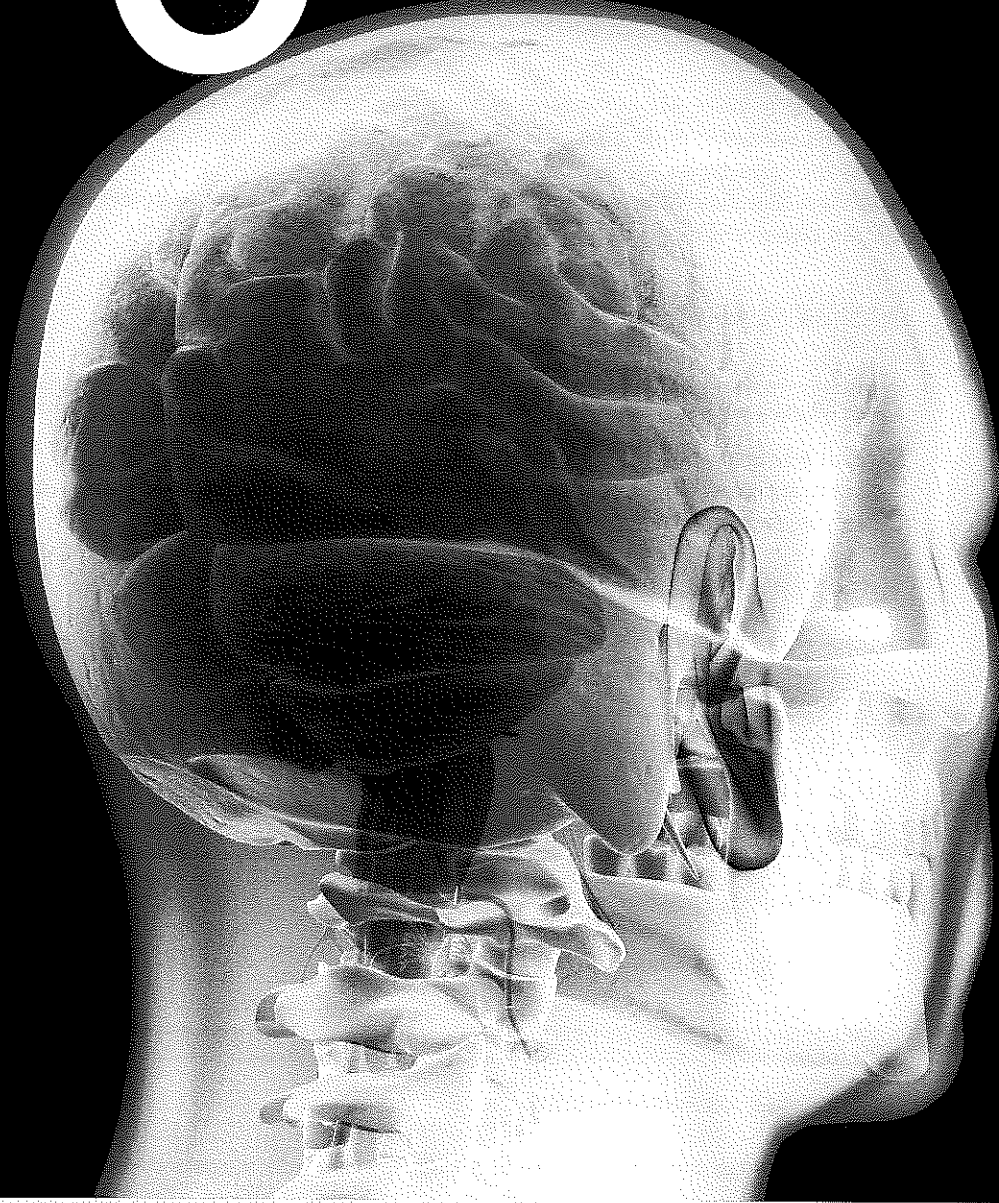


Thema

6

Bouw en functie van
het zenuwstelsel

Waarover gaat dit thema?

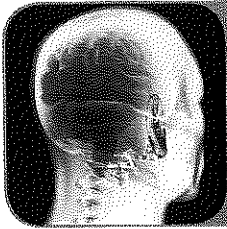
In dit thema leer je hoe het zenuwstelsel zijn functie als conductor of informatiegeleider tussen receptor en effector uitoefent. Om dit goed te begrijpen, staan we eerst stil bij de **bouw en functie van cellen van het zenuwstelsel**, in het bijzonder van **neuronen**. We leggen ook het verband tussen een neuron en een zenuw.

Vervolgens gaan we dieper in op het **mechanisme van de informatieoverdracht** via neuronen.

Aan de hand van vele figuren situeren we de **delen van het centraal en het perifeer zenuwstelsel**, een **indeling gebaseerd op de bouw en de ligging** van de organen van het zenuwstelsel. Zo komen de belangrijkste hersendelen aan bod en duiden we op een dwarse doorsnede van het ruggenmerg de delen met in- en uittrekkende zenuwen aan.

Aansluitend bespreken we de **informatieverwerking in de hersenen** en overlopen we aan de hand van enkele concrete voorbeelden het **traject dat een zenuwimpuls** aflegt bij een **reflex** en bij een **gewilde beweging**.

Tot slot bespreken we het onderscheid tussen **animaal** en **autonoom zenuwstelsel**. Dit is een **functionele indeling** van het zenuwstelsel.



1

Het zenuwstelsel als conductor

Als een mug op je arm komt zitten, probeer je haar weg te slaan. Je krijgt het water in de mond wanneer je de geur van frieten waarneemt. Je trekt je voet terug als je in een te heet bad stapt. Zodra het startschot wordt gelost, schieten sprinters uit de startblokken.

Die **voorbeelden** zijn illustraties van reacties op prikkels. Met volgend **experiment** onderzoeken we hoe je de rol van het zenuwstelsel als conductor kunt ervaren.



AAN DE SLAG 23 Reactiesnelheid meten

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Onderzoeksvragen

- 1 Hoe ervaren je de rol van het zenuwstelsel bij het reageren op een prikkel?
- 2 Is de reactiesnelheid bij elke persoon dezelfde?

Hypothesen

- 1 Het zenuwstelsel is de schakel tussen de ogen die de prikkel opvangen en de spieren die reageren op de prikkel.
- 2 De reactiesnelheid verschilt van persoon tot persoon.

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Wat heb je nodig?

- meetlat van minimum 30 cm

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Werkwijze en waarnemingen

- 1 Een proefpersoon legt een arm op de tafel met de vingers over de rand en zijn duim en wijsvinger ongeveer 5 cm uit elkaar.
- 2 Je houdt tussen duim en wijsvinger een meetlat in verticale positie vast bij het merkteken 30 cm. Het nulpunt van de lat bevindt zich tussen duim en wijsvinger van de proefpersoon.
- 3 Onverwacht laat je de lat los. Op het moment dat de proefpersoon de lat ziet vallen, grijpt hij hem vast door duim en wijsvinger te sluiten, maar zonder zijn arm van de tafel te halen.
- 4 Op de lat lees je af over welke afstand ze gevallen is. Na enkele pogingen kun je een gemiddelde berekenen. Dat aantal cm is een maat voor de reactiesnelheid van de proefpersoon.
- 5 Vul de meetresultaten in de tabel in. Noteer ook of de proefpersoon aan sport doet en welke sport dat is.

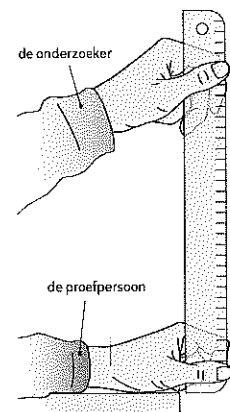


Fig. 6.1 Reactiesnelheid meten m.b.v. een meetlat

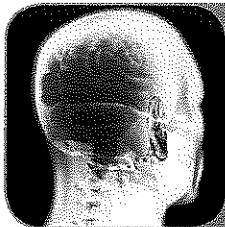
pogingen	valafstand in cm	geen sporter	sporter (aard van de sport)
1			
2			
3			
gemiddelde			

De spieren _____ waarmee je de lat vastgrijpt, worden gestuurd door signalen die de hersenen _____ geven op basis van de informatie die door de ogen wordt geregistreerd.

De reactiesnelheid verschilt van persoon tot persoon. Geoefende personen _____ reageren sneller.

Uit de aangehaalde voorbeelden en het experiment kun je afleiden dat de reactie op een prikkel meestal in een ander orgaan tot stand komt dan waar de prikkel is waargenomen.

Er is dus een **schakel** nodig **tussen de receptor en de effector** om de werking van beide op elkaar af te stemmen. Die schakel is het **zenuwstelsel**. Daarom wordt het zenuwstelsel ook een **conductor** of geleider genoemd. Het geeft **informatie in het lichaam door** en vervult een **coördinerende functie**.



2

Indeling van het zenuwstelsel

Omdat het zenuwstelsel erg complex is, is het zinvol een indeling te maken vanuit twee gezichtspunten.

Enerzijds maken we een **indeling gebaseerd op de bouw en de ligging van de organen**. Zo onderscheiden we:

- het **centraal zenuwstelsel** dat bestaat uit de hersenen (1) en het ruggenmerg (2).
- het **perifeer zenuwstelsel** dat is opgebouwd uit een netwerk van zenuwen dat de hersenen en het ruggenmerg met de rest van het lichaam verbindt.
Tot het perifeer zenuwstelsel behoren de hersenzenuwen (3), de ruggenmergzenuwen (4) en de grensstrengen (5) met zenuwen van en naar de inwendige organen.

Anderzijds is er een **indeling van het zenuwstelsel gebaseerd op de functie**. Zo onderscheiden we:

- het **animaal zenuwstelsel** dat de interactie tussen het individu en zijn omgeving regelt.
- het **autonoom zenuwstelsel** dat alle onbewuste levensprocessen binnen het individu controleert.

Om de bouw en de functie van het zenuwstelsel te kunnen begrijpen, is het noodzakelijk dat we **eerst focussen op de cellen van het zenuwstelsel** (zie punten 3 en 4).

Pas nadien bespreken we de grotere structuren van het zenuwstelsel (zie punten 5 tot 8).

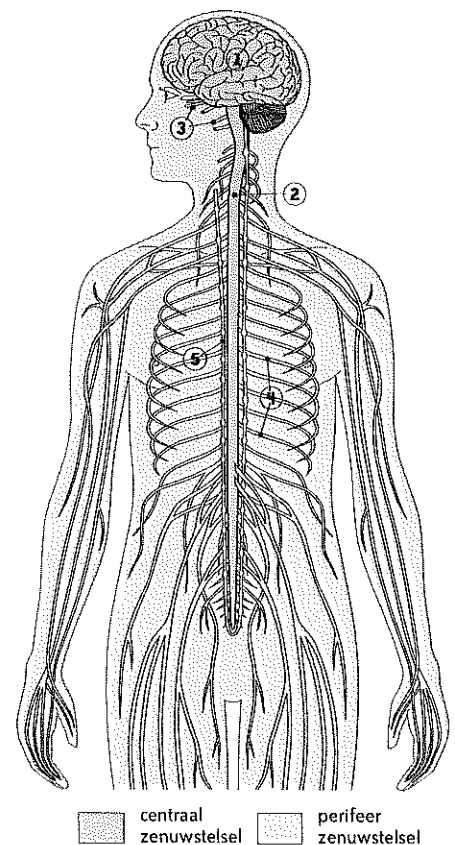
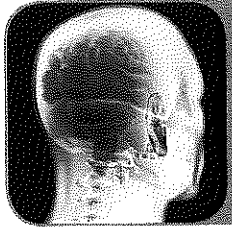


Fig. 6.2 Delen van het centraal en het perifeer zenuwstelsel



3

Cellen van het zenuwstelsel

Bij nader onderzoek van zenuwweefsel kunnen we hoofdzakelijk twee celtypes onderscheiden: zenuwcellen of **neuronen** en **steuncellen**.

3.1 Neuronen

Neuronen zijn de **meest essentiële cellen** van het zenuwstelsel aangezien ze **informatie doorsturen** (zie verder impulsgeleiding 4.1). Iedereen heeft al bij zijn geboorte het volledige aantal neuronen. Van de ongeveer 100 miljard in de hersenen sterven er dagelijks 50 000 tot 100 000 af. Het verlies van neuronen is onherroepelijk en is vooral een gevolg van veroudering, ernstige verwondingen, vergiftiging door alcohol of andere verslavende middelen.

3.1.1 Bouw en functie van een neuron

Hoewel er verschillende types neuronen bestaan, hebben ze toch een aantal gemeenschappelijke bouwkenmerken.

Een neuron is opgebouwd uit een vrij groot **cellichaam** en smalle **uitlopers**.

- Het **cellichaam** is het deel van het neuron dat de celkern en het meeste cytoplasma bevat.
- De **uitlopers** bevatten ook cytoplasma; we onderscheiden twee soorten nl. de **dendrieten** en het **axon**.

Dendrieten zijn meestal korte en sterk vertakte uitlopers. Een neuron kan heel veel dendrieten hebben. Dendrieten **ontvangen zenuwimpulsen van andere cellen** (receptoren of neuronen) en **vervoeren die impulsen naar het cellichaam toe**.

Het **axon** is meestal één lange uitloper die alleen aan zijn uiteinde vertakt is. Het uiterste puntje van elke vertakking is iets verbreed en vormt een zogenaamd **eindknopje**. Met de eindknopjes ligt het axon heel dicht tegen een andere cel waaraan een zenuwimpuls (informatie) moet worden doorgegeven. Het axon is de uitloper die **zenuwimpulsen geleidt van het cellichaam weg**.

Uit de richting waarin de zenuwimpuls in de dendrieten over het cellichaam naar het axon loopt, kunnen we afleiden dat er **in een neuron steeds eenrichtingsverkeer van de impulsgeleiding** is.



OPDRACHT 1

- Maak gebruik van de omschrijving van de delen van een neuron om ze aan te duiden op Fig. 6.3. Plaats in elke cirkel het juiste nummer.
Kies uit: cellichaam (1), celkern (2), dendriet (3), axon (4), eindknopje (5).
- Duid op de figuur met 3 pijlen de richting van de impulsgeleiding aan.

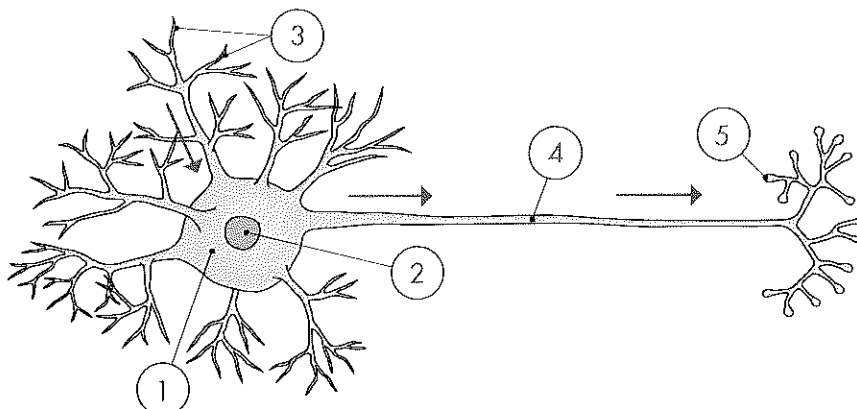


Fig. 6.3 Schematische voorstelling van een neuron. De pijlen geven het eenrichtingsverkeer van de impulsgeleiding aan.

In het perifeer zenuwstelsel zijn de meeste axonen omhuld door een vetachtig laagje: de **myelineschede**. De **myelineschede** wordt gevormd door achter elkaar liggende **cellen van Schwann**. Elke Schwann-cel is vele keren rond een axon gewikkeld. Tussen de opeenvolgende Schwann-cellen is er telkens een kleine onderbreking in de myelineschede: deze niet-gemyeliniseerde stukjes noemen we de **knoopen van Ranvier**. Een knoop van Ranvier situeert zich dus op de plaats tussen twee Schwann-cellen. De functies van de stof myeline komen later aan bod (zie 3.2.1).

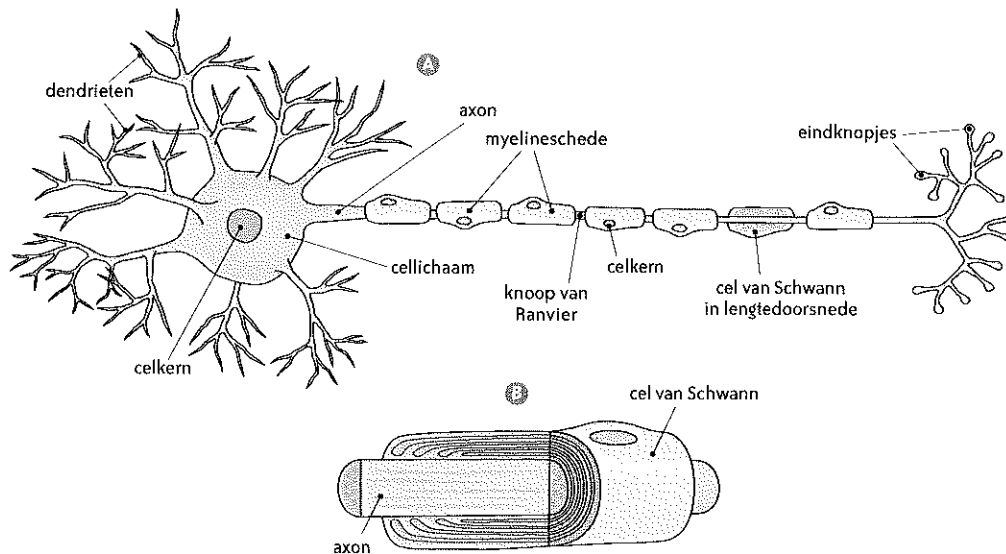


Fig. 6.4
A Neuron met gemyeliniseerd axon. Cellichamen zijn nooit gemyeliniseerd.
B Detail van een cel van Schwann in lengtedoorsnede

Dendrieten en axonen zijn door hun draadvormige bouw en vele vertakkingen bijzonder geschikt voor de **functie van een neuron**, namelijk **zenuwimpulsen** (informatie) **opvangen en geleiden**. Dankzij haar uitlopers kan één zenuwcel met heel veel andere zenuwcellen in contact staan.



OPDRACHT 2

Omcirkel een cellichaam van een neuron op Fig. 6.5.

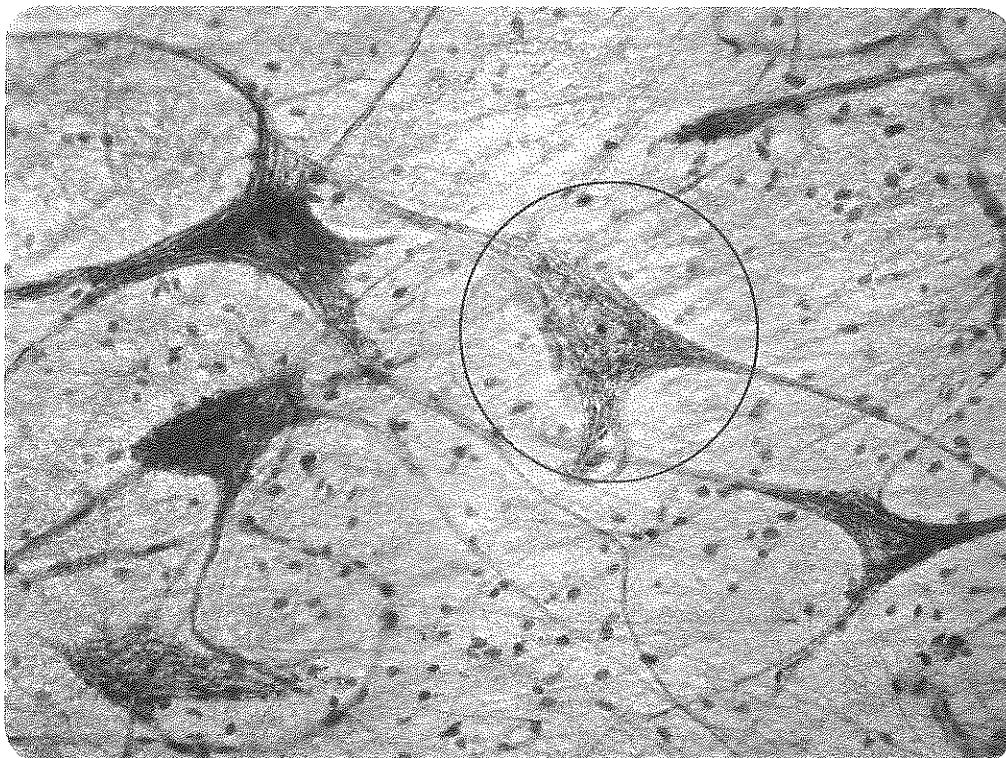


Fig. 6.5 Microfoto van enkele cellichamen van neuronen en de vele contacten (paarse stippen) tussen neuronen

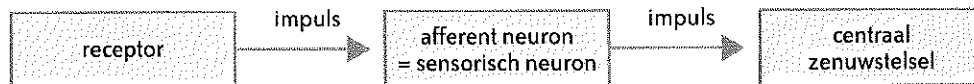
3.1.2 Soorten neuronen volgens de richting van de impuls

Op basis van de **richting waarin de impuls vervoerd wordt** tussen receptor en effector, onderscheiden we drie soorten neuronen. Ze vertonen een aantal specifieke bouwkenmerken.

- **Afferente (aanvoerende) of sensorische neuronen**

Dit zijn neuronen die zenuwimpuls ontvangen **van een receptor** en die impulsen vervolgens geleiden **naar het centraal zenuwstelsel**. Afferente neuronen worden ook **sensorische neuronen** genoemd.

