wektoestand)
 - Open ogen
 - Aandacht voor externe stimuli
 - Orthosympatische activatie (hartslag, bloeddruk, ademhalingsfrequentie: stijgt) voor adequate reactie op mogelijke stimuli
 - Hogere spiertonus
 - Door activiteit van het ascending reticular activating system (ARAS) in hersenstam
 - Formatio reticularis
 - Ontvangst prikkels (pijn of sensorische informatie)
 - Zet ARAS in werking
 - Stuurt impulsen naar thalamus (brede exciterende innervatie naar hersenschors)
 - Betagolven (lage amplitude): gegeneraliseerde desynchronisatie van activiteit in cortex
- × Selectieve aandacht

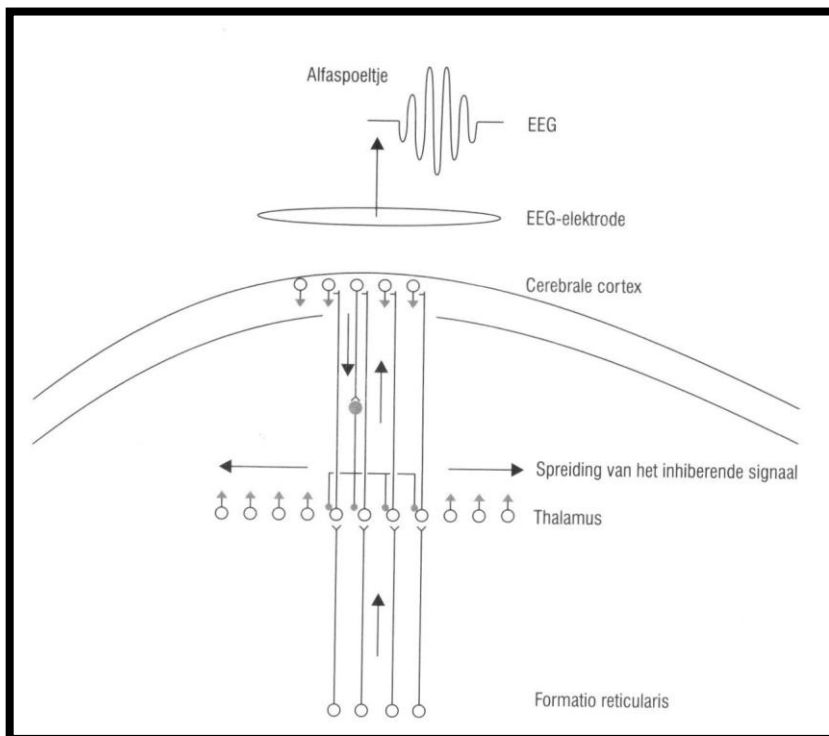
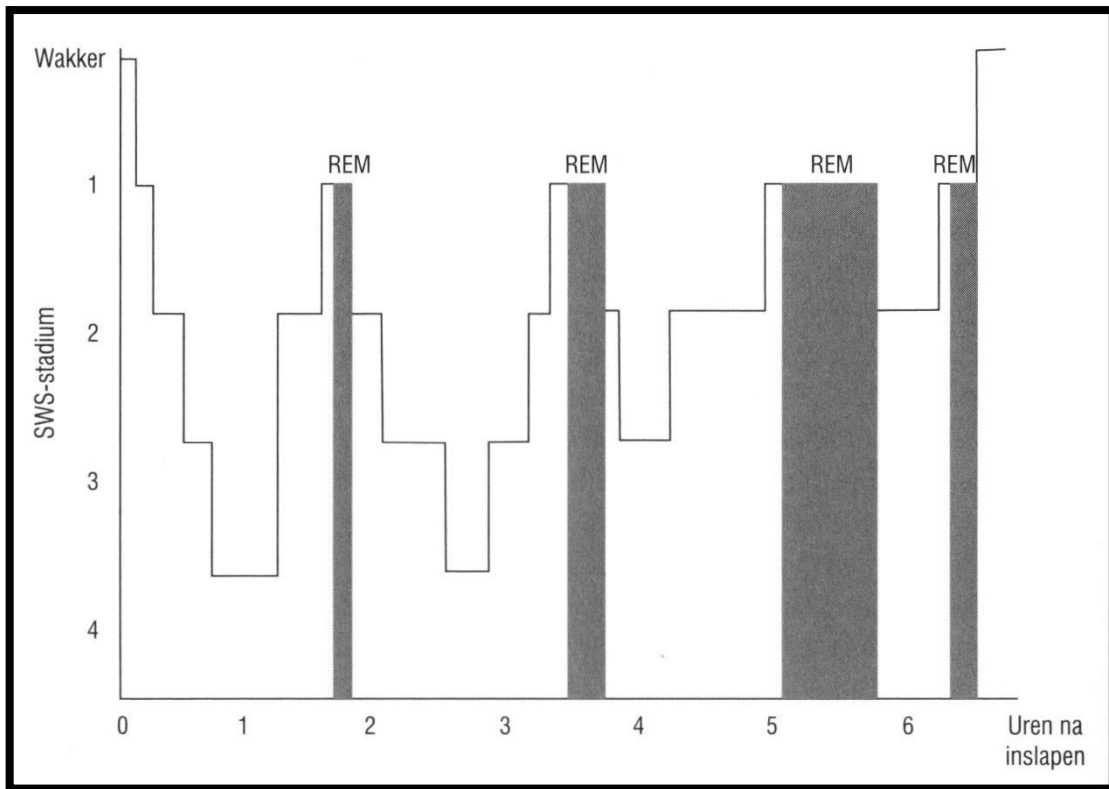
Vanuit associatieve cortex: alle aandacht op specifieke stimulus, dus blokkade van andere stimuli
- × Concentratie
 - Volledige blokkade van externe stimuli (door corticothalamische banen)
 - Weinig motorische activiteit (automatische en stereotype handelingen: bv. bijten op pen)
 - EEG: desynchronisatie (beta- en kappagolven)