Bij afferente neuronen die hun impulsen krijgen van bijvoorbeeld gevoelsreceptoren in de huid, heeft het cellichaam maar één korte uitloper, die zich onmiddellijk vertakt in twee tegengestelde richtingen. De ene tak staat in verbinding met de receptor (een vrij zenuwuiteinde in de huid) en de andere loopt naar het ruggenmerg.



- **Efferente (afvoerende) of motorische neuronen**

Dit zijn neuronen die zenuwimpuls geleiden **van het centraal zenuwstelsel naar een effector**. Het zijn dikwijls neuronen die de spieren activeren; vandaar dat we ze ook **motorische neuronen** noemen.

Ze hebben korte dendrieten en een lang gemyeliniseerd axon.



- **Schakelneuronen**

Dit zijn neuronen die **zenuwimpuls geleiden binnen het centraal zenuwstelsel**.

Schakelneuronen kunnen impulsen ontvangen van sensorische neuronen en doorgeven aan efferente neuronen. Ze kunnen ook impulsen ontvangen van andere schakelneuronen of doorgeven aan andere schakelneuronen. Schakelneuronen liggen geheel binnen het centraal zenuwstelsel, nl. in de hersenen en het ruggenmerg. Ze hebben korte dendrieten en korte niet-gemyeliniseerde axonen.

Op Fig. 6.6 vinden we de drie soorten neuronen terug, te beginnen vanaf de pijnreceptor in de huid tot een spier die bijvoorbeeld de hand doet wegtrekken.

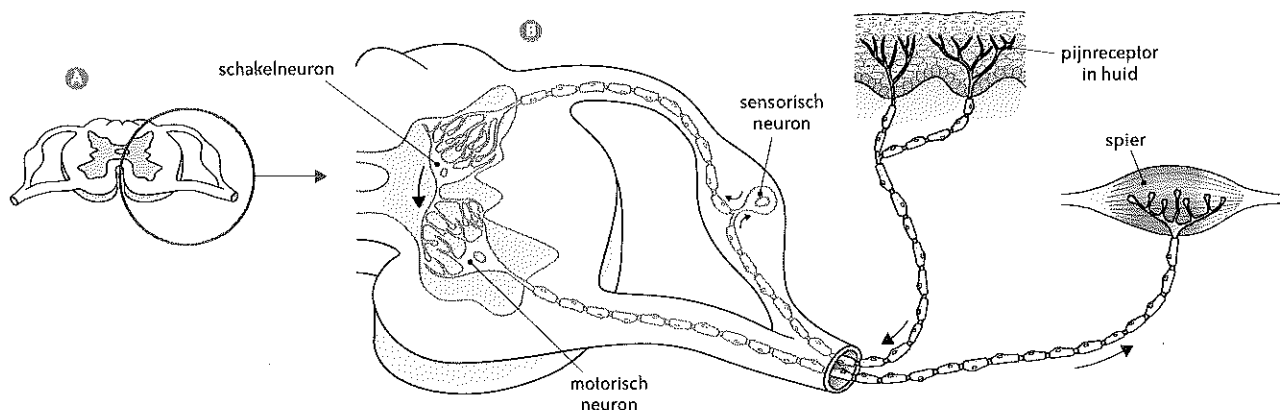


Fig. 6.6 Soorten neuronen volgens de richting van de impuls

A Dwarssnede door het ruggenmerg

B Uitvergroting met de ligging van sensorisch neuron, schakelneuron en motorisch neuron; de zwarte pijlen geven de richting van de impulsgeleiding aan.



OPDRACHT 3

Het axon van sommige neuronen kan wel een meter lang zijn. Geef hiervan een voorbeeld.

Het axon van een motorisch neuron dat van het ruggenmerg tot aan de teen loopt.

3.1.3 Verband tussen neuron en zenuw

Een algemene benaming voor de **lange uitlopers** van neuronen is **zenuwvezels**. Meestal bedoelen we dan de gemyeliniseerde axonen. Meerdere zenuwvezels liggen parallel naast elkaar en vormen op die manier een **zenuwbundel** omgeven door een bindweefsel schede. Die houdt de zenuwvezels samen en zorgt voor bescherming. Meerdere zenuwbundels bij elkaar vormen een **zenuw** waar ook weer een stevige bindweefselmantel rond zit. Binnen die bindweefselmantel lopen er **bloedvaten** tussen de zenuwbundels.



OPDRACHT 4

Maak gebruik van de omschrijving van de delen van een zenuw om ze aan te duiden op Fig. 6.7. Plaats in elke cirkel het juiste nummer.
Kies uit: zenuwvezel (1), zenuwbundel (2), bindweefsel schede (3), zenuw (4), bloedvat (5).

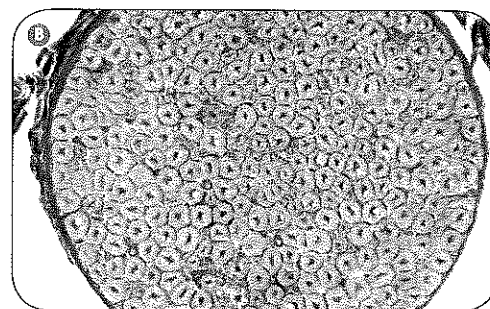
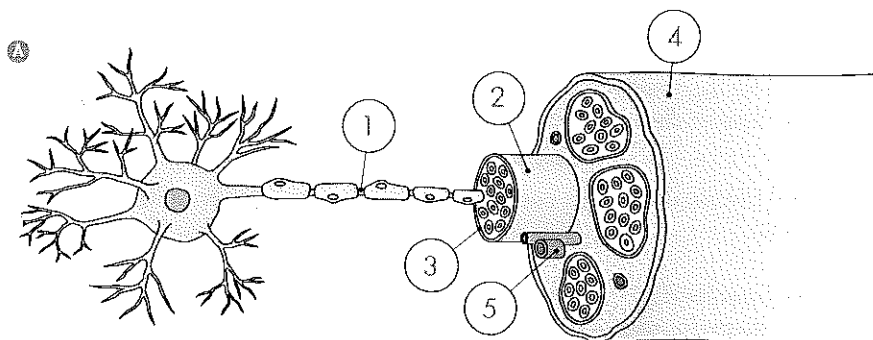


Fig. 6.7

A Verband tussen neuron en zenuw
B Microfoto van een dwarse doorsnede door een zenuwbundel. De stipjes zijn doorgesneden zenuwvezels; de bleke zone rond elk stipje is de myelinschede



OPDRACHT 5

Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

Welke uitlopers van neuronen zullen zich nooit in een zenuw bevinden?

- a uitlopers van motorische neuronen
- b uitlopers van schakelneuronen
- c uitlopers van sensorische neuronen
- d uitlopers van efferente neuronen

b

Naargelang de soort zenuwvezels die ze bevatten, onderscheiden we drie soorten zenuwen:

- **sensorische zenuwen** met uitsluitend zenuwvezels van **afferente** neuronen
- **motorische zenuwen** met uitsluitend zenuwvezels van **efferente** neuronen
- **gemengde zenuwen** met zenuwvezels van zowel **afferente** als **efferente** neuronen.

3.1.4 Verband tussen neuron en witte stof en grijze stof

Myeline rond zenuwvezels geeft aan zenuwbundels en zenuwen een **witte kleur**. Niet-gemyeliniseerde delen van neuronen, zoals de cellichamen en meestal ook de dendrieten, hebben een **grijze kleur**. Daarom spreken we in het zenuwstelsel van **witte stof** en **grijze stof**.

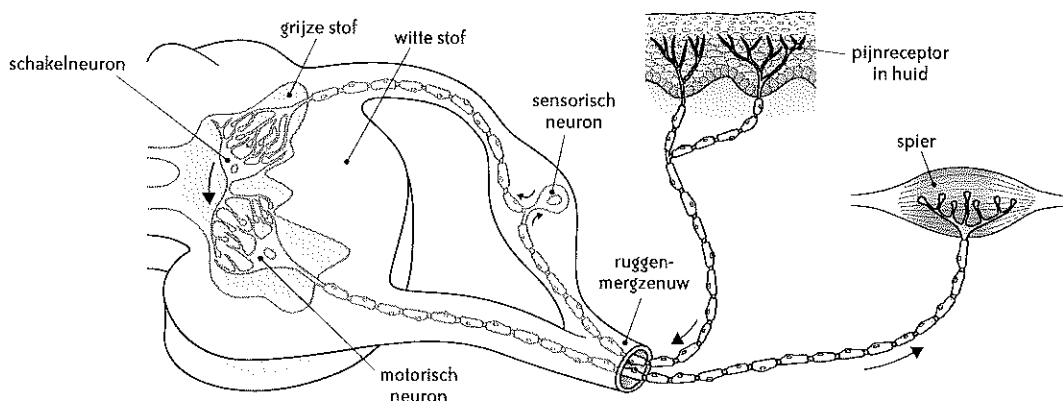


Fig. 6.8 Situering van witte stof en grijze stof in het ruggenmerg. De ruggenmergzenuw is een gemengde zenuw omdat ze zowel zenuwvezels van sensorische als van motorische neuronen bevat.

3.2 Steuncellen

Afhankelijk van de plaats in het zenuwstelsel zijn er tien tot wel vijftig keer zoveel steuncellen als neuronen. Ze spelen een essentiële rol bij de **werking en instandhouding van neuronen**.

3.2.1 Cellen van Schwann

De steuncellen in het **perifeer zenuwstelsel** zijn de **cellen van Schwann**. Ze zijn al aan bod gekomen bij de bouw van een neuron. Schwann-cellen zijn verantwoordelijk voor de vorming van de **myelineschede rond de zenuwvezels** (axonen) van perifere zenuwen.

Myeline is een vetachtige stof die volgende functies heeft:

- **impulsgeleiding verbeteren**

Myeline zorgt ervoor dat impulsen sneller worden doorgestuurd. Vooral voor het overbruggen van lange afstanden, zoals bij zenuwvezels die lopen van ruggenmerg naar handen of naar voeten, is dat van cruciaal belang. Hoe dikker de myelineschede, hoe sneller de impulsgeleiding (zie ook 4.1.4).

- **zenuwvezels isoleren**

Myeline verhindert dat een elektrisch signaal (de zenuwimpuls) overspringt naar een neuron waar het niet voor bedoeld is en zo kortsluiting veroorzaakt.

Als de **myelineschede** rond de zenuwvezels **beschadigd** raakt of **vernietigd** wordt, bijvoorbeeld door het afsterven van Schwann-cellen, verloopt de **impulsgeleiding trager en trager** of wordt de impuls zelfs niet meer doorgegeven. Vertraagde of geblokkeerde impulsgeleiding veroorzaakt heel wat symptomen, die duiden op een **verstoorde activiteit van het zenuwstelsel**. Zo kan er bijvoorbeeld een verminderde zintuiglijke gevoeligheid optreden, zoals een onduidelijk zicht, coördinatieproblemen, moeilijkheden bij het stappen en problemen met lichaamsfuncties, zoals het controleren van de blaas.

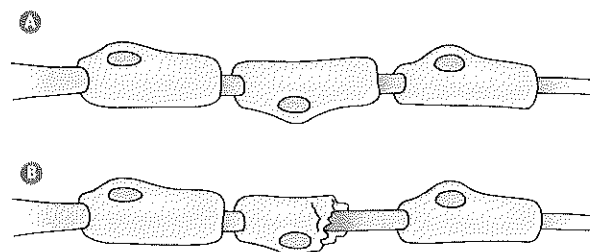


Fig. 6.9 Afbraak van de myelineschede door beschadiging van Schwann-cellen
A normale myelineschede
B beschadigde myelineschede

3.2.2 Gliacellen

In het **centraal zenuwstelsel** zijn **gliacellen** de belangrijkste groep steuncellen.

De verhouding tussen gliacellen en neuronen is ongeveer 10:1. In tegenstelling tot neuronen zijn gliacellen wel in staat zich te delen.

Er komen verschillende soorten gliacellen voor, waarvan we enkele **functies** vermelden:

- **neuronen bij elkaar en op hun plaats houden**

Sommige gliacellen zorgen voor stevigheid en behoud van structuur van hersenweefsel, waar ze groepen neuronen van elkaar scheiden. Op die manier ontstaan er verschillende zones in de hersenen die elk instaan voor het verwerken van welbepaalde informatie (zie 6.1).

- **neuronen beschermen en isoleren**

Sommige gliacellen wikkelen hun uitlopers vele malen rond een axon van een nabijgelegen neuron. Daardoor ontstaat er rond het axon een dikke beschermende koker, die gevuld is met myeline. Het kale stukje axon tussen twee segmentjes van de myelineschede wordt ook hier een knoop van Ranvier genoemd.

De isolerende functie is vergelijkbaar met die van de cellen van Schwann.

- **beschadigde of dode neuron opruimen**

Sommige gliacellen zijn in staat om zich in het centraal zenuwstelsel voort te bewegen op zoek naar beschadigde of dode neuronen en die op te ruimen (vergelijk met de manier van voortbewegen van een witte bloedcel die de bloedbaan verlaat om een bacterie op te ruimen).

- **neuronen van voedingsstoffen en zuurstofgas voorzien en afvalstoffen ervan verwijderen**

Sommige gliacellen hebben een groot aantal uitlopers die eindigen op een soort 'voetjes'. Enkele van die voetjes staan in contact met haarvaten, de andere staan in verbinding met omliggende neuronen. De gliacellen nemen voedingsstoffen en zuurstofgas op uit de haarvaten en geven die door aan de neuron. Omgekeerd nemen ze van de neuron afvalstoffen over en geven die door aan de haarvaten.

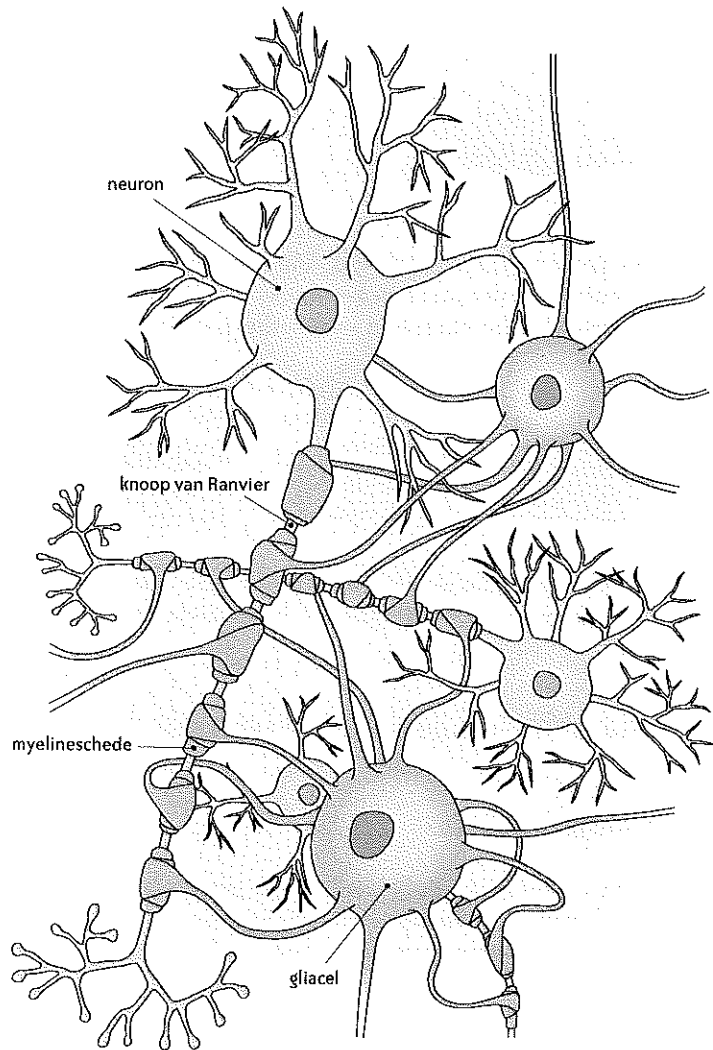


Fig. 6.10 Een bepaald type gliacel myeliniseert meerdere axonen van neuron die zich in het centraal zenuwstelsel situeren.

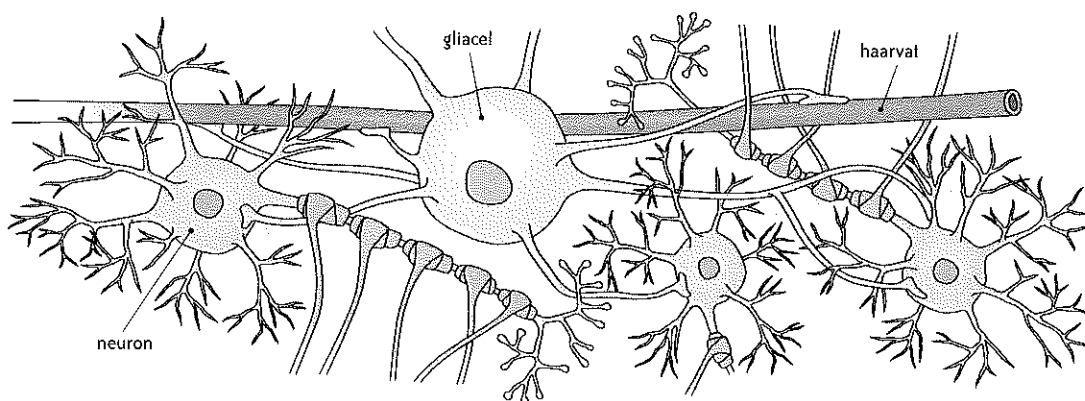
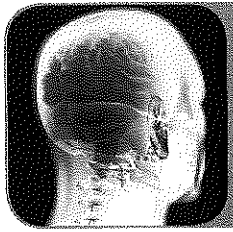


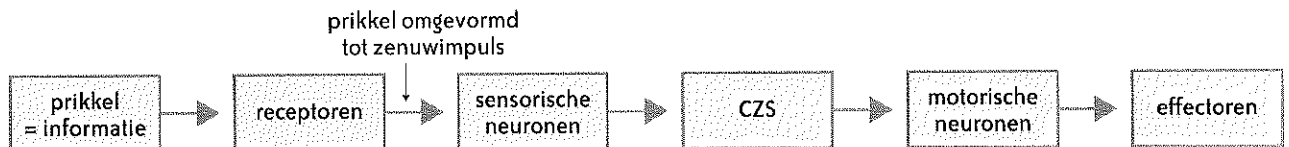
Fig. 6.11 Een bepaald type gliacel staat met sommige uitlopers in contact met haarvaten en met andere uitlopers in verbinding met neuron (de myelineschede rond de axonen wordt gevormd door andere gliacellen, zoals weergegeven op Fig. 6.10).



4

Informatieoverdracht via neuronen

Receptoren registreren prikkels. Die opgenomen informatie geven ze door aan sensorische neuronen die de informatie overdragen aan neuronen in het centraal zenuwstelsel (CZS). Daar wordt de informatie verwerkt en via motorische neuronen overgedragen aan effectoren.



Uit het schema kun je afleiden dat er bij de informatiestroom op verschillende plaatsen informatieoverdracht moet gebeuren. Hoe dat gebeurt, bespreken we hieronder.

4.1 Impulsgeleiding binnen het neuron

4.1.1 Neuron in rustfase

Bij alle cellen is het **celmembraan elektrisch geladen** door de aanwezigheid van **elektrisch geladen deeltjes** of **ionen** aan weerszijden van het celmembraan. Sommige deeltjes zijn positief geladen, andere zijn negatief geladen. Deze deeltjes kunnen zich door het celmembraan verplaatsen via poriën, die **kanalen** worden genoemd. Deze kanalen kunnen open of dicht gaan.

De ongelijke verdeling van de ionen binnen (**intracellulair**) en buiten (**extracellulair**) de cel zorgt ervoor dat de binnen- en buitenzijde van de cel een verschillende lading hebben. We spreken van een **ladingsverschil** en daardoor ook van een **elektrisch geladen celmembraan**.

Een neuron bevindt zich in de **rustfase** wanneer het **geen impuls** doorstuurt. Op dat ogenblik is de binnenzijde van het celmembraan negatief geladen ten opzichte van de buitenzijde. Dat ladingsverschil noemen we de **rustpotential**.



OPDRACHT 6

Geef de ladingstoestand van een neuron in rustfase weer door plus- en mintekens op Fig. 6.12 A en B te plaatsen.

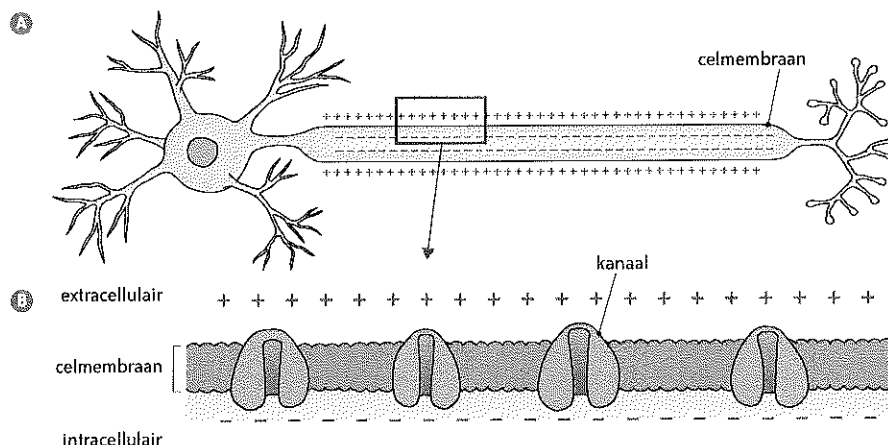


Fig. 6.12 Ladingstoestand van een neuron in rustfase
A Ladingstoestand ter hoogte van een axon
B Detail van het elektrisch geladen celmembraan tijdens de rustfase. Via kanalen kunnen elektrisch geladen deeltjes zich verplaatsen.

4.1.2 Neuron in actiefase

Wanneer **een voldoende sterke prikkel het neuron activeert**, gaat de zenuwcel over van de rustfase naar de **actiefase**. Daarbij gaan bepaalde kanalen in het celmembraan open en gaan er meer positief geladen deeltjes naar binnen. Door de herverdeling van de ionen wordt de binnenzijde op een bepaald ogenblik positief geladen. Het veranderen van de rustpotentialaol noemen we **depolarisatie**.

Als de ladingsverandering groot genoeg is – er wordt een **drempelwaarde** overschreden – ontstaat er een klein stroomstootje. Dat elektrisch signaal noemen we de **zenuwimpuls**. Het ladingsverschil dat die impuls veroorzaakt, is de **actiepotentialaol**.



OPDRACHT 7

- Op Fig. 6.13 A wordt een impuls gevormd langs het celmembraan ter hoogte van het axon, op de plaats van de pijl. Geef de ladingstoestand weer door plus- en mintekens op de figuur te plaatsen.
- Fig. 6.13 B stelt een dwarsdoorsnede van een axon voor. Teken de ladingstoestand in rustfase en op het moment van de actiepotentialaol door plus- en mintekens langs het celmembraan te plaatsen.

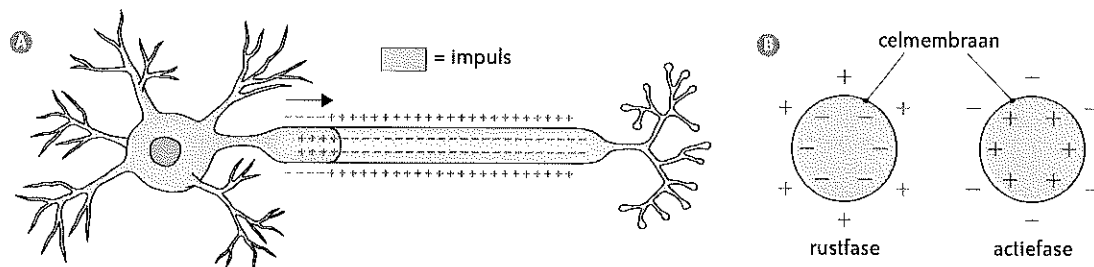


Fig. 6.13
A Vorming van een impuls langs het celmembraan ter hoogte van een axon
B Dwarsdoorsnede van een axon met ladingstoestand in de rustfase en de actiefase

Die plaatselijke ladingsverandering ter hoogte van het celmembraan wordt bijzonder snel voortgeleid over de hele lengte van het axon tot aan de eindknopjes. Dit geleiden van het elektrisch signaal noemen we de **impulsgeleiding**.

4.1.3 Neuron in herstelfase

De plaatselijke ladingsverandering ter hoogte van het celmembraan is maar van korte duur. Er volgt onmiddellijk een nieuwe verplaatsing van ionen doorheen het celmembraan, waardoor de binnenkant opnieuw negatief wordt, en de buitenkant positief. Het ladingsverschil wordt dus teruggebracht naar de oorspronkelijke situatie van de rustfase.

Dit terugkeren naar de rustfase wordt de **herstelfase** genoemd. Als gevolg van de herstelfase is de cel in staat om een nieuwe impuls door te sturen.

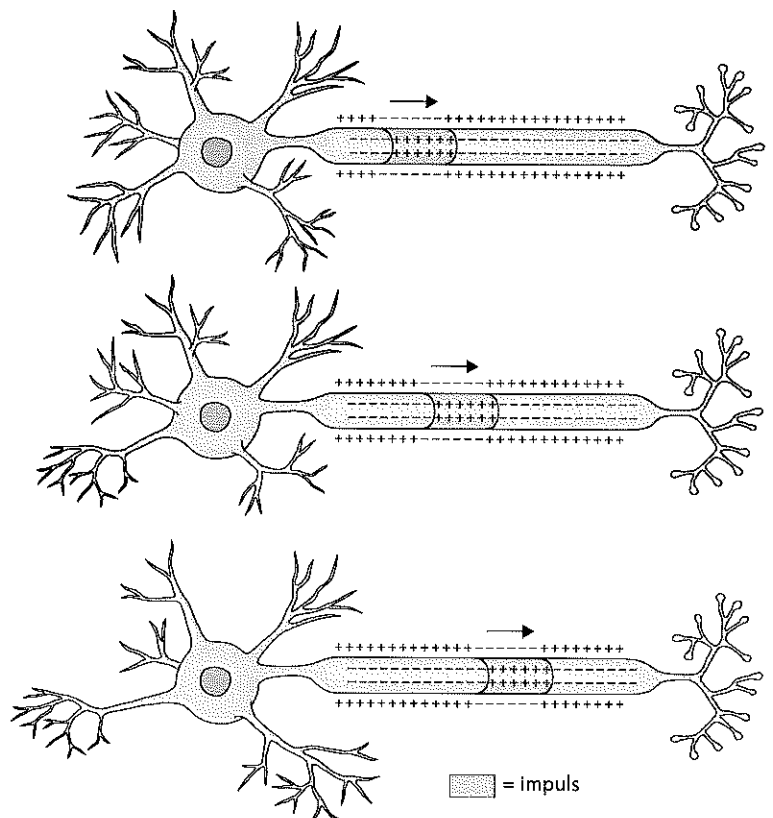


Fig. 6.14 Impulsgeleiding ter hoogte van het axon



OPDRACHT 8

In het celmembraan komen kanalen voor die een rol spelen bij de depolarisatie. Omschrijf de functie van die kanalen.

Kanalen gaan open en laten meer positief geladen deeltjes naar binnen.



OPDRACHT 9

Bij de impulsgeleiding langs het celmembraan van een neuron is er sprake van ladingsveranderingen langs het celmembraan. Illustreer de opeenvolging van rustfase, actiefase en herstelfase ter hoogte van een welbepaalde plaats langs het celmembraan door plus- en mintekens te plaatsen.

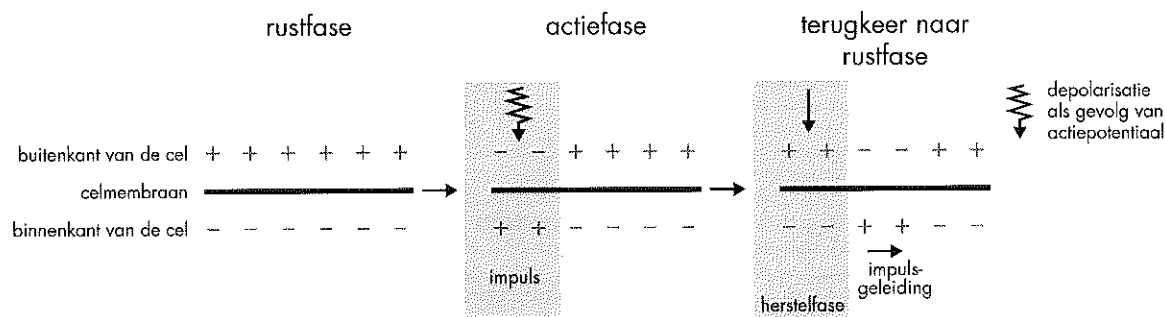


Fig. 6.15 Opeenvolging van rustfase, actiefase en herstelfase in het celmembraan van een neuron

4.1.4 Snelheid van impulsgeleiding

De snelheid van de impulsgeleiding varieert volgens de soort axonen. Die snelheid is namelijk **afhankelijk van de dikte van het axon en van de dikte van de myelineschede**. Naarmate de dikte van het axon toeneemt, gaat de impulsgeleiding sneller.

Dunne, niet-gemyeliniseerde axonen hebben een geleidingssnelheid van ca. 2 m/s; bij de dikste gemyleiniseerde axonen is dat ruim 100 m/s. Deze snelheid komt goed van pas in het perifeer zenuwstelsel waar de te overbruggen afstanden in het menselijk lichaam tot 1 m kunnen bedragen (bijvoorbeeld van ruggenmerg tot voet).

Door de **isolerende invloed van de myelineschede**, die verhindert dat ionen weglekken via het celmembraan, kan de **beweging van ionen** doorheen het celmembraan **alleen ter hoogte van de knopen van Ranvier** plaatsvinden. De depolarisatie ter hoogte van een knoop van Ranvier is voldoende om de elektrische spanning (ladingsverschil) in de volgende knoop van Ranvier te verhogen tot boven de drempelwaarde. Hierdoor ontstaat er ook in die knoop een actiepotentiaal en dus een impuls. Dit proces zet zich voort over de hele lengte van het gemyleiniseerde axon.

De impuls springt dus als het ware **van insnoering naar insnoering**, waardoor de geleiding veel sneller gebeurt. We spreken van een **spronggewijze impulsgeleiding**.



OPDRACHT 10

Duid op Fig.6.16 met pijlen aan op welke manier de impuls langs een gemyleiniseerde zenuwvezel wordt geleid en benoem de aangeduide delen op de figuur.

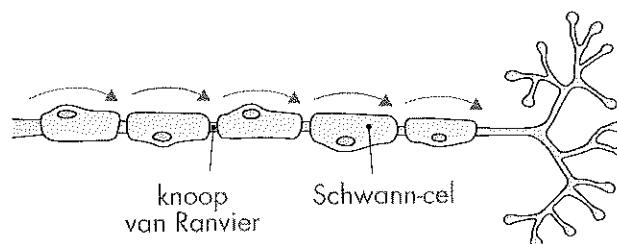


Fig. 6.16 Spronggewijze impulsgeleiding langs een gemyleiniseerd axon



OPDRACHT 11

- Vergelijk de snelheid van de impulsgeleiding tussen een gemyeliniseerd en een niet-gemyeliniseerd neuron. Schrap wat niet past.
In een niet-gemyeliniseerd neuron gebeurt de impulsgeleiding TRAGER / SNELLER.
- Waar precies kan op een gemyeliniseerd axon een actiepotentiaal ontstaan?
ter hoogte van de knopen van Ranvier



OPDRACHT 12

Enkele leerlingen discussiëren over de factoren die de snelheid van de impulsgeleiding beïnvloeden. Er zijn verschillende standpunten.

- Ruben beweert dat de impuls sneller geleid wordt in dunnere axonen dan in dikkere.
- Maarten is van mening dat de impuls sneller geleid wordt naarmate de prikkel sterker is.
- Volgens Fien heeft de lengte van een zenuwvezel geen invloed op de snelheid van de impulsgeleiding.
- Pieter zegt dat de snelheid onder meer afhankelijk is van de dikte van de zenuwvezel.

Wie van de leerlingen doet hier een juiste uitspraak?

Fien en Pieter



MS of multiple sclerosis

Multiple sclerosis, meestal afgekort tot MS, is een **aandoening van het centraal zenuwstelsel**, waarbij de neuronen **myeline verliezen**.

De term multiple sclerosis duidt op de verscheidene (multiple) plaatsen waar verharding (sclerose) optreedt als gevolg van een afbraakproces van eigen myeline.

Men vermoedt dat in sommige gevallen de oorzaak moet worden gezocht bij een **virale infectie**. In vele gevallen gaat het echter om een **spontane zelfvernietigingsreactie**. Hoe dat proces verloopt, is nog niet helemaal duidelijk. Wel staat vast dat bepaalde witte bloedcellen de myelinschede beschadigen. Na verloop van tijd treedt er ook verval op van de axonen en van de gliacellen die met hun uitlopers de myelinschede rond de axonen vormen. Uiteindelijk zorgt de vernietiging van de myelinschede voor een **verstoring van de impulsgeleiding**.

MS kan nog niet worden genezen. Gelukkig bestaan er wel **behandelingen** en therapieën die personen met MS een heel stuk kunnen verder helpen, zowel voor de behandeling van acute opstoten als voor de onderhoudsbehandeling. Die behandelingen, hoofdzakelijk op basis van medicijnen, helpen de patiënt om er opnieuw bovenop te komen na een opstoot, nieuwe opstoten te verhinderen en belemmeringen en handicaps te vermijden.

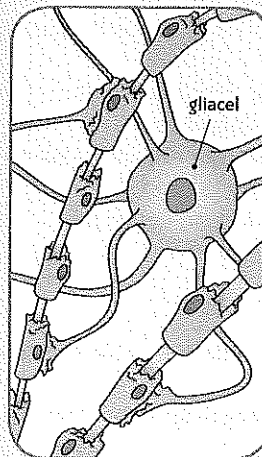


Fig. 6.17 Vernietiging van de myelinschede bij MS



Fig. 6.18 MS leidt op termijn tot invaliditeit.



Multiple Sclerose Liga Vlaanderen ...

www.ms-sep.be

Fig. 6.19 Logo van de MS-liga



OPDRACHT 13

- a Waarom kunnen Schwann-cellen niet betrokken zijn bij MS of multiple sclerose?

MS is een aandoening van het centraal zenuwstelsel, waarbij de neuronen myeline verliezen.
Schwann-cellen maken uitsluitend myelinescheden rond zenuwvezels van het perifere zenuwstelsel.

- b Welke lichaamscellen zijn wel verantwoordelijk voor het ontstaan van MS?
witte bloedcellen, neuronen en gliacellen



OPDRACHT 14

Over de myelineschede worden twee beweringen geformuleerd:

- 1 De myelineschede heeft een isolerende functie.
- 2 De myelineschede rond het axon wordt gevormd door het neuron.

Welke bewering(en) is (zijn) juist? Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

- a alleen 1
- b alleen 2
- c 1 en 2 zijn fout
- d 1 en 2 zijn juist

a



OPDRACHT 15

Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

De impulsfrequentie is het aantal impulsen dat door een zenuwuitloper per tijdseenheid wordt vervoerd. De maximale impulsfrequentie in neuronen bedraagt ongeveer 500 impulsen per seconde.

Wat is de beperkende factor?

- a het aantal dendrieten
- b de duur van de herstelfase na de ladingsverandering in de actiefase
- c de aard van de prikkel
- d de leeftijd van de neuronen

b



OPDRACHT 16

Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

Hoe is de verhouding van positief en negatief geladen deeltjes aan weerszijden van het celmembran wanneer een neuron zich in de rustfase bevindt?

- a meer negatieve dan positieve deeltjes aan de buitenkant van het celmembran
- b alleen maar positieve deeltjes aan de binnenkant van het celmembran
- c meer positieve dan negatieve deeltjes aan de buitenkant van het celmembran
- d alleen maar positieve deeltjes aan de buitenkant van het celmembran

c

4.2 Impulsoverdracht tussen neuronen

Impulsoverdracht tussen neuronen gebeurt van de eindknopjes van het ene neuron naar de dendrieten of het cellichaam van het aansluitende neuron. De plaats waar informatieoverdracht tussen twee neuronen plaatsvindt, wordt een **synaps** genoemd. Tussen beide neuronen bevindt zich een uiterst nauwe ruimte die we **synaptische spleet** noemen.

Ter hoogte van een synaps wordt het **elektrisch signaal** (zenuwimpuls) **overgedragen** op de aansluitende cel. Dat gebeurt met een chemisch signaal, nl. via een chemische stof, neurotransmitter genoemd. Deze overdrachtsstof bevindt zich aanvankelijk in **synaptische blaasjes**. Neuronen maken dergelijke blaasjes met neurotransmitter constant aan en slaan ze op in de eindknopjes van hun axon.

Zodra de impuls het membraan van de eindknopjes bereikt, gebeurt de **impulsoverdracht tussen neuronen** in de volgende stappen, zoals weergegeven op Fig. 6.20 B:

- 1 De impuls bereikt de eindknopjes van een axon.
- 2 Neurotransmitter komt vrij uit de synaptische blaasjes en belandt in de synaptische spleet.
- 3 Neurotransmitter bindt zich aan specifieke membraanreceptoren in het membraan van dendrieten van het aansluitend neuron. Deze binding is een chemisch signaal.
- 4 Het chemisch signaal veroorzaakt een ladingsverandering in het membraan van de dendrieten en leidt zo tot een nieuw elektrisch signaal (impuls).

De overdracht van een impuls van cel naar cel door middel van neurotransmitter noemen we **neurotransmissie**. De werking van een neurotransmitter duurt ongeveer 0,5 tot 1 ms. Daarna worden de moleculen van de neurotransmitter afgebroken of opnieuw opgenomen in de eindknopjes voor hergebruik in het neuron waar ze geproduceerd werden.

Dat in een synaps de **impulsoverdracht slechts in één richting** plaatsvindt, is een gevolg van het eenrichtingsverkeer van impulsen in neuronen.

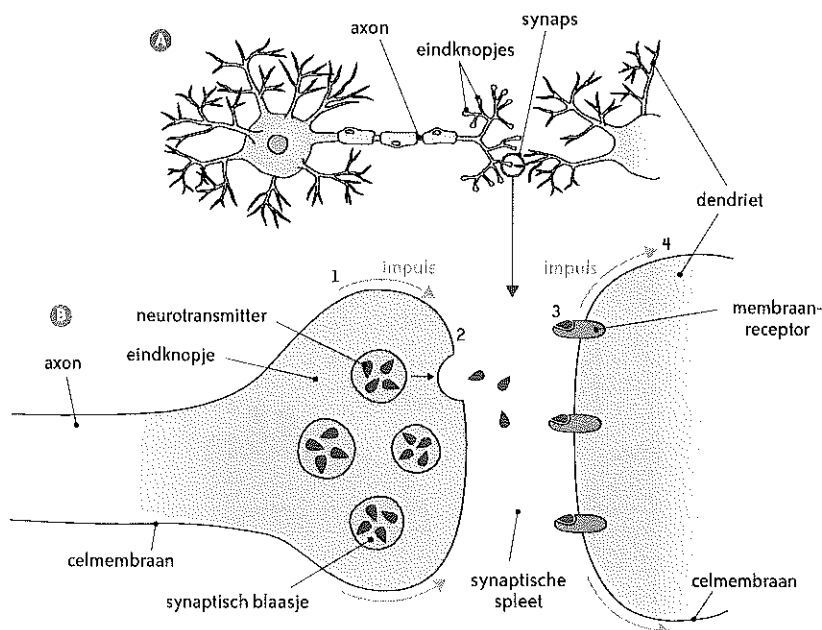


Fig. 6.20

A Synaps tussen twee neuronen

B Detail van neurotransmissie tussen een eindknopje van het ene neuron en een dendriet van het aansluitende neuron



OPDRACHT 17

Vul de zin aan. Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

Bij impulsoverdracht tussen het eindknopje van het ene neuron naar de dendriet van een ander neuron is de volgorde van de signalen

- a chemisch signaal → elektrisch signaal.
- b elektrisch signaal → elektrisch signaal → chemisch signaal.
- c chemisch signaal → elektrisch signaal → chemisch signaal.
- d elektrisch signaal → chemisch signaal → elektrisch signaal.

d

4.3 Invloed van drugs op neurotransmissie

Drugs zijn **producten die een invloed hebben op ons bewustzijn**. Ze veranderen onze waarnemingen, onze gevoelens en ons gedrag. We gebruiken drugs om ons meer genot te verschaffen. Vandaar dat we ook spreken van **genotmiddelen**.

Als je bepaalde ervaringen als aangenaam beleeft, dan is dat o.a. te wijten aan de aanwezigheid van sommige neurotransmitters. Die worden aangemaakt in bepaalde hersengebieden. Daardoor ontstaan **gevoelens van genot en welzijn**. Neurotransmitters worden na een korte tijd afgebroken of vanuit de synaptische spleet opnieuw opgenomen in het neuron waar ze geproduceerd werden. De aangename gevoelens ebben dan weg.

De moleculen die in **drugs** voorkomen, **werken in op het proces van neurotransmissie**. Sommige drugs bevatten moleculen die gelijk zijn op de normale neurotransmitters. Daardoor kunnen ze de membraanreceptoren van de neuronen beïnvloeden. Ze werken soms stimulerend, soms remmend en soms verstorend op de impulsoverdracht.

Drugs zoals **amfetamines** stimuleren de afgifte van de normale neurotransmitters. **Cocaïne** remt de heropname van de normale neurotransmitter door zich in de synaptische spleet vast te zetten op het membraan van het eindknopje. In beide gevallen blijft er een hoog gehalte aan neurotransmitters in de synaptische spleet, waardoor de impulsoverdracht wordt gestimuleerd. Daarom noemen we amfetamines en cocaïne **stimulerende drugs**.