SLAAPSTADIA

- × Slow-wave-sleep (vertraging van hersengolven)

ZIE TABEL 9.1!!!
- × REM-slaap (rapid eye movement)
 - Kenmerken
 - Betagolven
 - Stijging hartritme, ademhaling en bloeddruk
 - Moeilijk te wekken
 - Snelle spieractiviteit
 - Gelijktijdige algemene relaxatie: motorische blokkering (slaapverlamming)
 - Psychologische activiteit: dromen, nachtmerries, snelle fasische activiteit van oogspieren
 - Paradoxe slap

Ongewone aanwezigheid van betagolven (ook tijdens arousal) tijdens toestand van motorische blokkering
 - Facilitatie van thalamische synchroniciteit (door formatio reticularis): synchronisatie van corticale activiteit
 - Essentieel onderdeel van slaap: consolidatie van informatie in langetermijngeheugen

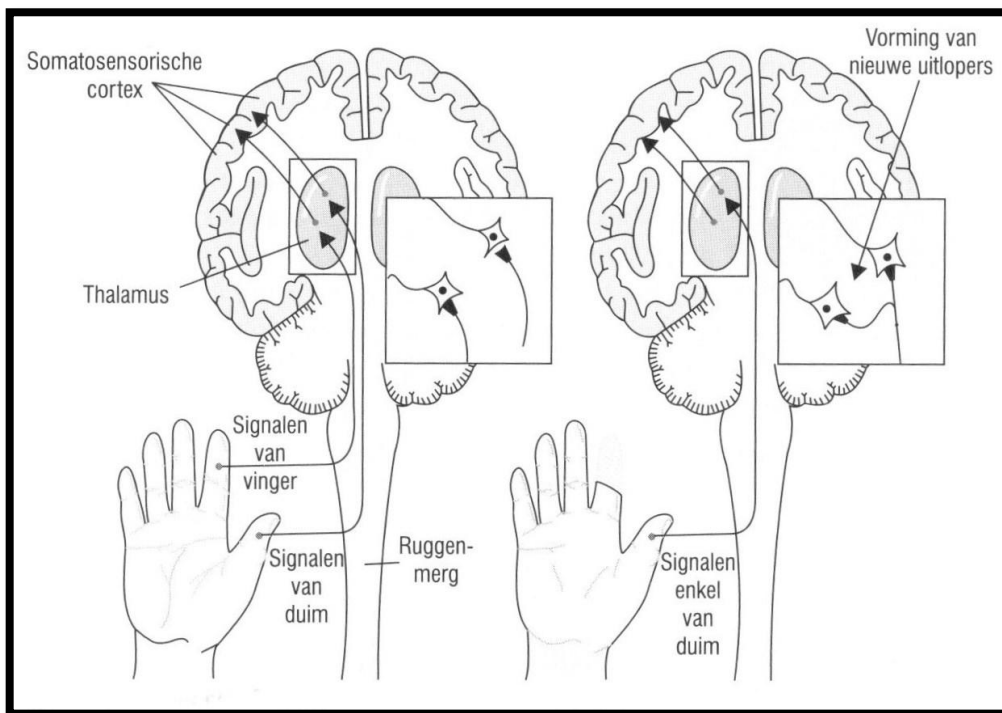
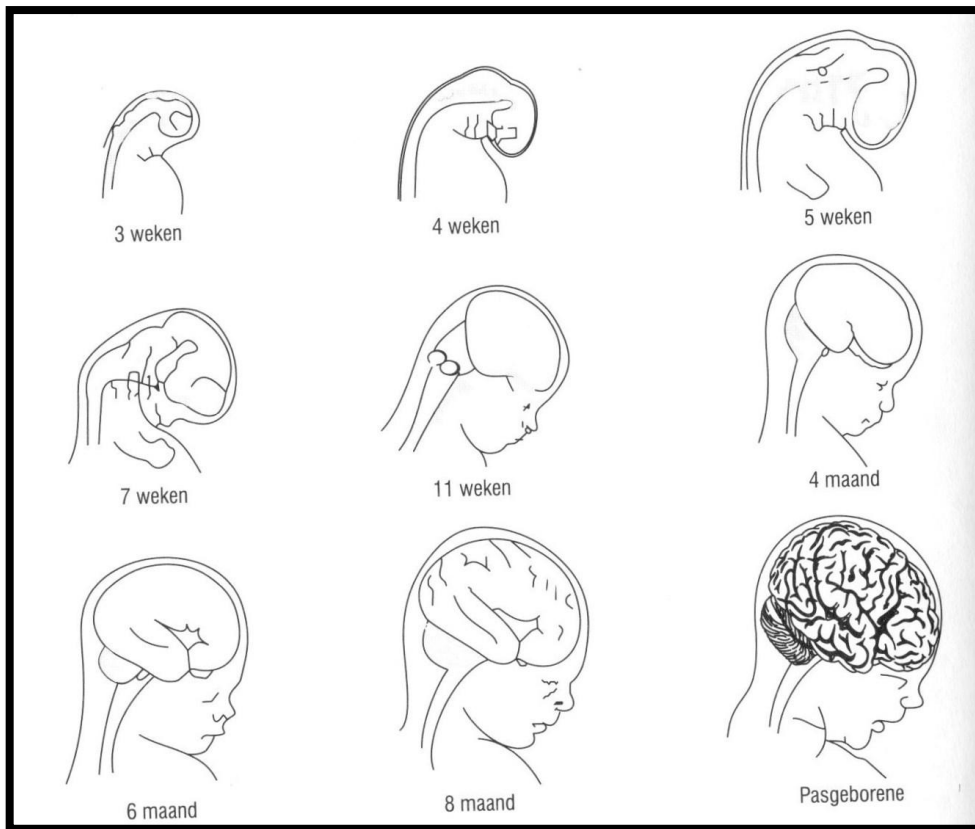


SLAAPPATROON

- × Elke nacht keren de verschillende types en fases van slaap terug in vrij consistent patroon
- × Verloop (herhaling 3 – 4 x)
 - SWS-fase (1,2,3,4) en relatief lange periode van diepe slaap (4)
 - SWS-fase (2 of 3)
 - REM-slaap
 - SWS-fase 4
- × SWS-fase (3,4) worden korter, REM-fase wordt langer
- × Meestal wakker vlak na REM-slaap of tijdens SWS-fase 1