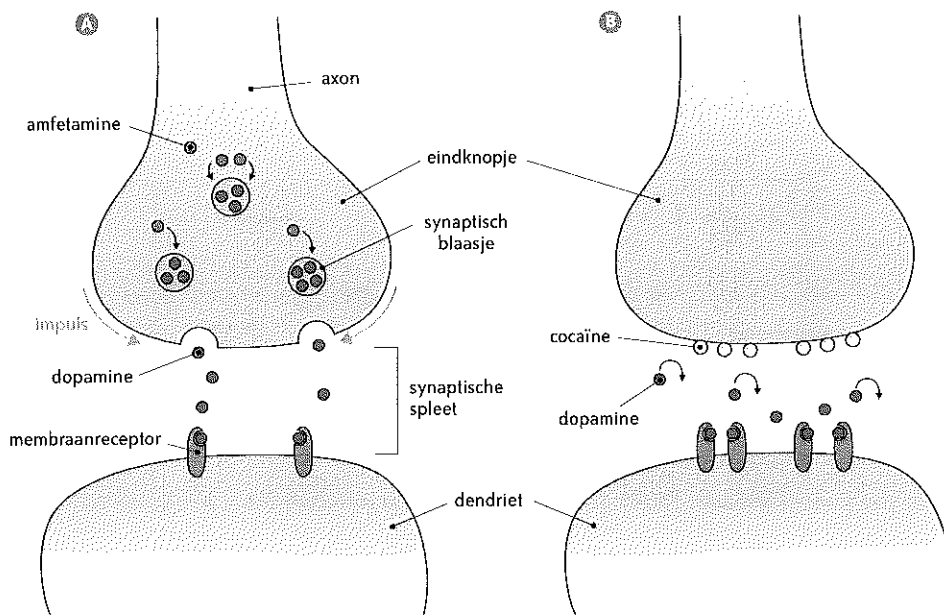


Fig. 6.21 Invloed van drugs op de neurotransmissie
A Amfetamine zorgt ervoor dat de neurotransmitter dopamine meer dan normaal wordt vrijgegeven.
B Cocaïne verhindert de heropname van de neurotransmitter dopamine door het eindknopje.

Sommige drugs werken zo versturend op het zenuwstelsel dat ze **hallucinaties** doen ontstaan. Een hallucinatie is een zintuiglijke waarneming die als werkelijk wordt ervaren door degene die hallucineert, maar die niet overeenkomt met de realiteit. Hallucinaties kunnen op alle zintuigen betrekking hebben. Zo kan men beelden zien of geluiden horen die er niet zijn. Ook reuk-, smaak- en gevoelshallucinaties kunnen voorkomen. Drugs die hallucinaties opwekken, noemen we **hallucinogene drugs**.

Volgens hun werking op het zenuwstelsel kunnen we drugs als volgt indelen:

verdovende drugs	stimulerende drugs	hallucinogene drugs	verdovende drugs met hallucinogene effecten	stimulerende drugs met hallucinogene effecten
alcohol codeïne morfine heroïne GHB (gamma-hydroxy-boterzuur) kalmeermiddelen slaapmiddelen	nicotine cafeïne cocaïne amfetamines	lsd (lyserginezuur-diëthylamide) en aanverwante stoffen	cannabisproducten zoals marihuana en hasj	xtc (ecstasy)

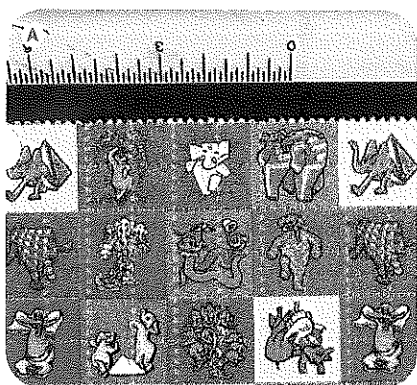


Fig. 6.22 Drugs met hallucinogene effecten

A Lsd wordt verkocht in de vorm van papertrips (papiertjes doordrenkt met lsd) en microdots (tabletjes).
B Xtc is een stimulerende drug die verkocht wordt in de vorm van gekleurde pilletjes.
C Cannabisproducten (marihuana en hasj) worden vermengd in een sigaret.

Wat ook de motivatie is van een regelmatig druggebruiker of van een drugverslaafde, meestal is het zo dat drugs gebruikt worden voor de **gewenste effecten** ervan op het zenuwstelsel. Ze brengen de gebruiker in een stemming van welbehagen, soms in een roes of in euforie en zelfs extase. Dat is ook de reden waarom sommige drugs therapeutisch gebruikt worden, bijvoorbeeld voor pijnbestrijding. Daarnaast heeft het gebruik van drugs een aantal **ongewenste neveneffecten**, zoals angst en paniekgeloesens. Dikwijls ontstaan er depressieve gevoelens in de periode zonder drugs.

Sommige drugs lijken onschuldig omdat ze **sociaal aanvaard** zijn. Dat is het geval voor koffie, alcohol, tabak en sommige medicijnen. Het gebruik van andere drugs zoals heroïne, cocaïne, xtc enz. is **ronduit gevaarlijk**. Bij regelmatig gebruik brengen alle drugs min of meer ernstige lichamelijke schade toe aan de gebruiker.

Dikwijls heeft druggebruik ook **sociale gevolgen**. Er ontstaan heel wat spanningen in de omgeving van de gebruiker: slechte schoolprestaties, afwezigheid op het werk, relationele problemen ... Druggebruikers geraken daardoor sociaal geïsoleerd.

Sommige drugs zijn heel duur. Regelmatige gebruikers komen daardoor in financiële problemen. In sommige gevallen kan dat leiden tot crimineel gedrag.



OPDRACHT 18

Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

Wat wordt niet door drugs beïnvloed?

- a de hoeveelheid neurotransmitter die in de synaptische spleet wordt vrijgegeven
- b de heropname van neurotransmitter door de eindknopjes
- c de richting van de impulsgeleiding
- d de membraanreceptoren

c

4.4 Impulsoverdracht van receptor naar sensorisch neuron

Je weet al dat in **receptoren** een zenuwimpuls ontstaat onder invloed van een specifieke prikkel. We bestuderen nu hoe die impuls via een synaps wordt overgedragen aan een dendriet van een aansluitend **sensorisch neuron**.

De impulsoverdracht tussen receptor en sensorisch neuron kunnen we in volgende stappen indelen, zoals weergegeven op Fig. 6.23:

- 1 De receptor (bv. een haarcel in het basaalmembraan van het slakkenhuis) wordt geprikkeld door een specifieke prikkel waarvoor die gevoelig is.
- 2 Er is een ladingsverandering ter hoogte van het celmembraan van de receptor waardoor een impuls ontstaat.
- 3 Neurotransmitter van de receptor wordt vrijgegeven in de synaptische spleet.
- 4 De binding van de neurotransmitter aan de membraanreceptor van de dendriet van het aansluitend sensorisch neuron is een chemisch signaal.
- 5 Dat signaal veroorzaakt een ladingsverandering in het membraan van de dendriet en leidt zo tot een nieuw elektrisch signaal (impuls) in het sensorisch neuron.

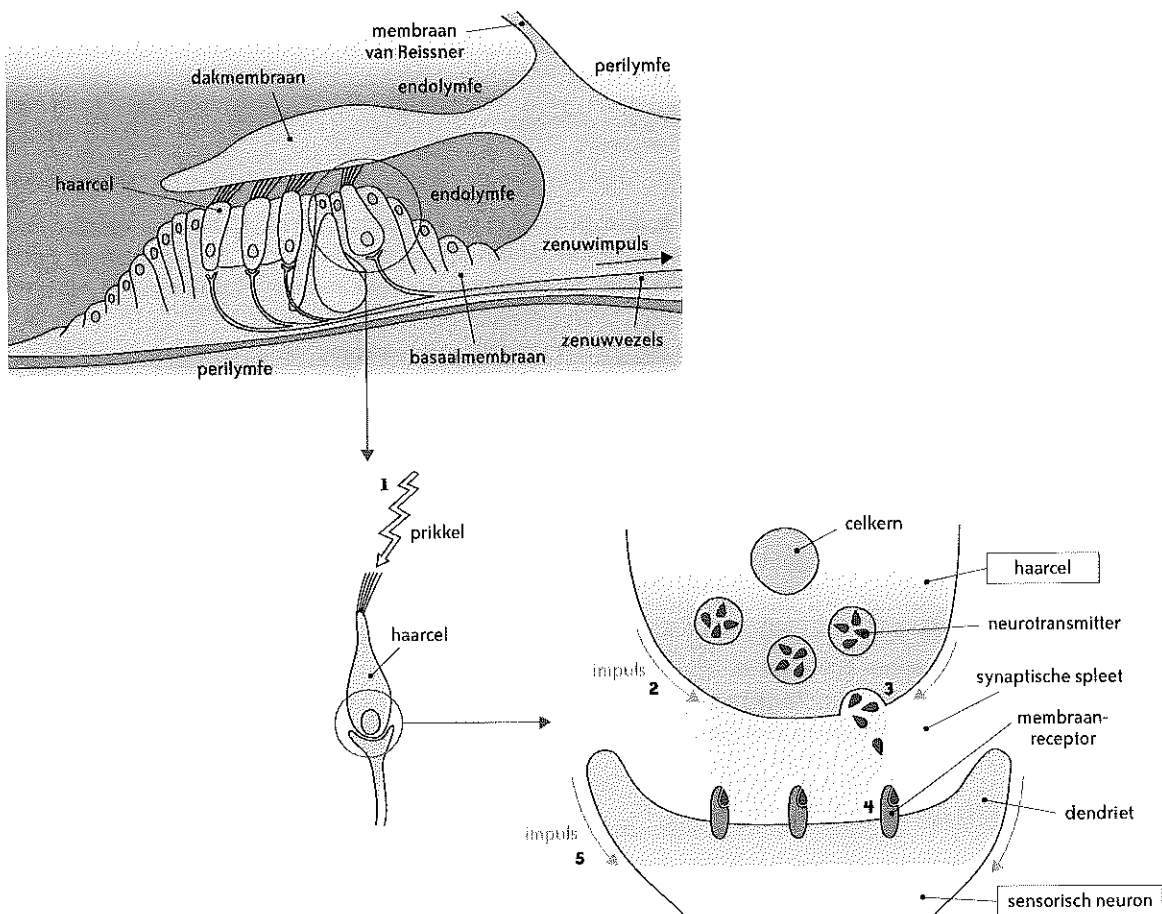


Fig. 6.23 Impulsoverdracht tussen een haarcel in het basaalmembraan van het slakkenhuis en een dendriet van het aansluitend sensorisch neuron

4.5 Impulsoverdracht van motorisch neuron naar spier

Je weet al dat een motorisch neuron altijd impulsen geleidt naar een effector, meestal een spier. De synaps die gevormd wordt tussen het axon van een motorisch neuron en de aansluitende spiervezel wordt een **motorische eindplaat** genoemd.

In de synaps wordt neurotransmitter vrijgegeven en gebeurt ongeveer hetzelfde als bij een synaps tussen 2 neuronen. **Neurotransmitter** bindt op een membraanreceptor; kanalen gaan open en er ontstaat een **ladingsverandering** langs het celmembraan van de spiervezel.

Dit elektrisch signaal wordt door de spiervezel beantwoord met een **spiercontractie**.

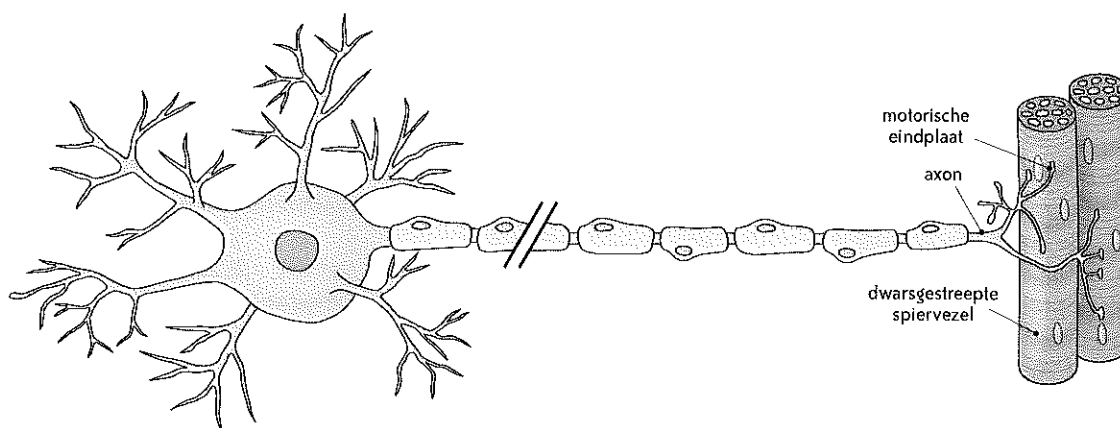


Fig. 6.24 Een motorisch neuron staat via motorische eindplaten in contact met meerdere spiervezels.



OPDRACHT 19

Wie heeft gelijk? Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

Jan zegt: 'Een motorische eindplaat is het eindknopje van een motorisch neuron.'
Els beweert: 'Elke spiervezel wordt door een ander motorisch neuron geactiveerd.'

- a Jan
- b Els
- c allebei
- d geen van beiden

d

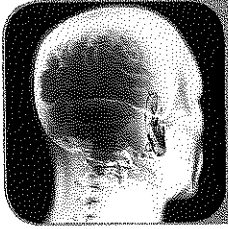


OPDRACHT 20

Plaats de letter van de juiste stelling in het vakje.

- a Eén motorisch neuron stuurt impulsen naar meer dan één spiervezel.
- b Eén motorisch neuron stuurt impulsen naar één spiervezel.
- c Eén motorisch neuron stuurt impulsen naar meer dan één dendriet.
- d Eén motorisch neuron stuurt impulsen naar één dendriet.

a



5

Centraal en perifeer zenuwstelsel

5.1 Bouw van het centraal zenuwstelsel

Zoals je al weet, bestaat het centraal zenuwstelsel uit de **hersenen** en het **ruggenmerg**. In wat volgt bespreken we de bouw van deze twee delen.

5.1.1 Bouw van de hersenen

Onze hersenen liggen beschermd in de **hersenschedel** en hebben een massa van 1300-1400 g. Het zijn **weke organen** met een bleekroze kleur. De hersenen zijn niet alleen beschermd door de schedel, maar ook door de **hersenvliezen**.

Als je menselijke hersenen uitwendig bekijkt, zie je alleen de **grote hersenen**, de **kleine hersenen** en de **hersenstam**. Andere onderdelen, zoals de **hersenkam**, de **tussenhersenen**, de **hersenholten**, de **grijze** en de **witte stof** worden pas zichtbaar wanneer je de hersenen doorsnijdt.

We bespreken de bouw en ligging van de verschillende hersenonderdelen.

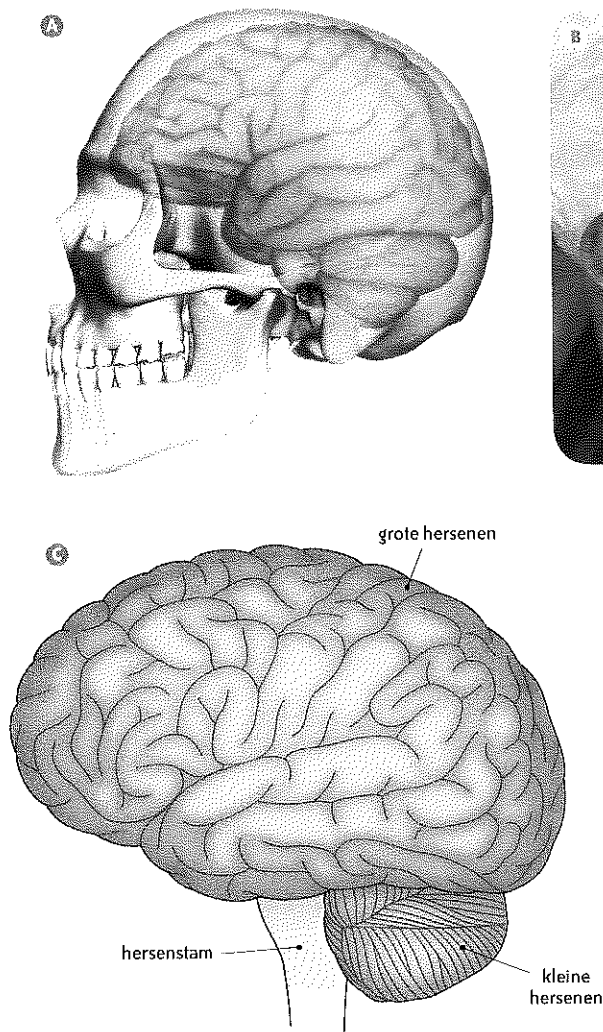


Fig. 6.25

A De hersenschedel beschermt de hersenen.

B Menselijke hersenen

C Zij aanzicht van de hersenen

- **Grote hersenen**

Opvallend aan de buitenkant van de grote hersenen zijn de **windingen en groeven** die het oppervlak sterk vergroten. Zo is er een diepe **overlangse groef** die de grote hersenen in een linker- en een rechterhelft, de zogenaamde **hemisferen**, verdeelt.

Twee andere opvallende groeven zijn de **groef van Rolando** en de **groef van Sylvius**.

De groeven verdelen elke hersenhelft in **vier lobben**. Het deel van de hersenhelft dat voor de groef van Rolando ligt, is de **voorhoofdslob of frontale lob**. Het deel net achter die groef is de **wandlob**. Onder de groef van Sylvius situeert zich de **slaaplob**. Voorbij de wandlob en de slaaplob vind je de **achterhoofdslob**.

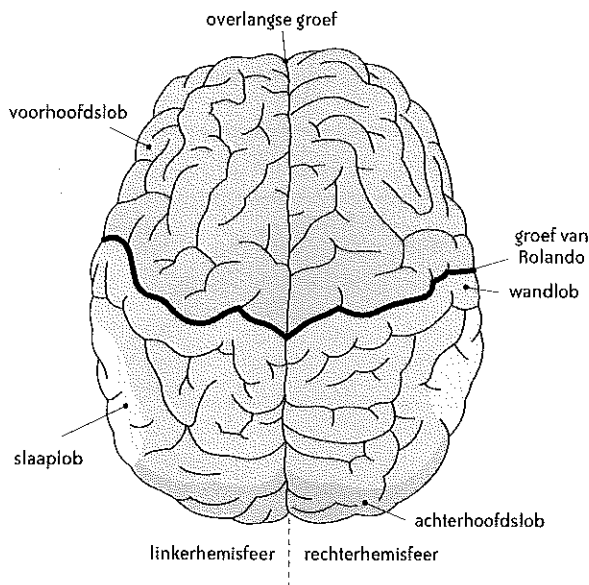


Fig. 6.26 Boven-aanzicht van de grote hersenen

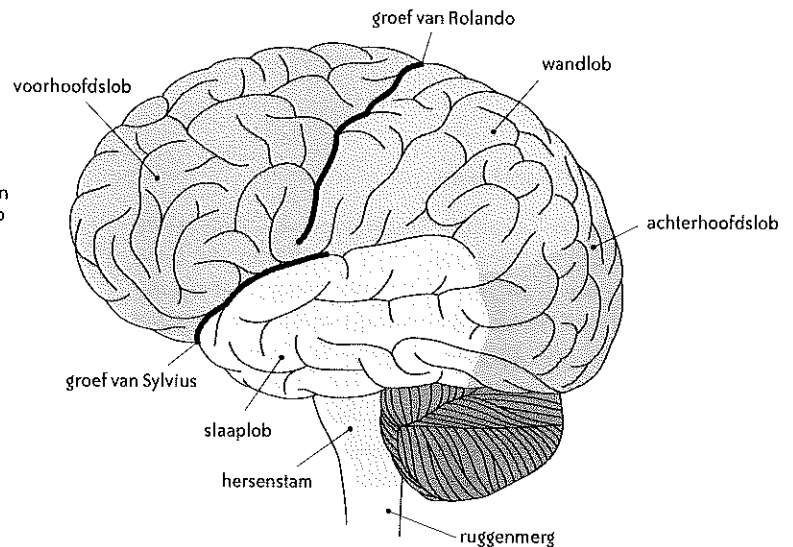


Fig. 6.27 Zij-aanzicht van de linkerhemisfeer met situering van de vier lobben

- **Hersenbalk**

Fig. 6.28 stelt een overlangse doorsnede van de hersenen voor, precies in de overlangse groef. Je ziet dat de windingen en groeven van het hersenoppervlak aan de binnenkant van de overlangse groef doorlopen. Aan de basis van de overlangse groef ligt de **hersenbalk**, een strook die de linker- en de rechterhemisfeer met elkaar verbindt.

- **Tussenhersenen**

Op een overlangse doorsnede van de hersenen, krijg je ook een zicht op de tussenhersenen. Ze bevinden zich tussen de grote hersenen en de hersenstam. De tussenhersenen bestaan uit de **thalamus** en de **hypothalamus**.

Onderaan de hypothalamus bevindt zich het hersenaanhangsel: de **hypofyse**. Dat is een hormoonklier die nauw samenwerkt met de hypothalamus (zie thema 8).

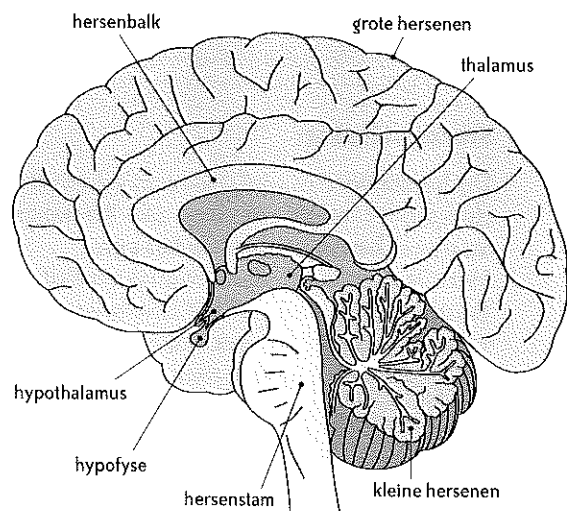


Fig. 6.28 Overlangse doorsnede van de hersenen met aanduiding van de hersenbalk en de tussenhersenen

- **Hersenstam**

De hersenstam bevindt zich tussen de tussenhersenen en het ruggenmerg. Van boven naar onder is de hersenstam samengesteld uit de **middenhersenen**, de **brug van Varol** en het **verlengde merg**, dat de overgang naar het ruggenmerg vormt.