ALFASPOELTJES

- × Kenmerken
 - Waargenomen tijdens SWS-fase 2 op EEG
 - Weerspiegeling van thalamische activiteit
 - Spoelvormig alfa golfpatroon: lage amplitude - maximale amplitude - laagste amplitude
- × Ontstaan
 - Gevolg van effecten van thalamische activiteit op cortex
 - Exciterende activiteit naar cortex (door thalamus): terugkoppeling van divergente inhiberende innervatie naar thalamus
 - Inhibitie van groepen van thalamische cellen, daarna synchrone activatie
 - Veroorzaakt alfa golven in EEG (amplitude neemt toe)
 - Amplitude blijft toenemen door steeds meer inhibitie van thalamische neuronen
 - Inhibitie van te grote groep van thalamische cellen: synchroniciteit (en amplitude) neemt af
 - Door ruimtelijke spreiding van het inhiberende signaal
 - Door willekeurige variaties in de exciteerbaarheid van corticale en thalamische cellen



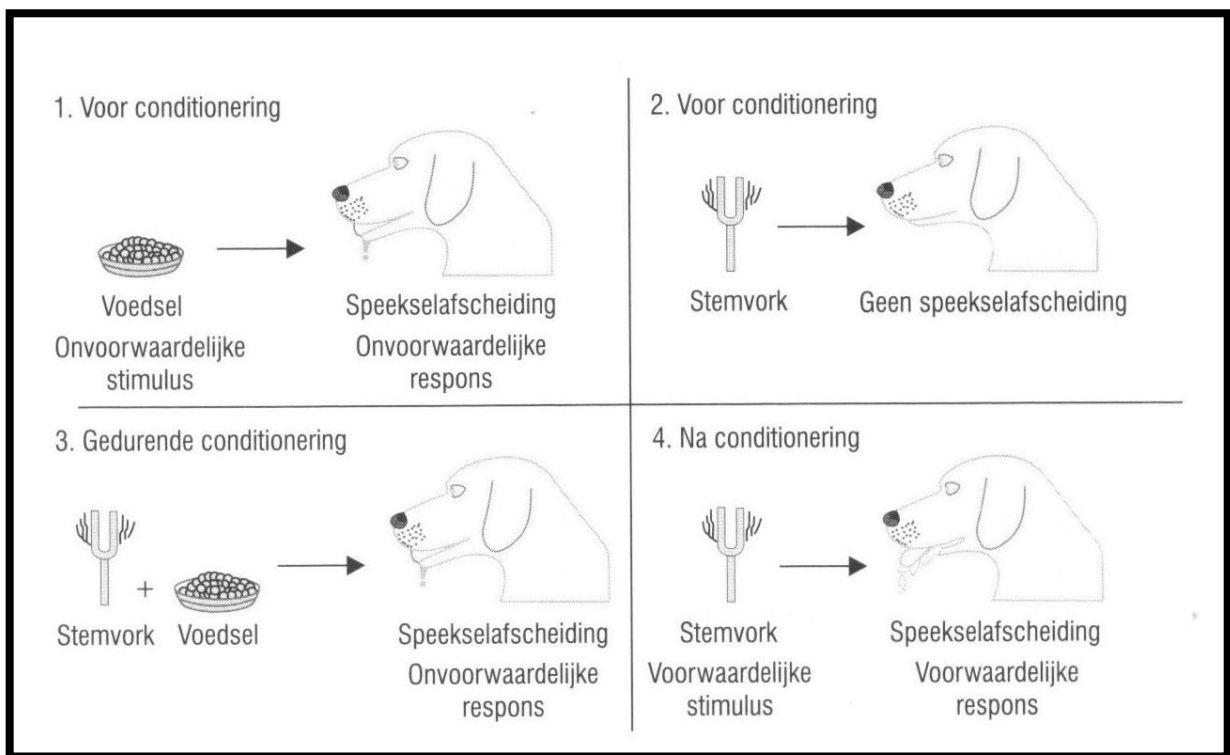
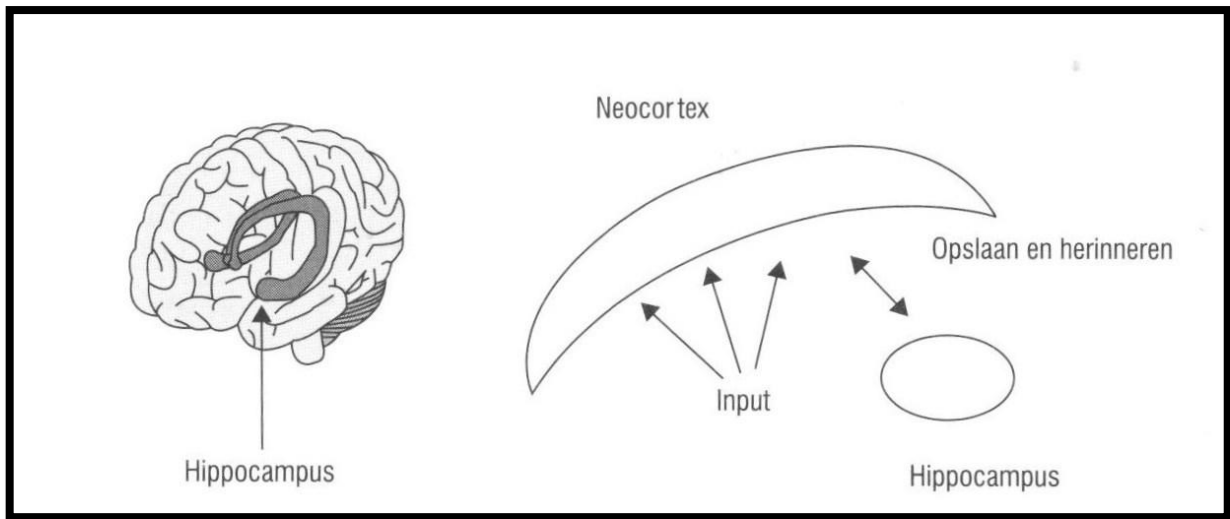
10. Plastische cellen

ONTWIKKELING VAN HET ZENUWSTELSEL

- × Ontwikkeling: uit het ectoderm (de buitenste cellaag van het vroege embryo)
 - neurale plaat (gevormd rond de 16^e dag)
 - neurale groeve
 - Randen vormen het PZS, de uitlopers hiervan gaan naar doelorganen en CZS
 - neurale buis
 - Rostrale deel
 - blaasjes die hersenen vormen
 - Prosencephalon
 - Mesencephalon
 - Rhombencephalon
 - Encefalisatie: opsplitsing en uitgroeien tot onderdelen van hersenen
 - blaasjes die ruggenmerg vormen
- × De ontwikkeling van het zenuwstelsel is dus een plastisch proces
 - Ongedifferentieerde stamcellen migreren
 - Ze groeien uit tot zenuwcellen die uitlopers vormen en contacten maken met andere cellen
 - Invloed van trofische eiwitten (nerve growth factor), geproduceerd door doelwitcellen
 - Axonen vinden juiste doelwit: identificatie van cellen door cell adhesie moleculen (specifieke glycoproteïnen die uit het celmembraan van de doelwitcellen steken)
- × De differentiatie en uitgroei van zenuwcellen en hun uitlopers gebeuren op basis van
 - Genetische informatie
 - Omgevingsinvloeden

PLASTICITEIT IN HET VOLWASSEN ZENUWSTELSEL

- × Neuroplasticiteit maakt veranderingen mogelijk in:
 - Informatieverwerking
 - Opslag van informatie
 - Ontwikkeling van nieuwe functies
- × Amputatie
 - Reorganisatie van hersenen
 - Beide thalamische neuronen (wijsvinger en duim) krijgen het vermogen om te reageren op signalen uit de duim
- × Zenuwcellen in thalamus en andere delen van CZS: nieuwe uitlopers en contacten vormen
 - Tijdens het leren van nieuwe informatie of vaardigheden
 - Bij het herstel na hersenbloedingen of andere vormen van hersenbeschadigingen



LEREN EN GEHEUGEN

- × Leren
Proces waarbij gedrag verandert als gevolg van ervaring
- × Geheugen
Proces dat opslag en reproductie van geleerde informatie toelaat (voorwaarde om te leren)
- × Geheugenstoornis
Het onvermogen om te leren
- × Associatief leren
Een organisme leert verschillende elementen en gebeurtenissen met elkaar in verband brengen
 - Klassieke conditionering: 2 prikkels
 - Operante conditionering: stimulus en respons