Aan de hersenstam ontspringen 12 paar hersenzenuwen (zie 5.2.1).

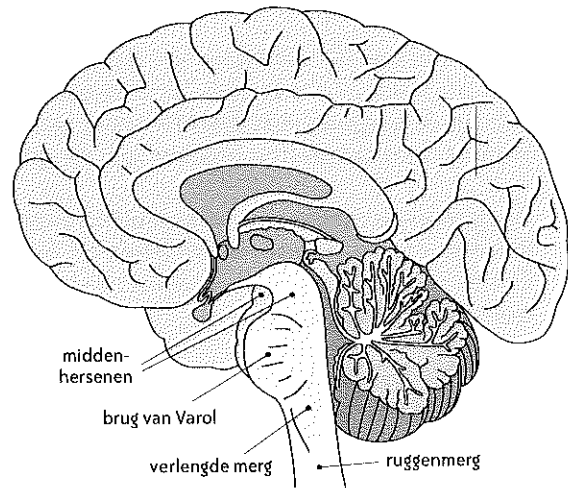


Fig. 6.29 Overlangse doorsnede van de hersenen met aanduiding van de delen van de hersenstam

- **Kleine hersenen**

De kleine hersenen liggen aan de achterzijde van de hersenstam, ter hoogte van de brug van Varol en het verlengde merg. Het oppervlak van de kleine hersenen vertoont een groot aantal min of meer evenwijdig lopende groeven. De kleine hersenen zijn door een overlangse groef verdeeld in **twee hemisferen** die met elkaar **verbonden** zijn **door de brug van Varol**.

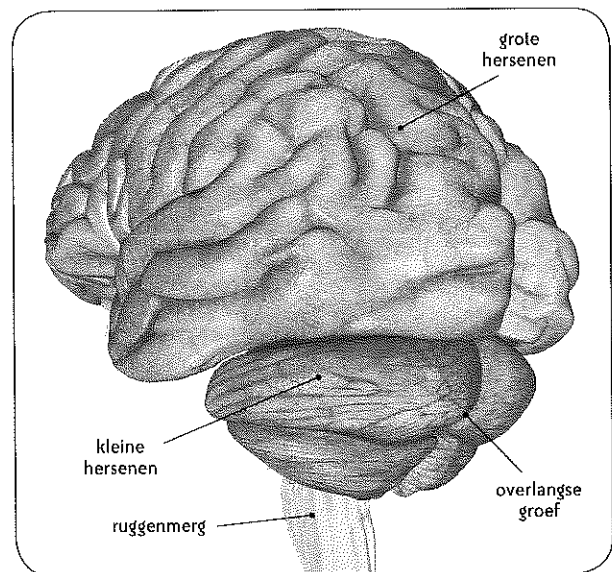


Fig. 6.30 Achteraanzicht van de grote en kleine hersenen

- **Hersenvliezen**

De hersenen zijn niet alleen beschermd door de schedel, maar ook door drie **hersenvliezen** met **hersenvocht ertussen**.

Het vlies dat tegen de hersenen aanligt, is rijk doorbloed en voorziet het zenuwweefsel van **voedingsstoffen en zuurstofgas**. Het buitenste vlies is verbonden met de schedel.

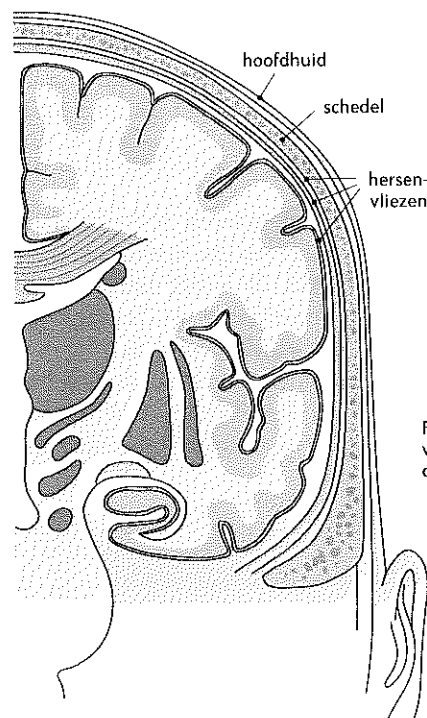


Fig. 6.31 Beschermdelen van de hersenen: de schedel en drie hersenvliezen

• Hersenholten (ventrikels)

De hersenen zijn binnenin niet massief, maar bevatten 4 holten: de **hersenholten** of **ventrikels**, die met elkaar in verbinding staan. Op een overlangse doorsnede kan je alleen het derde en vierde ventrikel zien. Het eerste en tweede ventrikel liggen zijdelings van het middenvlak en zijn zichtbaar op een frontale doorsnede.

De wand van de ventrikels is rijk aan bloedvaten. Dat **vaatrijk weefsel** geeft helder weefselvocht af: het **hersenvocht**, waarmee de ventrikels gevuld zijn. Het hersenvocht in de ventrikels vormt één geheel met het hersenvocht tussen de hersenvliezen.

Dat geheel van hersenvocht vertoont een trage stroming, waarbij er een evenwicht is tussen productie en heropname ervan in het bloed.

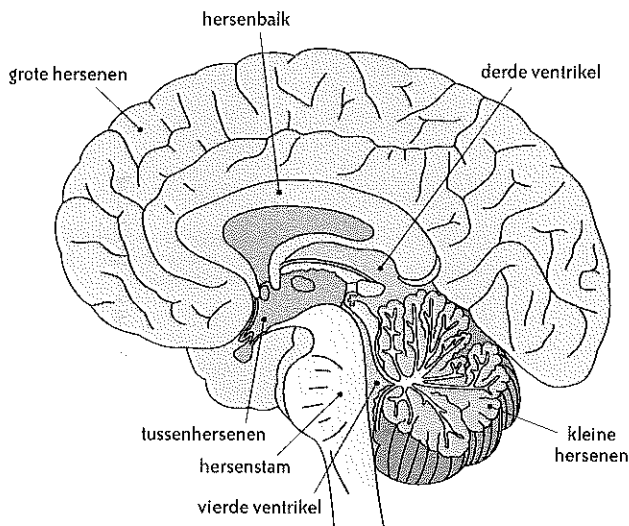


Fig. 6.32 Overlangse doorsnede van de hersenen met aanduiding van het derde en vierde ventrikel

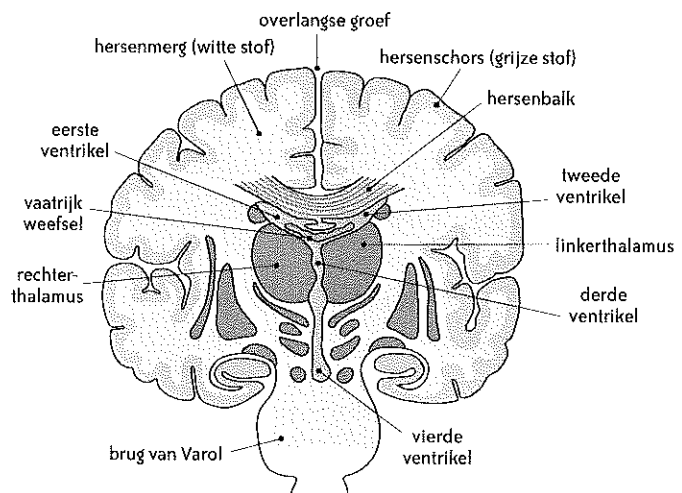


Fig. 6.33 Frontale doorsnede van de hersenen met aanduiding van het eerste en tweede ventrikel, hersenschors (grijze stof) en hersenmerg (witte stof)

De functies van het hersenvocht zijn:

- **schokken opvangen.** De hersenen drijven als het ware in het hersenvocht en ondervinden daardoor veel minder hinder van de zwaartekracht of plotse versnellingen.
- **zorgen voor een stabiel extracellulair milieu voor de neuronen.** Daartoe wordt de samenstelling van het hersenvocht binnen nauwe grenzen stabiel gehouden.
- **de inwendige druk in de hersenen constant houden.** Zowel een te hoge als een te lage druk zijn schadelijk voor het hersenweefsel.

• Grijze en witte stof in de hersenen

Op een frontale doorsnede van de hersenen (Fig. 6.33) vind je **grijze en witte stof** terug.

De buitenste laag, zowel van de grote als van de kleine hersenen, bestaat uit grijze stof en noemen we de **herschors**. Onder de hersenschors ligt het **hersenmerg**, dat uit witte stof bestaat. Zo is de thalamus, naast nog andere grijze zones, een gebied van grijze stof binnen het hersenmerg.



Te veel hersenvocht: waterhoofd

Een waterhoofd wordt veroorzaakt door een **overmatige hoeveelheid hersenvocht**. Normaal gesproken wordt hersenvocht in een constant tempo gevormd en vervolgens weer naar het bloed afgevoerd. Daarbij blijft de totale hoeveelheid hersenvocht steeds ongeveer 150 ml. Bij een waterhoofd is deze hoeveelheid veel groter, meestal omdat de **afvoer van hersenvocht gestoord** is.

Het volume hersenvocht moet perfect geregeld worden om de juiste druk in de hersenen te bewaren. Als de vloeistof niet kan afvloeien, stijgt de druk in de hersenen. Daardoor worden de **ventrikels vergroot** en het **hersenweefsel samengedrukt**. Er ontstaat dan een waterhoofd. Dat kan ernstige geestelijke en/of lichamelijke ontwikkelingsachterstand veroorzaken.

Een **operatie** is de aangewezen **behandeling** om het teveel aan hersenvocht te verwijderen. Via het inbrengen van een dun, flexibel buisje met een eenrichtingsklep, kan hersenvocht vanuit de ventrikels worden afgevoerd naar de buikholte. Soms wordt de vloeistof ook opgevangen in een zakje buiten het lichaam.

5.1.2 Bouw van het ruggenmerg

Het verlengde merg van de hersenstam gaat zonder duidelijke begrenzing over in het ruggenmerg. Dat is een **buisvormige streng**, gelegen in het **wervelkanaal**. Dat kanaal ontstaat doordat de **wervelgaten** van de op elkaar gelegen wervels een tunnel vormen. Het ruggenmerg is dus beschermd door de **wervelkolom**.

Tussen de wervellichamen liggen **kraakbenige tussenwervelschijven**. Ze maken de beweeglijkheid van de wervelkolom mogelijk en dienen als schokdemper voor de verschillende wervels tijdens de beweging.

Tussen opeenvolgende wervels is aan beide kanten een opening, het **tussenwervelgat**. Doorheen de tussenwervelgaten treden de ruggenmergzenuwen, die links en rechts van het ruggenmerg ontspringen, uit het wervelkanaal.

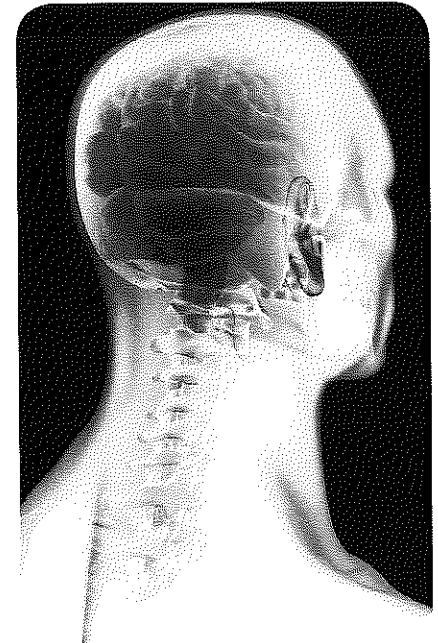


Fig. 6.34 Schedel en wervelkolom beschermen respectievelijk hersenen en ruggenmerg

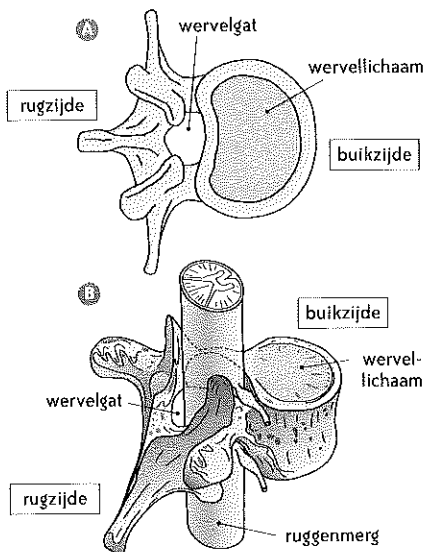


Fig. 6.35 Wervel
A Boven-aanzicht
B Zijaanzicht

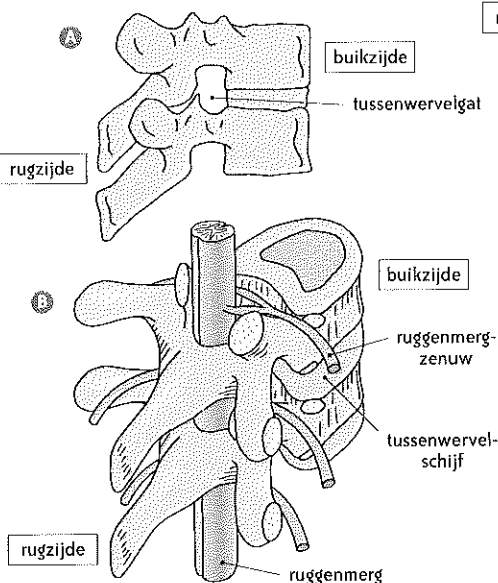


Fig. 6.36
A Zijaanzicht van twee op elkaar volgende wervels. Tussen op elkaar volgende wervels is er zowel links als rechts een tussenwervelgat.
B Twee wervels met ruggenmerg in het wervelkanaal. Aan het ruggenmerg ontspringen ruggenmergzenuwen.

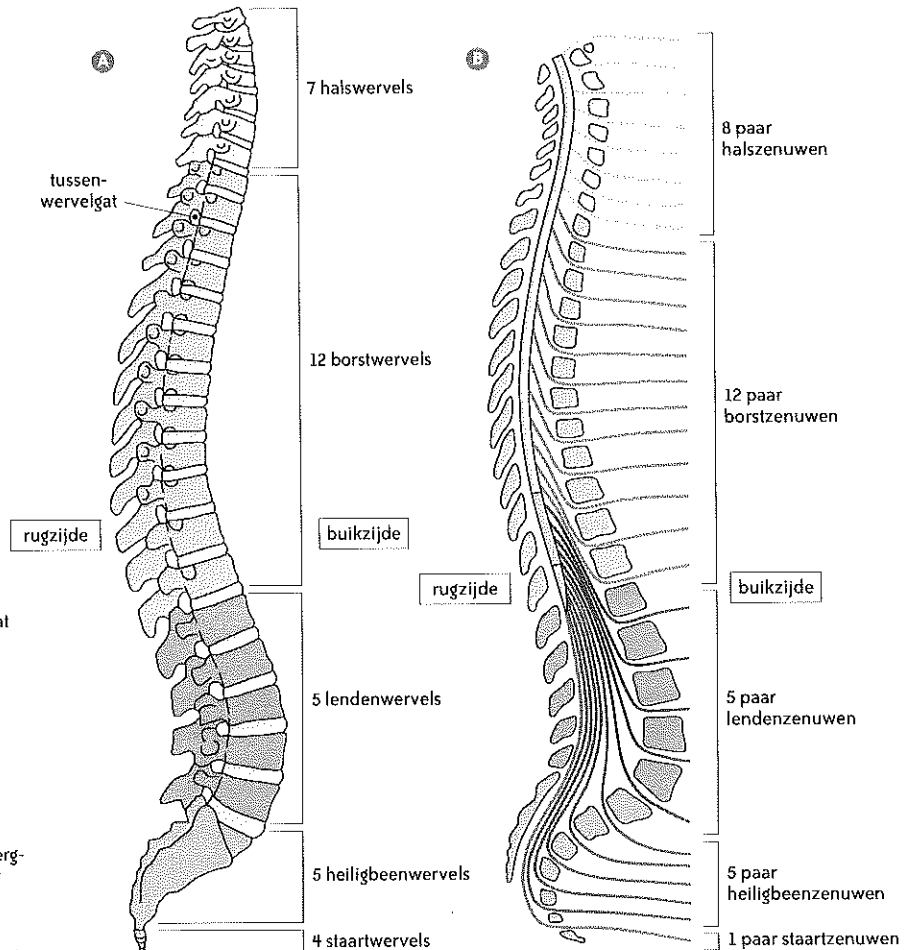


Fig. 6.37
A Zijaanzicht van de wervelkolom
B Zijaanzicht van een overlangse doorsnede van de wervelkolom met ruggenmerg en ruggenmergzenuwen. Het ruggenmerg vult het wervelkanaal slechts gedeeltelijk; ter hoogte van de lendenwervels is het wervelkanaal gevuld met een bundel van ruggenmergzenuwen.

Op een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg zie je dat het ruggenmerg uit **grijze stof** bestaat, omgeven door **witte stof**. De grijze stof vormt een vlindervormige figuur met vier opvallende uitlopers of hoornen: **twee dorsale hoornen** (dorsaal = aan de rugzijde gelegen) en **twee ventrale hoornen** (ventraal = aan de buikzijde gelegen).

In het midden van de grijze stof loopt het ruggenmergkanaal, dat met **ruggenmergvocht** gevuld is. Het ruggenmergvocht en het hersenvocht in de ventrikels vormen één doorlopend geheel.

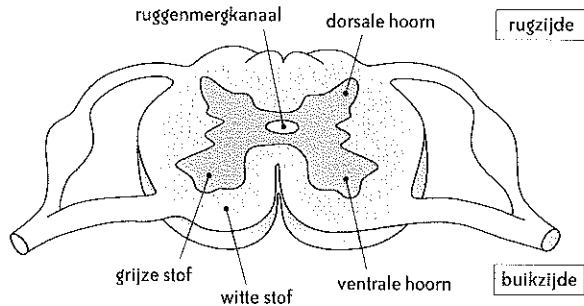


Fig. 6.38 Doorsnede van het ruggenmerg

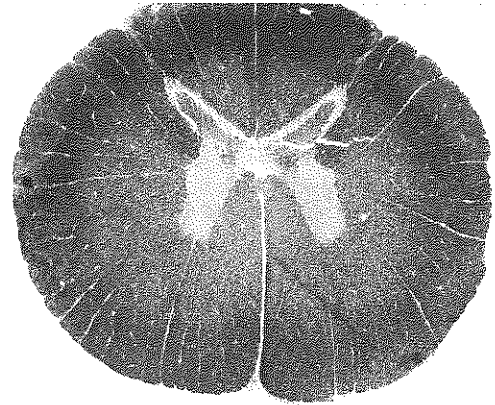


Fig. 6.39 Gekleurde microfoto van het ruggenmerg

Naast de wervels zorgen ook drie **ruggenmergvliezen**, die een voortzetting zijn van de hersenvliezen, voor **bescherming** van het ruggenmerg.

Het vocht tussen de vliezen dempt plotselinge schokken. Ook hier voorziet het binnenste vlies, dat rijk doorbloed is, het zenuwweefsel van **voedingsstoffen** en **zuurstofgas**.

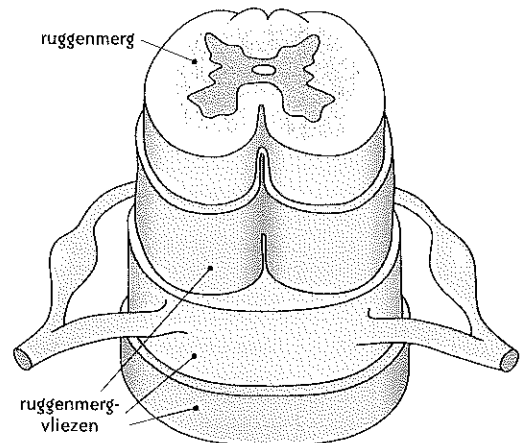


Fig. 6.40 Drie ruggenmergvliezen beschermen het ruggenmerg.

Meningitis of ontsteking van de hersen- en ruggenmergvliezen



Meningitis, een ontsteking van de beschermende vliezen rond de hersenen en het ruggenmerg, ontstaat meestal door een **bacteriële** of een **virale infectie**. De infectie is dikwijls het gevolg van een hoofdwonde of een operatie aan hersenen of ruggenmerg, waarbij het letsel geïnfecteerd wordt. Bacteriën kunnen ook afkomstig zijn uit de neus of andere luchtwegen.

Meningitis komt het meest voor bij **kinderen** van vier weken tot twee jaar oud. Kleine epidemieën van meningitis kunnen voorkomen in een omgeving waar relatief veel mensen dicht opeenvolgend verblijven, zoals scholen.

Koorts, hoofdpijn, een stijve nek en braken zijn de belangrijkste vroege symptomen.

Bacteriële meningitis is een zeer ernstige aandoening die met **antibiotica** kan worden behandeld. Virale meningitis komt het meest voor, is minder ernstig en kan niet worden behandeld met antibiotica, maar dient spontaan te genezen.



OPDRACHT 21

In de tweede kolom vind je een aantal omschrijvingen van begrippen uit de vierde kolom. Vorm de juiste cijfer-lettercombinaties.