HIPPOCAMPUS EN WERKGEHEUGEN

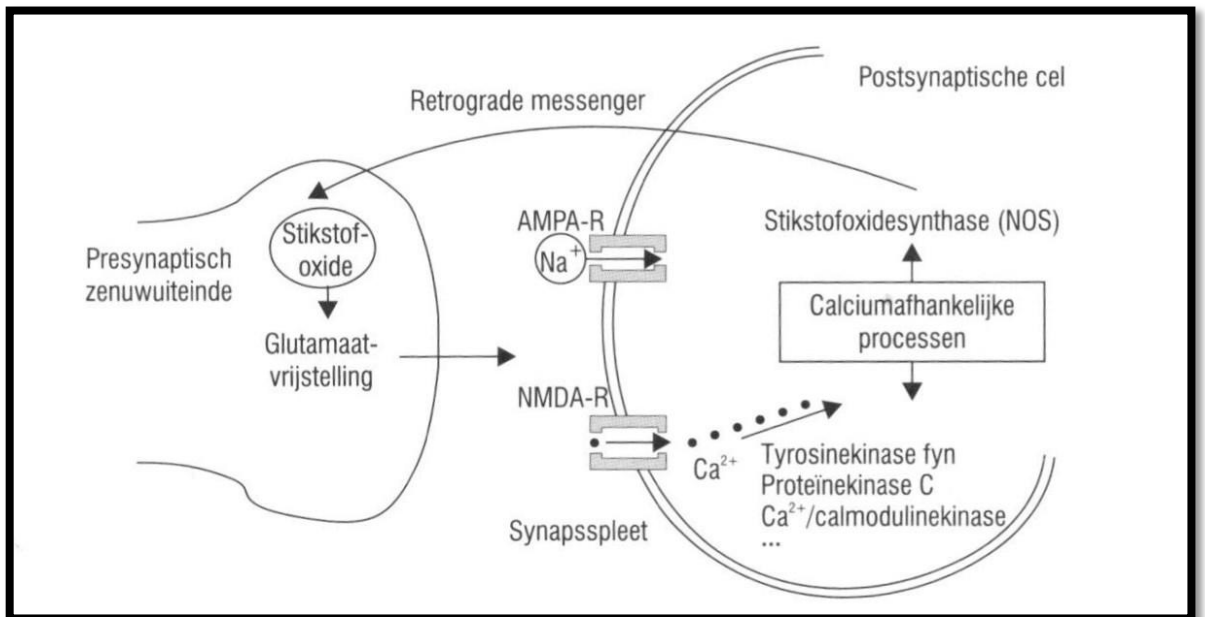
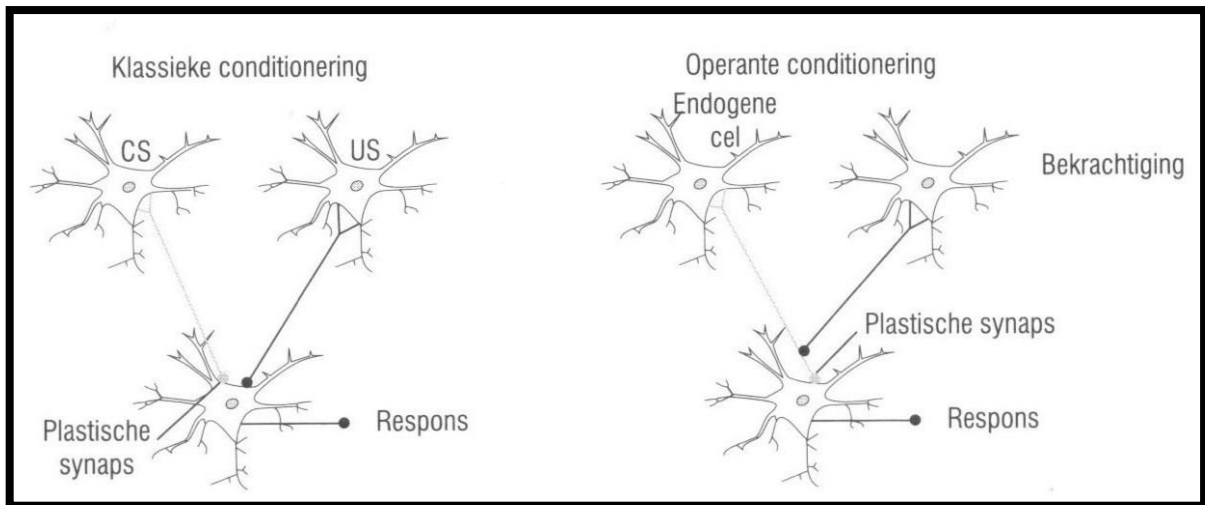
- × Hippocampus
Hersenstructuur die rol speelt bij geheugenfuncties (feiten en gebeurtenissen)
 - Belangrijk voor werkgeheugenfuncties (flexibele toegang tot informatie)
 - Belangrijk voor online memory performance (informatieopslag en –oproep tijdens taakuitvoering)
- × Werkgeheugen
 - Een systeem voor het tijdelijk vasthouden en bewerken van informatie
 - Deel van cognitieve functies (leren, redeneren en begrijpen)
- × Geheugenmodel van Atkinson en Shiffrin
 - Sensorisch register
 - Kortetermijngeheugen (werkgeheugen)
 - Verschillende bewerkingen
 - Langetermijngeheugen (= consolidatie van de opgeslagen informatie in de grote hersenschors)