1	verlaat het centraal zenuwstelsel langs het tussenwervelgat	A	brug van Varol
2	overgangszone tussen de hersenen en het ruggenmerg	B	hersenschemel
3	het geheel van cellichamen en uitlopers zonder myelineschede	C	hersenschemel
4	bestaat uit middenhersenen, brug van Varol en het verlengde merg	D	ventrikels
5	maakt beweging van de wervelkolom mogelijk en dient als schokdemper	E	hersenschors
6	hersenaanhangsel dat een endocriene klier is	F	hersenschemel
7	in de hersenen gelegen holten, gevuld met hersenvocht	G	hersenvliezen
8	verbindt beide helften van de grote hersenen	H	hypofyse
9	vloeistof die een doorlopend geheel vormt met de inhoud van de ventrikels	I	verlengde merg
10	grijze stof in de hersenen	J	grijze stof
11	beschermen de hersenen aan de buitenkant	K	tussenwervelschijf
12	hierin ligt het ruggenmerg	L	wervelkanaal
13	witte stof in de hersenen	M	ruggenmergzenuw
14	twee uitlopers van de grijze stof aan de buikzijde van het ruggenmerg	N	ruggenmergvocht
15	verbindt beide helften van de kleine hersenen	O	ventrale hoornen
16	geeft hersenvocht af aan de ventrikels	R	meningitis
17	ontsteking van hersen- en ruggenmergvliezen	P	dorsale hoornen
18	twee uitlopers van de grijze stof aan de rugzijde van het ruggenmerg	Q	vaatrijk weefsel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
M	I	J	F	K	H	D	B	N	E	G	L	C	O	A	R	P	Q



OPDRACHT 22

Patiëntjes met een waterhoofd produceren een overmatige hoeveelheid hersenvocht. Aan welke functie kan het hersenvocht zeker niet meer beantwoorden, met als gevolg dat het hersenweefsel wordt samengedrukt?

De inwendige druk in de hersenen constant houden.

5.2 Bouw van het perifere zenuwstelsel

Zoals je al weet, bestaat het perifere zenuwstelsel uit een netwerk van zenuwen dat de hersenen en het ruggenmerg met de rest van het lichaam verbindt. Tot dat netwerk behoren de **hersenzenuwen**, de **ruggenmergzenuwen** en de **grenstrengen** met zenuwen van en naar inwendige organen.

5.2.1 Hersenzenuwen

Uit de hersenstam ontspringen 12 paar hersenzenuwen, waarvan de meeste in verbinding staan met de **zintuigen** en de **spieren van het hoofd**. Een belangrijke uitzondering is de **zwervende zenuw** (hersenzenuw X of *nervus vagus*), die verbonden is met **organen in de romp**, zoals het hart, de longen en de darmen. De zwervende zenuw regelt automatisch de hartslag, de ademhaling en de spijsvertering.

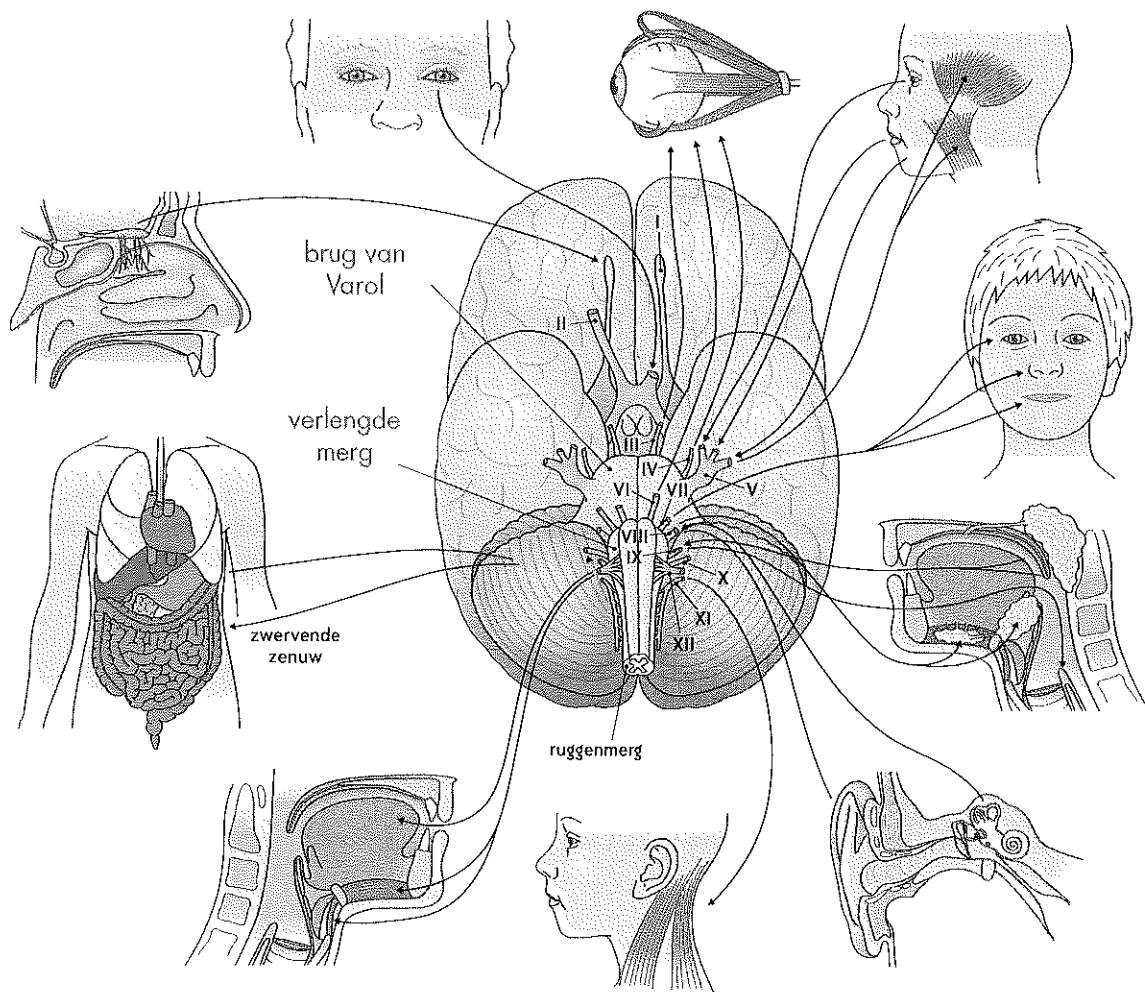


Fig. 6.41 De hersenzenuwen worden aangeduid met Romeinse cijfers. Galenus, een Romeinse arts, was de eerste die er een aantal ontdekte. Hij bouwde een systeem op, dat wij nu nog gebruiken, door de hersenzenuwen te nummeren. De pijlen duiden de verbindingen aan tussen de hersenen en receptoren of effectoren.



OPDRACHT 23

Noteer op Fig. 6.41 de naam van de aangeduide onderdelen van de hersenstam, waaruit hersenzenuwen vertrekken.

5.2.2 Ruggermergzenuwen

Vanuit het ruggenmerg vertrekken 31 paar ruggenmergzenuwen. Elke ruggenmergzenuw begint in de dorsale en ventrale hoorn als respectievelijk **dorsale en ventrale wortel**. Die komen dan samen en vormen één dikke **ruggenmergzenuw**.

Verderop vertakt elke ruggenmergzenuw zich tot fijnere zenuwen die tot de verste uithoeken van ons lichaam reiken.

De dorsale wortels vertonen een verdikking: de **ruggenmergzenuwknoop** of het **spinaal ganglion**. Een **ganglion** of **zenuwknoop** is een opeenhoping van cellichamen van neuronen.

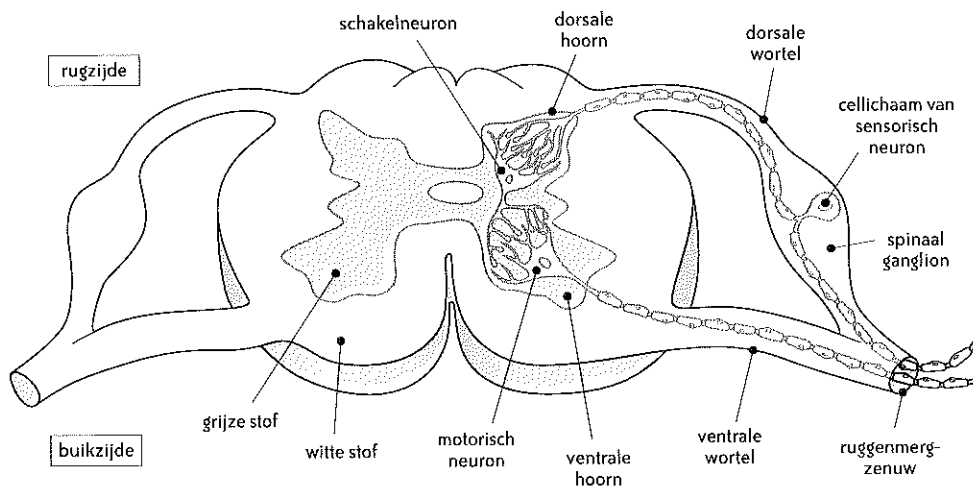


Fig. 6.42 Doorsnede van het ruggenmerg met aansluiting van twee ruggenmergzenuwen

5.2.3 Grensstrengen

Aan weerszijden van de wervelkolom loopt er een streng van onderling verbonden zenuwknoepen. Die twee strengen zijn de **grensstrengen**. De zenuwknoepen noemen we **grensstrengganglia**. De grensstrengen staan in verbinding met het ruggenmerg. Vanuit de grensstrengganglia vertrekken zenuwen naar de **inwendige organen**.

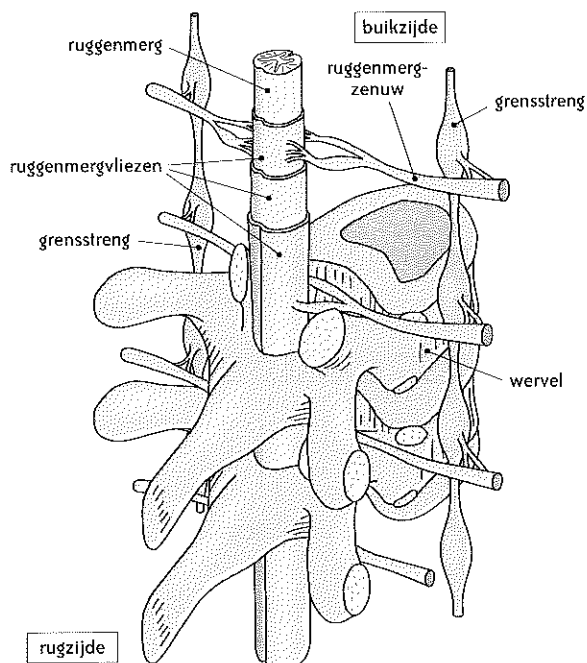


Fig. 6.43 Ligging van het ruggenmerg en de grensstrengen ten opzichte van de wervelkolom

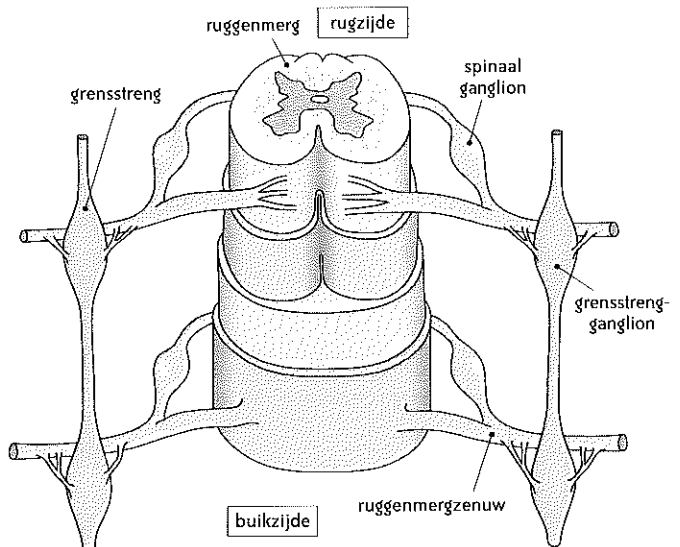


Fig. 6.44 Vooraanzicht van de verbinding van de grensstreng met de ruggenmergzenuwen



Discus hernia of hernia van de tussenwervelschijf

De wervels zijn door kraakbenige tussenwervelschijven van elkaar gescheiden. Een **tussenwervelschijf** of **discus** laat bewegingen tussen de wervels onderling toe en vangt ook schokken op bij het stappen, lopen of springen.

Elke tussenwervelschijf heeft een sterke **buitenring** die een zachtere binnenlaag of **kern** vasthoudt. De kern bestaat voor een groot deel uit water dat wordt opgenomen uit de omliggende weefsels. 's Nachts zuigt deze kern zich vol water en overdag wordt dit water er door de zwaartekracht opnieuw uitgeperst. We zijn daarom 's morgens ook iets langer dan 's avonds.

Bij een **letsel aan de tussenwervelschijf** kan de buitenring scheuren en de kern van de schijf doorheen de buitenring naar buiten puilen. We spreken van een **hernia van de tussenwervelschijf**. (*Hernia* is het Latijnse woord voor breuk; zo spreekt men ook bij een liesbreuk van een hernia.)

Het **uitpuilende deel kan de ruggenmergzenuw samendrukken en irriteren**. Als dat bijvoorbeeld een ruggenmergzenuw is die naar je rechterbeen loopt, dan kun je niet alleen pijn voelen in je rug maar ook tintelingen en pijn in je rechterbeen en -voet. We spreken van **uitstralende pijn**. Hevige zenuwpijn uitstralend in het been wordt **ischias** genoemd.

Factoren die het risico op het ontstaan van een discus hernia verhogen:

- de **levensstijl**, zoals nicotinevergiftiging door overdadig roken, gebrek aan regelmatige lichaamsbeweging en slechte voeding.
- de **leeftijd**, want met de loop der jaren verandert de samenstelling van de tussenwervelschijf; de kern wordt minder soepel en hij verdroogt (we krimpen). Ook de buitenring wordt minder elastisch, waardoor er gemakkelijker scheurtjes optreden.
- een **ongeval**.
- **eenzijdige overbelasting** van de wervelkolom door het optillen of dragen van grote lasten in een slechte houding.

De belangrijkste factor is het **heffen van lasten**, want bij het onjuist heffen kan de druk binnenin de kern van de tussenwervelschijf tot meerdere honderden kilo's per cm² verhogen!

Wanneer de herniaklachten zich beperken tot rugpijn, is **rusten** de meest aangewezen behandeling. Bij sommige mensen trekt de zachte kern van de tussenwervelschijf zich dan vanzelf weer terug, en kan de tussenwervelschijf helen. Kenmerkend voor kraakbeenweefsel is dat het **niet doorbloed** is. Dat heeft als voordeel dat kraakbeen krachten kan opvangen zonder dat er bloedingen optreden. Het nadeel is dat de aanvoer van voedingsstoffen voor het onderhoud van het kraakbeenweefsel traag verloopt. De voedingsstoffen moeten immers langzaam aan naar het weefsel doorsijpelen. Vandaar ook dat de kraakbenige tussenwervelschijven slechts langzaam herstellen.

Pas bij uitstraling en langdurige pijn grijpt men meestal **operatief** in. Hierbij wordt het zachte binnenste van de tussenwervelschijf verwijderd, waardoor de uitstulping verdwijnt en daarmee ook de druk op de zenuw. Deze behandeling heeft een veel sneller herstel tot gevolg, maar is ingrijpender voor de patiënt.

Zelfs na het herstel van de scheurtjes of na een operatie blijft die tussenwervelschijf een zwakke plek. Activiteiten en sportbeoefening worden best aangepast aan deze situatie.

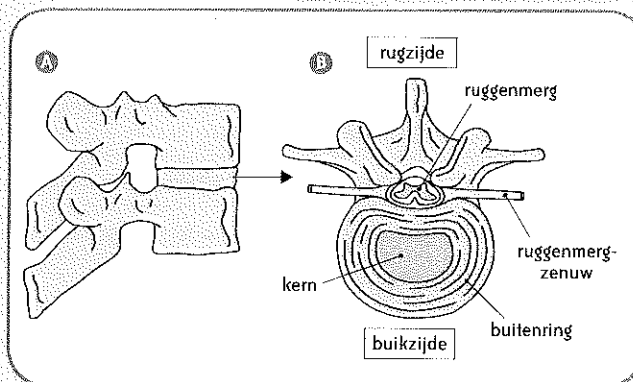


Fig. 6.45

A Zij aanzicht van een tussenwervelschijf tussen twee wervels
B Boven aanzicht van een wervel en een normale tussenwervelschijf. Vooral de kern zorgt voor een schokbrekend effect.

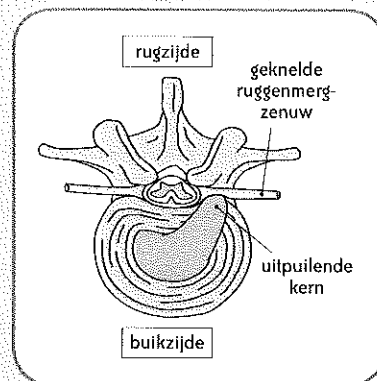


Fig. 6.46 Geknelde ruggenmergzenuw door uitpuilende kern van de tussenwervelschijf



OPDRACHT 24

In de tweede kolom vind je een aantal omschrijvingen van begrippen uit de vierde kolom. Vorm de juiste cijfer-lettercombinaties.

1	opeenhoping van cellichamen	A	grensstreng
2	uitpuilende tussenwervelschijf	B	discus hernia
3	hersenzenuw die verbonden is met organen in de romp, zoals het hart	C	ventrale wortel
4	deel van een ruggenmergzenuw ter hoogte van de ventrale hoorn	D	zwervende zenuw
5	verdikking van de dorsale wortel	E	spinaal ganglion
6	streng van onderling verbonden zenuwknopen	F	zenuwknop

1	2	3	4	5	6
F	B	D	C	E	A



OPDRACHT 25

- a Veel mensen hebben rugklachten als gevolg van een verkeerde lichaamshouding. Vaak komt dat door een verkeerd gebruik van de wervelkolom en de spieren die daaraan vastzitten. Door die spieren voortdurend verkeerd te gebruiken, kan de vorm van de wervelkolom veranderen. Welke slijtage wordt door deze vormverandering versneld?

de slijtage van de tussenwervelschijven

- b De volgende drie figuren illustreren veel voorkomende foutieve lichaamshoudingen. Noteer bij elke figuur enkele tips om tot een betere lichaamshouding te komen.

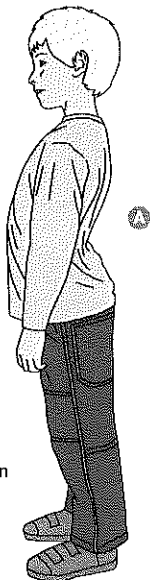
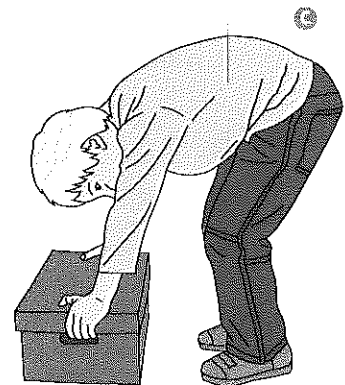
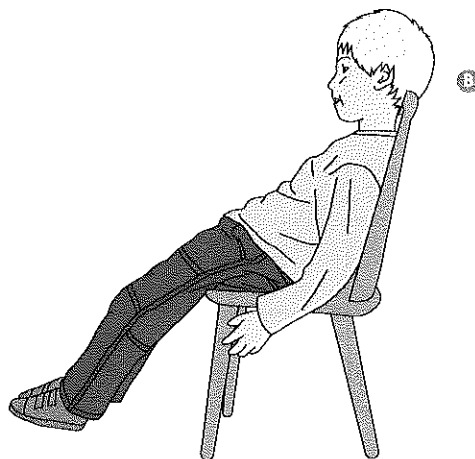


Fig. 6.47 Slechte lichaamshoudingen



A Verdeel je gewicht over beide voeten.

Houd je hoofd en nek recht boven

je romp.

Vermijd een holle rug.

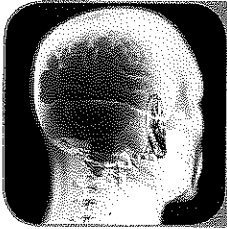
B Zit achteraan op de stoel.

Zit met de onderrug tegen de leuning

van de stoel.

C Als je lasten tilt, doe je dat met

gebogen benen.



6

Informatieverwerking in de hersenen

6.1 Hersencentra

Op de meeste prikkels reageren we pas na verwerking van de informatie in de hersenen. Je weet al dat receptoren prikkels omvormen tot impulsen. Die kunnen via sensorische neuronen (en schakelneuronen) de hersenen bereiken. Afhankelijk van de plaats in je lichaam waar een prikkel wordt geregistreerd, zal een welbepaalde plaats in de hersenschors de impuls ontvangen en verwerken.

Men is erin geslaagd vrij nauwkeurig de **gebieden in de hersenschors**, waar **specifieke hersenfuncties** plaatsgrijpen, te lokaliseren. Dat heeft men kunnen vaststellen door verschillende gebieden **elektrisch te prikkelen**. Een elektrische prikkel op een welbepaalde plaats in de hersenschors lokt een specifieke reactie uit.

Een **hersen centrum (-zone of -veld)** is een bepaald hersenschorsgebied dat bestaat uit een **groep cellichamen van neuronen** die de informatie van bepaalde receptoren verwerken of de activiteiten van bepaalde effectoren regelen.

Beschadiging van een bepaalde zone in de hersenschors geeft een verstoring van de functie, die door de zone wordt uitgeoefend.

Iemand met volkomen normale ogen kan blind zijn omdat bijvoorbeeld het gezichtscentrum in de hersenen, verantwoordelijk voor het verwerken van lichtprikkel, beschadigd is.