CONDITIONERING

- × Klassieke conditionering
Een bekrachtigende, onvoorwaardelijke prikkel gaat gepaard met een voorafgaande, voorwaardelijke prikkel.

Speekselafscheiding bij hond (Pavlov)
 - Normaal door voedsel in mond (OP)
 - Nadien door witte jas (VP)
- × Operante conditionering
Een bekrachtigende prikkel wordt gekoppeld aan een gedraging. Men leert dus wat de gevolgen zijn van gedrag en leert dit gedrag te veranderen overeenkomstig de gevolgen.

Katten in puzzle box (Thorndike)
 - Hendels openen voor voedsel, nadien veel sneller



SYNAPTISCHE PLASTICITEIT EN GEHEUGEN

- × Veranderingen in sterkte van verbindingen tussen neuronen zijn mechanisme (herinneringen coderen en stockeren in CZS)
- × Hebbiaanse synaptische plasticiteit (als mnemonisch mechanisme)
 - Klassieke conditionering
Simultane activiteit van cellen (CS-impuls en respons) leidt tot versterking van synaptische verbinding tussen CS- en responscellen
 - Operante conditionering
Versterking van synapsen tussen endogenen cellen (gedrag) en responscellen (respons)
- × Ook door versterking van synaptische verbindingen tussen bouwstenen van het netwerk

LANGETERMIJNPOTENTIËRING

- × Hebbiaanse synaptische plasticiteit werd aangetoond in
 - Hippocampus
 - Neocortex (grote hersenschors)
 - Cerebellum
- × Langetermijnpotentiëring (LTP)
Na hoogfrequente stimulatie bij synapsen tussen afferente Schaffercollateralen en piramidale cellen in hippocampale CA1-gebied
 - Stelt glutamaat vrij uit presynaptische zenuwuiteinden van CA1-gebied
 - Glutamaat bindt aan glutamatreceptoren (AMPA en NMDA)

Na intensieve stimulatie

 - Mg^{2+} -blokkade van NMDA-receptoren verdwijnt (persistente depolarisatie)
 - Ca^{2+} -ionen stromen binnen doorheen Ca^{2+} -kanaal (associatie met NMDA-receptor)
 - Activatie van Ca^{2+} -afhankelijke enzymen (gevoeligheid van non-NMDA-receptoren verhogen)
 - Proteïnekinase C
 - Tyrosinekinase fyn
 - Ca^{2+} /calmoduline-kinase
 - Activatie van retrograde messengers (NO)
 - Terugkeer over synapsspleet
 - Potentiëring van presynaptische vrijstelling van glutamaat
- × Werkelijk geconsolideerde potentiëring vereist
 - Productie van messenger, die zich naar celkern beweegt en daar synthese van nieuwe eiwitten en aanvang van structurele wijzigingen in gang zet
 - Tussenkoms van cAMP-response element binding proteins (CREB-eiwitten)

Bijkomende literatuur: dyslexie

INLEIDING

- × Nieuwe synthese tussen evidence-based teaching en cognitieve neurowetenschappen
- × Dyslexie: persistente stoornis in het leren lezen
- × Review van Gabrieli
 - Cognitieve en neurowetenschappelijke basis van dyslexie
 - Behandeling van dyslexie
 - Neuroplasticiteit (basis van succesvolle behandeling)
 - Interactie neurowetenschappen en psychologische en pedagogische wetenschappen

WAT IS DYSLEXIE EN WAT VEROORZAAKT DYSLEXIE?