Men kan de **hersenactiviteit onderzoeken** door veranderingen in de elektrische activiteit van de neuronen in de hersenschors gedurende een bepaalde tijd te registreren. Dat gebeurt door middel van een **elektroencefalogram**, afgekort **EEG**.

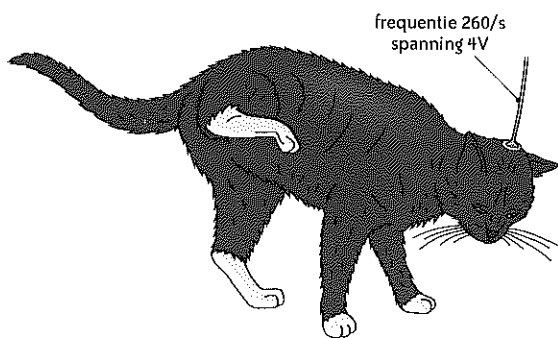


Fig. 6.48 Deze kat tilt haar rechterachterpoot op wanneer een bepaald gebied in de linkerherschors geprikkeld wordt.

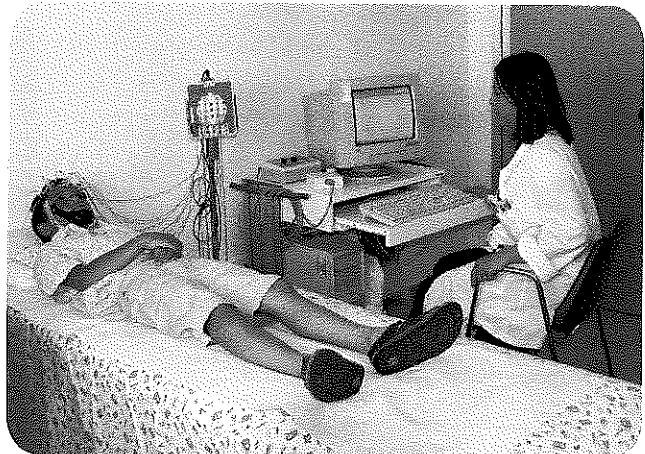


Fig. 6.49 Het nemen van een EEG: via elektroden op het hoofd wordt de elektrische activiteit van de hersenschors geregistreerd.



OPDRACHT 26

Hoe verklaar je dat iemand doof kan zijn, hoewel die persoon een normaal gevormd gehoorzintuig en gehoorzenuw heeft?

Een bepaalde zone van de hersenschors, die de impulsen moet verwerken, is beschadigd.



OPDRACHT 27

Zoek de fout in volgende zin.

Een hersencentrum is een bepaald schorsgebied dat bestaat uit een groep cellichamen van neuronen die de informatie afkomstig van welbepaalde receptoren en effectoren verwerkt.

De informatie die een hersencentrum verwerkt, kan alleen afkomstig zijn van receptoren.

Hersencentra kunnen wel de activiteit van effectoren regelen.

6.2 Centra in de grote hersenen

Het is hier niet de bedoeling een opsomming te geven van alle hersencentra, noch hun ligging en functies in detail te bespreken. Wel willen we aan de hand van enkele concrete voorbeelden de rol van hersencentra voor beweging en voor zintuiglijke waarneming illustreren. Deze schorsgebieden zorgen ervoor dat we ons **bewust** zijn van wat we waarnemen en hoe we reageren.

6.2.1 Motorische centra

De schorsgebieden in de linker- en rechterhemisfeer die in de voorhoofdslob **net voor de groef van Rolando** liggen, maken **beweging** of **motoriek** mogelijk. Ze **activeren** de spieren en worden de **primaire motorische centra** genoemd.

Elektrische prikkeling van een welbepaalde plaats in het motorisch schorsgebied veroorzaakt contractie van welbepaalde spieren in de tegengestelde lichaamshelft. Als je die hersenschors iets verderop prikkelt, reageren andere spieren. Daaruit kunnen we besluiten dat elke spier met een goed gelokaliseerd punt in het **motorisch centrum** verbonden is. De neuronen die voor die verbinding instaan, zijn **motorische neuronen**.

Na talloze prikkelexperimenten (bij hersenpatiënten) is men erin geslaagd alle **deelgebieden van de motorische hersenschors** met hun specifieke spieren in kaart te brengen. Ze stellen het '**motorisch mannetje**' in de grote hersenen voor.

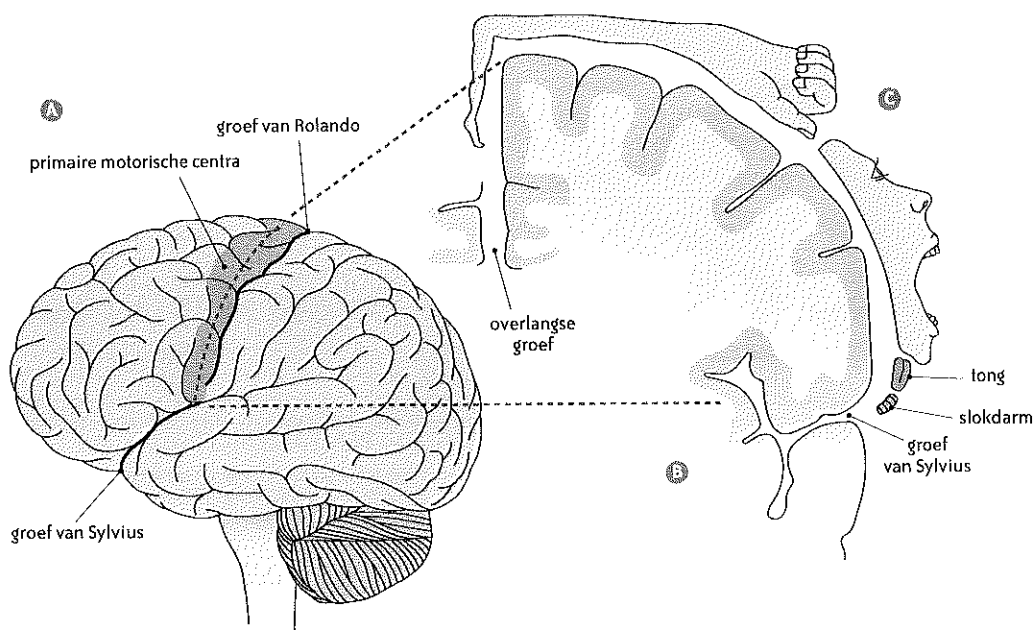


Fig. 6.50 Primaire motorische centra

A Zijaanzicht van de linkerhemisfeer met situering van de primaire motorische centra. Neuronen in deze centra geven impulsen aan de spieren van de rechterlichaamshelft.

B Frontale doorsnede van de linkerhemisfeer ter hoogte van de stippellijn in A

C Motorisch mannetje gesitueerd op de frontale doorsnede van de linkerhemisfeer

De **eigenaardige verhoudingen van het motorisch mannetje** vallen meteen op. Zo wordt de romp door een erg klein schorsgebied vertegenwoordigd, terwijl de hand en het gelaat uitzonderlijk grote centra in beslag nemen. Dat heeft alles te maken met de **mate van nauwkeurigheid** waarmee de betreffende spieren kunnen bewegen. Uit de figuur kun je afleiden dat hand- en tongspieren de grootste beweeglijkheid hebben.

De **secundaire motorische centra** bestrijken een heel groot schorsgebied in de voorhoofdslob net voor de primaire motorische centra. Ze vormen het **geheugen van onze motorische vaardigheden**. Hier wordt opgeslagen hoe we een lay-up moeten maken of hoe we piano spelen, typen en schrijven.

Voorbeelden van secundaire motorische centra zijn:

- het **motorisch spraakcentrum** of het **centrum van Broca**. Dit centrum coördineert de werking van de **spieren die betrokken zijn bij de spraak**. Opvallend is dat het spraakcentrum zich slechts in één van de twee hemisferen bevindt. Bij de meeste mensen is dat de linkerhemisfeer.
- het **schrijf- of grafisch centrum** dat de werking van de **spieren voor het schrijven** coördineert. Bij rechtshandigen ligt dat centrum in de linkerhemisfeer; bij linkshandigen in de rechterhemisfeer.

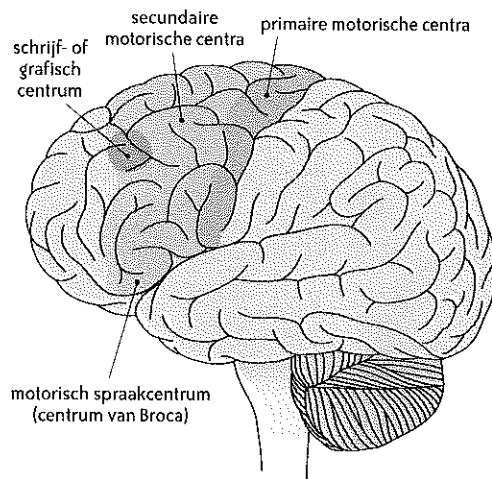


Fig. 6.51 Primaire en secundaire motorische centra van de grote hersenen

We illustreren de **samenwerking tussen primaire en secundaire motorische centra** met een voorbeeld.

Impulsen die je vingers sturen wanneer je piano speelt, ontstaan in de secundaire motorische centra. Daar ligt immers het motorisch geheugen voor onze motorische vaardigheden. Vanuit deze centra vertrekken impulsen naar de primaire motorische centra, die de impulsen doorgeven aan de vingerspieren. Deze effectoren voeren de beweging uit.



OPDRACHT 28

Leg het verschil in functie tussen primaire en secundaire motorische centra uit aan de hand van het uitvoeren van een lay-up.

- Primaire motorische centra: activeren de skeletspieren die je nodig hebt om een lay-up uit te voeren.
- Secundaire motorische centra: hier wordt opgeslagen hoe je een lay-up moet uitvoeren.

6.2.2 Sensorische centra

Nagenoeg alle schorsgebieden in de linker- en rechterhemisfeer achter de groef van Rolando en net onder de groef van Sylvius hebben te maken met **zintuiglijke gewaarwording** of **sensoriek**. De gebieden die de zintuiglijke waarneming mogelijk maken, noemen we de **primaire sensorische centra**. Zo is er een centrum voor huidgevoeligheid, een gezichtscentrum, een gehoorcentrum, een reukcentrum en een smaakcentrum.

Wordt bij een patiënt de linkerherschors achter de groef van Rolando elektrisch geprikkeld, precies achter het primair motorisch centrum van de hand, dan meent hij dat er aan zijn rechterhand wordt gekriebeld. Na nog vele andere prikkelexperimenten is men erin geslaagd de verschillende **deelgebieden van de sensorische hersenschors voor huidgevoeligheid** in kaart te brengen. Ze worden voorgesteld door het '**sensorisch mannetje**'.

Hoe gevoeliger de huid van een bepaald lichaamsdeel, hoe groter het sensorisch veld ervan. Zeer gevoelige lichaamsgebieden, zoals de vingertoppen, de lippen en de tong, zijn met zeer veel sensorische neuronen verbonden in die hersengebieden. Lichaamsdelen met een minder grote gevoeligheid, zoals de huid van de armen, de benen en de romp, hebben daar verhoudingsgewijs veel minder neuronen.

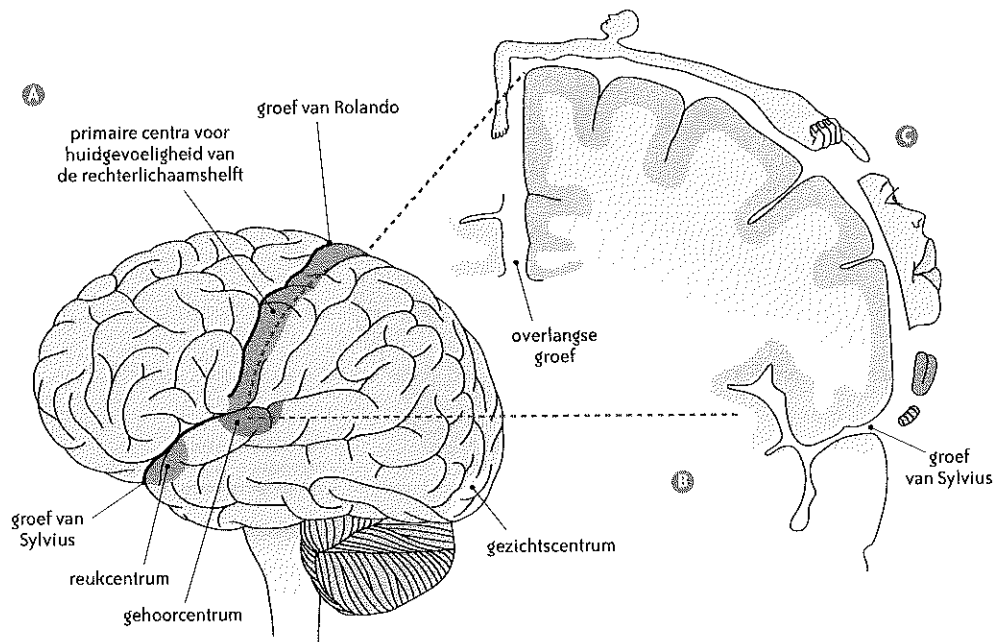


Fig. 6.52 Primaire sensorische centra in de grote hersenen

A Zijaanzicht van de linkerhemisfeer met situering van de primaire sensorische centra

B Frontale doorsnede van de linkerhemisfeer ter hoogte van de stippellijn in A

C Sensorisch mannetje gesitueerd op de frontale doorsnede van de linkerhemisfeer. De neuronen in de primaire centra voor huidgevoeligheid registreren gewaarwordingen in de huid van de rechterlichaamshelft.

Het is niet toevallig dat de primaire motorische en sensorische centra vlak naast elkaar liggen. Hun functies moeten immers zeer goed op elkaar afgestemd zijn: op een zintuiglijke gewaarwording volgt heel dikwijls een beweging. Hoe korter de neuronverbindingen tussen de verschillende hersengebieden, hoe sneller de reactie op een zintuiglijke waarneming kan volgen.

Dat je bepaalde beelden, geluiden, geuren en smaken of een bepaalde manier van aanraking kunt **herkennen**, is mogelijk door **ervaring**. Telkens je een nieuwe ervaring opdoet, wordt een nieuwe zone in de hersenschors aangelegd. Die **herinneringsgebieden** noemen we de **secundaire sensorische centra**. Ze zorgen er dus voor dat je een betekenis kunt geven aan de waarnemingen of dat je ze herkent. Ze liggen allemaal in de buurt van de overeenkomstige primaire sensorische centra.

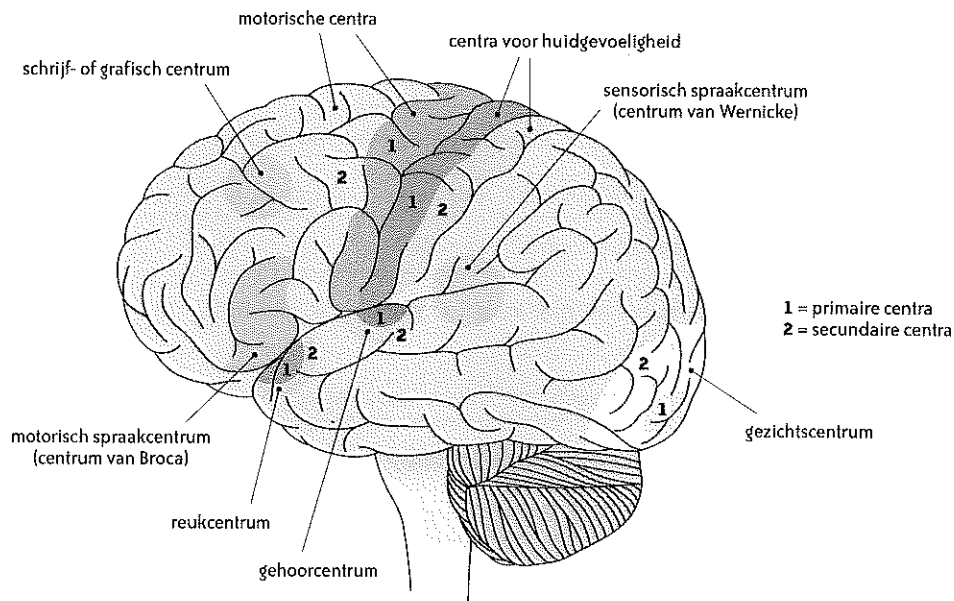


Fig. 6.53 Primaire en secundaire centra in de grote hersenen

Je weet al dat je het centrum van Broca nodig hebt voor de gecoördineerde werking van je spreekspieren (spieren van mond, keel, hals, borst en buik). In de buurt van het primaire gehoorcentrum is er ook een schorsgebied in de wandlob dat een rol speelt bij het begrijpen van wat er gezegd wordt of van wat je leest. Dat is het **sensorisch spraakcentrum** of het **centrum van Wernicke**, waar de **betekenis van de woorden** wordt opgeslagen. Bij het leren van nieuwe talen leg je naast de centra voor je moedertaal ook centra voor die andere talen aan. Net als het centrum van Broca komt het centrum van Wernicke slechts in één hemisfeer voor, meestal de linker.

Enkele voorbeelden illustreren de **samenwerking tussen de primaire en secundaire sensorische centra**:

- Dankzij de primaire sensorische gebieden voor huidgevoeligheid kun je een aanraking waarnemen. Je secundaire gebieden stellen je in staat om die aanraking fijn te vinden, of juist niet.
- Stel dat er in je broekzak naast een huissleutel ook een zakdoek, enkele euromunten en een balpen zitten. Als je er de sleutel wilt uithalen, zal je hand dankzij de primaire sensorische gebieden voor huidgevoeligheid de voorwerpen voelen. Met de secundaire velden zul je weten wat je voelt, zodat je de juiste keuze maakt. Het vastgrijpen zelf is dan weer een functie van de motorische centra.
- Dankzij het primaire gezichtscentrum kun je lichtprikkels waarnemen, maar het secundaire gezichtscentrum geeft een betekenis aan wat je ziet.



OPDRACHT 29

In de klas gaat plots je gsm af, die je in je sporttas onder je turnkledij en je sportschoenen had weggestopt. Je graait zo snel mogelijk in je sporttas en zoekt op de tast naar je gsm om hem af te zetten.

Leg het verschil in functie tussen primaire en secundaire sensorische centra uit aan de hand van het herkennen van je gsm als je hem – zonder het toestel te zien – in je hand krijgt.

- Primaire sensorische centra: zorgen ervoor dat je de gsm voelt; de tastprikkels, omgezet in impulsen, bereiken de primaire sensorische centra en je bent je bewust van de gsm.
- Secundaire sensorische centra: hier wordt de herkenning van de tastgevoelings van een gsm opgeslagen.



OPDRACHT 30

Welke verklaring heb je voor volgende vaststellingen?

- Als je op je achterhoofd valt, kun je sterretjes zien, en bij een heel erge klap zelfs blind zijn.
Het gezichtscentrum bevindt zich ter hoogte van de achterhoofdslob. Door de druk kunnen de neuronen in deze zone beschadigd worden.
- Iemand kan na een beroerte niet meer spreken, ook al kan hij de verschillende spreekspieren elk afzonderlijk bewegen.
Door de beroerte is het centrum van Broca beschadigd.
- Na een hersenbeschadiging noemt de patiënt een boek bijvoorbeeld een stoel.
Er is een beschadiging van het centrum van Wernicke.



OPDRACHT 31

Persoon A begrijpt de tekst die hij leest, maar kan hem niet uitspreken. Persoon B kan de woorden van de tekst uitspreken, maar begrijpt niet wat hij zegt. Bij beide personen is er een probleem met een spraakcentrum. Over welke spraakcentra gaat het?

Vul de zinnen aan.

Bij persoon A is er een beschadiging van het motorisch spraakcentrum of het centrum van Broca.

Bij persoon B is er een beschadiging van het sensorisch spraakcentrum of het centrum van Wernicke.

6.2.3 Overeenkomsten en verschillen tussen de twee hemisferen

Zowel in de linker- als de rechterhemisfeer komen **overeenkomstige zones** voor met **overeenkomstige functies**. Zo heb je zowel in de linker- als de rechterhersenhalft sensorische centra voor huidgevoeligheid (sensorisch mannetje). De linkerhersenhalft is evenwel verbonden met de rechterlichaamshelft en omgekeerd. Zo zal een vlieg die landt op de rechterhand geregistreerd worden in de sensorische hersenschors van de linkerhemisfeer. Als je de linkerteen wil bewegen, vertrekken er vanuit de motorische hersencentra van de rechterhemisfeer (het motorisch mannetje) impulsen naar spieren in de linkervoet.

Er zijn echter ook **verschillen in functie**. De linkerhemisfeer regelt spraak, taal en inzicht, terwijl de rechterhalft verantwoordelijk is voor ruimtelijke waarnemingen en artistieke begaafdheid.

Via de **hersenbalk** zijn de hemisferen van de grote hersenen met elkaar verbonden. Daardoor kan er informatie van de ene hersenhalft naar de andere worden doorgegeven.

6.2.4 Limbisch systeem

Het limbisch systeem is een geheel van hersengebieden die met elkaar in verbinding staan en zich situeren in het centrum van de hersenen, tussen de hersenschors en de hersenstam. De deelgebieden van het limbisch systeem liggen als een ring rond de hersenholten.

Het limbisch systeem is betrokken bij de **verwerking van emotie, motivatie, genot en het emotioneel geheugen**.