Definitie van dyslexie

- × Leesstoornissen
 - Moeilijkheid om alfabetische en logografische principes te begrijpen en te gebruiken bij accuraat en vloeiend lezen
 - Gereduceerde woordenschat en strategieën voor tekstbegrip
 - Gereduceerde motivatie om te lezen
- × Dyslexie demotiveert kinderen om leesvaardigheid te oefenen
- × Persistentie: zet zich voort doorheen schoolse loopbaan
- × Oorzaken: psychologisch, neuraal en genetisch
 - Normatief psychologische en rekenkundige leesmodellen (inzicht in mechanismen van normale leesverwerving)
 - Opvoeding en onderzoeksresultaten zijn afhankelijk van welke gedragsgrenzen of kritiek er gebruikt worden
- × Discrepancie tussen IQ en leesvaardigheid
- × Omgevingsfactoren spelen grote rol

Psychologische basis van dyslexie

- × Fonologische stoornis
 - Defect in auditieve verwerking van taalgeluiden
 - Geen accurate herkenning van woorden
- × Problemen met vloeiend lezen
- × Bredere perceptuele problemen
 - Breed defect in temporele auditieve werking compromiteert de accurate discriminatie van taalgeluiden, die gebaseerd is op zeer kortdurende elementen van de auditieve input
 - Gereduceerd volume van magnocellulaire cellagen in de nucleus geniculatus lateralis van de thalamus kan aan de basis liggen van de perceptuele deficits
- × Gesproken woorden
 - Discrete geluiden (fonemen)
 - Letters of lettergrepen (grafemen)

Hersenisbasis van dyslexie

- × Functionele MRI (hersenenregio's geactiveerd tijdens lezen)
 - Linker temporo-pariëtale cortex
 - Hypoactivatie bij dyslexie
 - Cross-modale interactie tussen auditieve en visuele problemen
 - Linker prefrontale cortex (werkgeheugen)
 - Gyri van linker temporale cortex (receptieve taal)
 - Linker occipito-temporale cortex (visuele analyse van letters en woorden)
- × Diffusion tensor imaging
 - Zwakke organisatie van witte stof in posterieure regio's van de linkse hersenhemisferen
 - Prominente commissurale verbindingen in het corpus callosum
 - Zwakke verbindingen tussen de primaire gebieden voor lezen en te sterke verbinding tussen de hemisferen

KAN DYSLEXIE BEHANDELD WORDEN?

Herstel van dyslexie

- × Instructie is effectief
 - Intensiteit
 - Kleine groepen
 - Expliciet en systematisch
- × Vaker stabilisatie dan remediëring
- × Accuraatheid reageert beter dan *fluency*

Hoe herstel van dyslexie de hersenen wijzigt

- × Hersenplasticiteit
- × Remediëring gaat gepaard met verhoogde activatie van linker temporo-pariëtale en frontale cortex
- × Activatie van rechter hemisfeer
- × Predictie van effectiviteit van instructie werd nog weinig onderzocht

KAN DYSLEXIE VOORSPELD EN VOORKOMEN WORDEN?

Hersenenmetingen voorspellen het gevaar voor taal- en leesproblemen

- × Er zijn goede aanwijzingen dat dyslexie voorspeld en voorkomen kan worden met behulp van neurowetenschappelijke methoden
- × Pasgeborenen met een familiale voorgeschiedenis van dyslexie tonen verschillen in event-related potentials (ERP) op taalgeluiden
- × Vroege interventie is effectief
- × Neurowetenschappelijke technieken kunnen dyslexie vroeger voorspellen dan gedragsmaten
- × *'The combination of behavioral and brain measures, perhaps together with genetic and familial information, may enhance the certainty with which dyslexia can be predicted for a child and promote the possibility of preventive intervention that allows many more children to succeed at learning to read'*