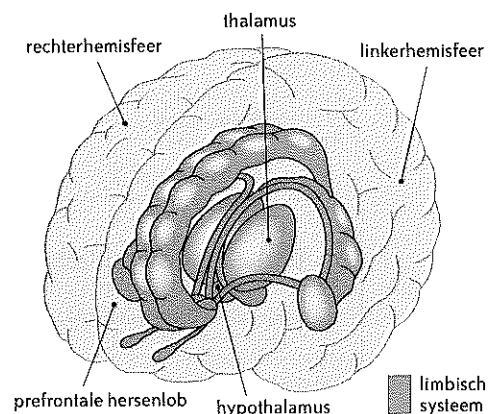


Fig. 6.54 Lokalisatie van de verschillende structuren van het limbisch systeem

6.3 Centra in andere hersendelen

- In de **kleine hersenen** bevinden zich het **evenwichtscentrum** en de **centra voor het bijsturen van bewegingen**, zodat we nauwkeuriger kunnen bewegen. Een storing in deze centra kan leiden tot een dronkemansgang.
- **Centra in de thalamus** vormen met behulp van schakelneuronen het **schakelstation** tussen de meeste sensorische neuronen en de grote hersenen. De impulsen, die ontstaan na prikkeling van receptoren, worden namelijk langs de thalamus naar de juiste sensorische velden in de grote hersenen geleid. De thalamus gaat daarbij **selectief** te werk: bepaalde impulsen (informatie) krijgen voorrang op andere. Op die manier verhindert de thalamus dat de grote hersenen overstelpt worden met zintuiglijke informatie. Nu begrijp je wellicht beter hoe het komt dat je bij het lezen van een spannend boek nauwelijks iets anders ziet of hoort. Door de werking van de thalamus ben je in staat je beter te **concentreren**.

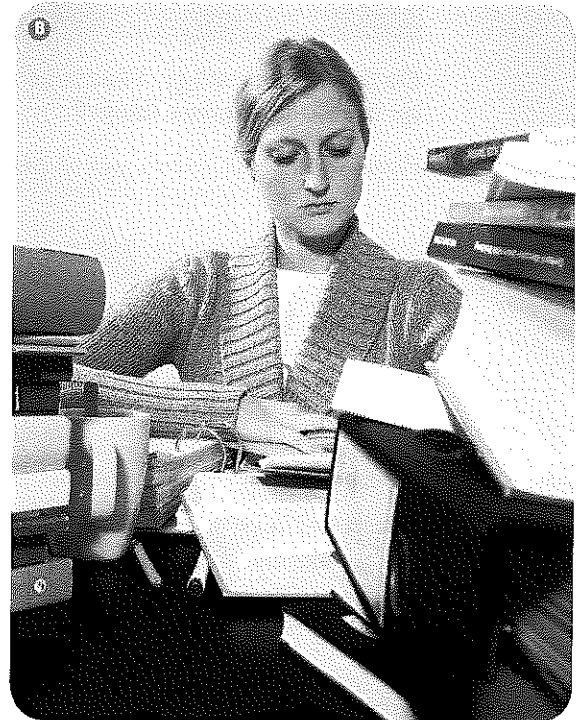
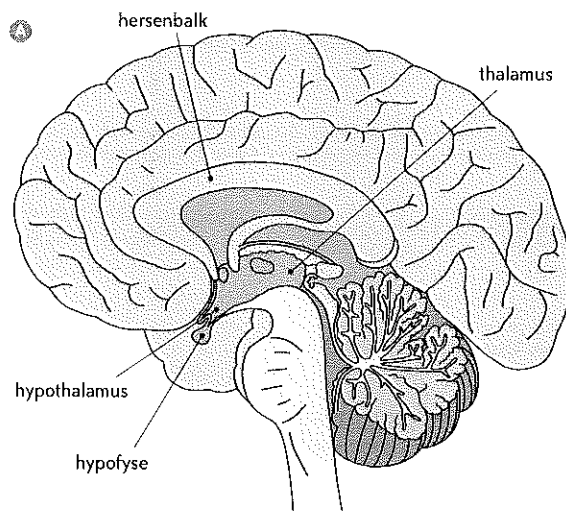


Fig. 6.55
A Situering van enkele hersendelen.
B Door de selecterende tussenkomst van de thalamus kunnen we ons concentreren bij het studeren.

- **Centra in de hypothalamus** beïnvloeden de **afscheiding van hormonen door de hypofyse**. In de hypothalamus komen ook het **dorst-**, het **honger-** en het **temperatuurcentrum** voor.
- In **het verlengde merg** liggen centra die **automatische lichaamsfuncties** regelen, zoals de ademhaling en de hartslag. Bij ernstige beschadiging van het verlengde merg zal de dood snel intreden.

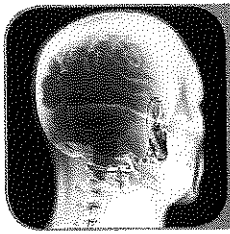


OPDRACHT 32

Als je geconcentreerd naar een spannende film kijkt, ben je je niet bewust van vele prikkels uit de omgeving. Verklaar.

De thalamus selecteert in de impulsen die naar de sensorische hersenschors moeten.

Bepaalde informatie krijgt voorrang op andere, zodat je niet overstelpt geraakt.



7

Zenuwbanen

Het **traject** dat een **zenuwimpuls** aflegt, noemen we een **zenuwbaan**. Daarbij zijn verschillende achter elkaar geschakelde neuronen betrokken. Bij wijze van voorbeeld onderzoeken we het traject van de impuls bij een reflex en een gewilde beweging.



AAN DE SLAG 24 De kniepeesreflex onderzoeken

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Onderzoeksvraag: Waarom wordt de knie gestrekt als je met een houten hamertje op de kniepees klopt?

Hypothese: het rekken van de pees heeft het samentrekken van de quadriceps tot gevolg.

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Wat heb je nodig?

- houten of rubberen hamertje of een houten liniaal

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Werkwijze

- 1 Leg je rechterbeen over je linkerknie en zorg ervoor dat je rechtervoet de grond niet raakt. Je rechterbeen moet er ontspannen bij hangen.
- 2 Laat een klasgenoot met het hamertje een tik op je kniepees geven, precies onder de knieschijf. Zorg ervoor dat je de handeling van je partner niet ziet.
- 3 Onderzoek de kniepeesreflex aan je linkerbeen. Draai de rollen ook eens om.

Waarnemingen

Hoe reageert je onderbeen op de tik?

Het onderbeen beweegt spontaan opwaarts; de knie wordt gestrekt.

Heb je deze beweging bewust willen maken?

Neen.

VRAAG

PLAN

UITVOERING

BESLUIT

Schrap wat niet past.

De kniepeesreflex is een GEWILDE / ONGEWILDE beweging als reactie op een prikkel.

7.1 Traject van een impuls bij een reflex: reflexboog

Een **reflex** is een heel **snelle, ongewilde reactie** van het lichaam op een prikkel. Als je bijvoorbeeld een tikje op je kniepees krijgt, schop je automatisch je been een stukje naar voren; vandaar dat we deze reflex de **kniepeesreflex** noemen. Trappen in glasscherven veroorzaakt een **terugtrekreflex**. Een derde voorbeeld van een reflex is de **pupilreflex**. Afhankelijk van de hoeveelheid licht, verandert de pupil van groot naar klein.

Het **traject** dat een impuls bij een reflex aflegt van de plaats van de prikkel (receptor) tot de plaats van reactie (effector), noemen we de **reflexboog**.

De reflexbogen ter hoogte van het hoofd en de hals, zoals de pupilreflex, de slikreflex en de speekselreflex, lopen **via de hersenstam**. Reflexbogen ter hoogte van de romp en de ledematen (bv. kniepeesreflex) lopen **via het ruggenmerg**.

De **grote hersenen** maken dus **nooit** deel uit van een reflexboog.

Volgende elementen behoren tot de reflexboog: een receptor, een sensorisch neuron, eventueel één of meer schakelneuronen in de hersenstam of het ruggenmerg, een efferent neuron en een effector (spiervezel of kliercel).

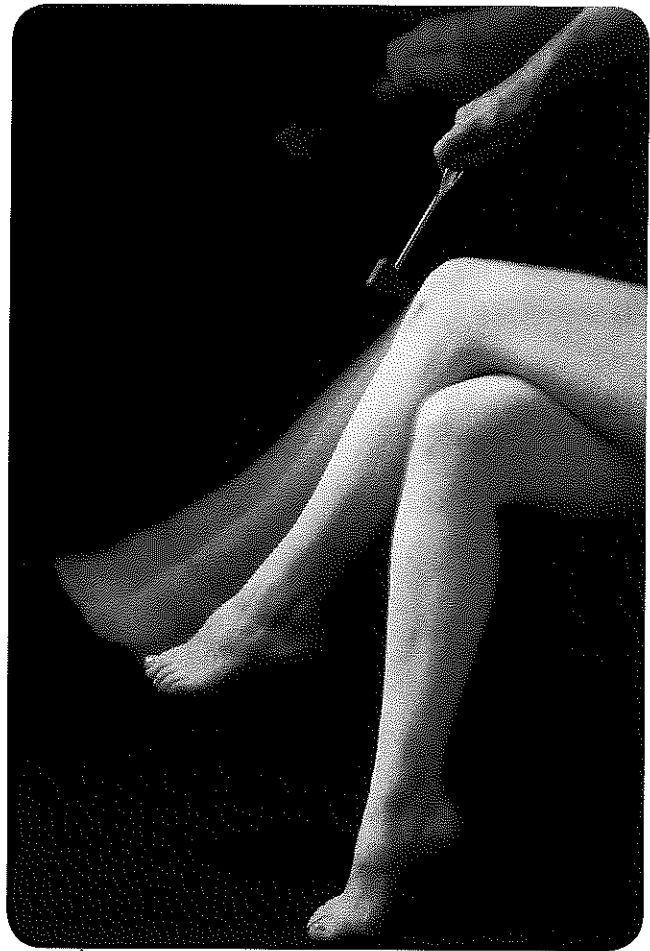


Fig. 6.56 De kniepeesreflex wordt getest.



Fig. 6.57 Trappen in glasscherven veroorzaakt een terugtrekreflex.

Aan de hand van de kniepeesreflex illustreren we het traject van de impuls bij een reflexboog.

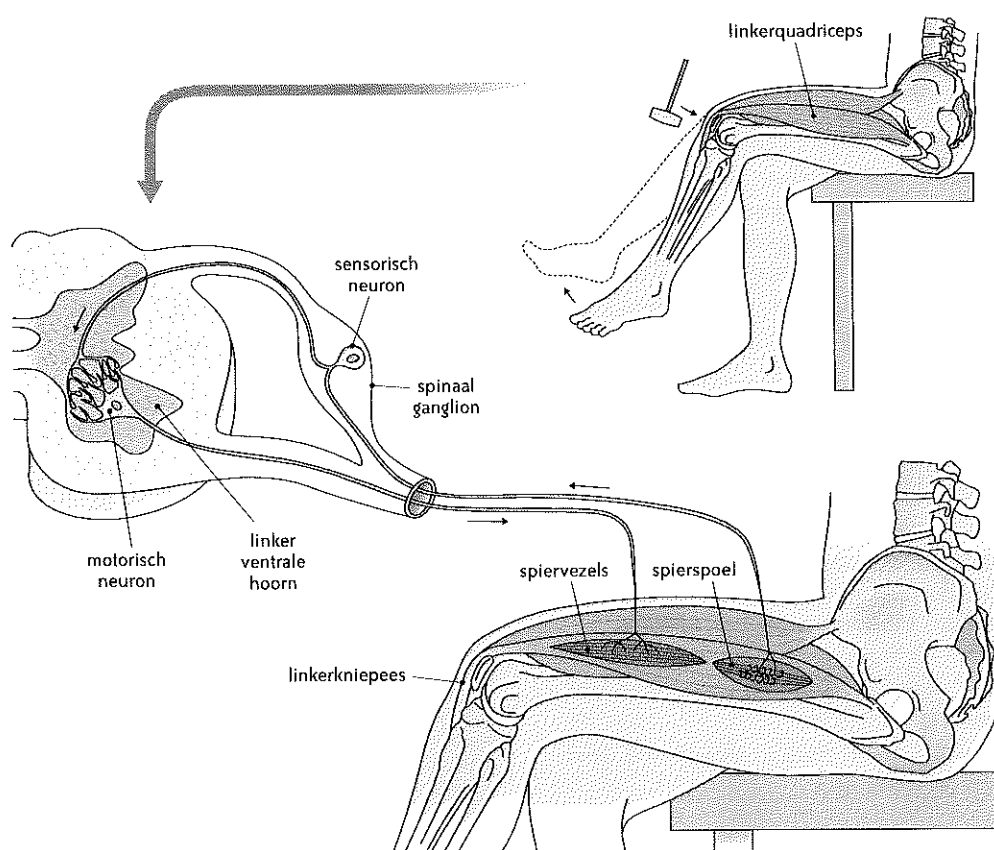


Fig. 6.58 Reflexboog bij de kniepeesreflex van de linkerknie

De verschillende **elementen van de kniepeesreflex** kun je als volgt samenvatten:

Prikkel ↓	De prikkel is de rekking van linkerkniepees en spiervezels van de linkerquadriceps (vierhoofdige dijspier) door een tik van de hamer.
Receptor ↓	De receptoren zijn de spierspoelen (proprioceptoren) van de linkerquadriceps. Hier wordt de prikkel omgevormd tot een impuls.
Conductor ↓	Via twee achter elkaar geschakelde neuronen wordt de impuls van receptor naar effector geleid: • een sensorisch neuron met cellichaam in het linker spinaal ganglion • een motorisch neuron met cellichaam in de linker ventrale hoorn van het ruggenmerg.
Effector ↓	De effectoren zijn de spiervezels van de linkerquadriceps.
Reactie	De reactie is de contractie van de linkerquadriceps waardoor het kniegewricht wordt gestrekt en het linkeronderbeen omhoog wipt.

De reflexboog bij de kniepeesreflex illustreert volgende twee kenmerken die eigen zijn aan reflexen:

- De **grote hersenen** maken nooit deel uit van een reflexboog.
- De **zenuwbaan** blijft volledig aan dezelfde kant van het lichaam en **kruist** dus de **middenlijn van het centraal zenuwstelsel niet**. Een impuls die vertrekt aan de linkerquadriceps loopt volledig aan de linkerkant van het ruggenmerg naar de linkerquadriceps.

7.2 Traject van een impuls bij gewilde bewegingen

Bij gewilde bewegingen vertrekt de impuls uit de motorische hersenschors.

Een gewilde beweging ontstaat bijvoorbeeld wanneer je een bal wilt wegtrappen met je linkervoet. Je kunt de verschillende **elementen van de gewilde beweging** voor het wegtrappen van de bal als volgt samenvatten:

Conductor ↓	Via twee achter elkaar geschakelde neuronen wordt de impuls naar de effector geleid: • een motorisch hersenschorsneuron met cellichaam in het motorisch centrum van de quadriiceps van de rechterhemisfeer. • een motorisch ruggenmergneuron met cellichaam in de linker ventrale hoorn van het ruggenmerg.
Effector ↓	De effectoren zijn de spiervezels van de quadriiceps.
Reactie	De reactie is een schopbeweging door contractie van de quadriiceps.

Uit de **zenuwbaan** voorgesteld op Fig. 6.59 kun je afleiden dat bij een gewilde beweging de impuls de **middenlijn van het centraal zenuwstelsel kruist**. Een impuls die vertrekt in de rechterhemisfeer van de grote hersenen kruist de middenlijn ter hoogte van het verlengde merg om aan te komen bij de linkerquadriiceps.

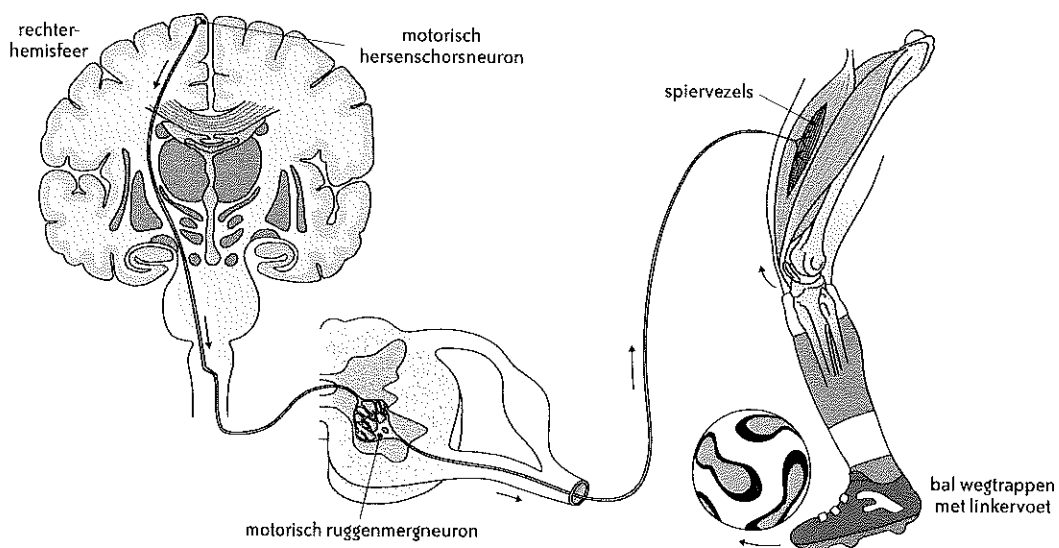


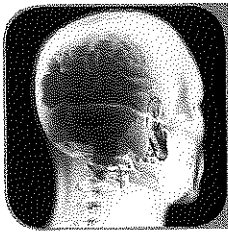
Fig. 6.59 Traject van een impuls bij een gewilde beweging

Een beweging willen uitvoeren volstaat niet altijd om ze te kunnen uitvoeren. Iemand met een gave motorische hersenschors wiens lendensegmenten van het ruggenmerg verwoest zijn, kan de benen niet meer bewegen.

De impuls die uitgaat van het motorisch centrum in de hersenen bereikt de spieren niet meer, omdat de motorische zenuwbaan onderbroken is.



Fig. 6.60 Onderbreking van de motorische zenuwbaan leidt tot een motorische handicap.



8

Animaal en autonoom zenuwstelsel

De indeling van het zenuwstelsel in centraal en perifeer zenuwstelsel is alleen gebaseerd op de **bouw** en de **ligging** van de organen (hersenen, ruggenmerg, zenuwen en grensstrengen).

Steunend op de **functies** maken we een onderscheid tussen het animaal en het autonoom zenuwstelsel. In de biologie bedoelen we met '**animaal**' onder invloed van de wil en met '**autonoom**' niet onder invloed van de wil.

8.1 Animaal zenuwstelsel

Het animaal zenuwstelsel is het deel van het zenuwstelsel dat de **interactie van het individu met de omgeving** mogelijk maakt. Het controleert al onze **bewuste handelingen**, staat in voor de **zintuiglijke waarnemingen** en de verwerking van die informatie. Het is de zetel van het verstand, het geheugen, de wil en het bewustzijn.

De structuren die instaan voor de werking van het animaal zenuwstelsel zijn de **grote** en de **kleine hersenen**, het **ruggenmerg**, de **sensorische** en de **motorische zenuwen**.

De effectoren die door het animaal zenuwstelsel worden bestuurd, zijn de **skeletspieren**.

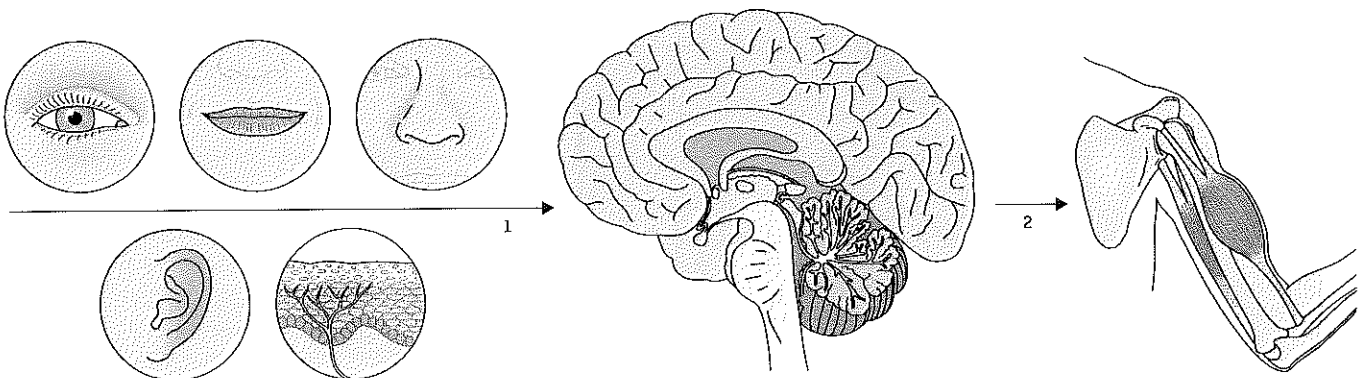


Fig. 6.61 Functies van het animaal zenuwstelsel

1 Aanvoer van impulsen vanuit de receptoren voor licht-, smaak-, reuk-, geluids- en gevoelsprikkelers via sensorische neuronen naar de sensorische centra

2 Afvoer van impulsen vanuit de motorische centra naar skeletspieren



OPDRACHT 33

Welke bewering(en) over het animaal zenuwstelsel is (zijn) fout? Duid aan met een kruisje in de rechterkolom van de tabel.

Het animaal zenuwstelsel geleidt impulsen vanuit receptoren via sensorische neuronen naar de sensorische centra.	
Het animaal zenuwstelsel vervoert impulsen naar gladde spieren in de darmwand.	x
De kleine hersenen maken nooit deel uit van de structuren die instaan voor de werking van het animaal zenuwstelsel.	x

8.2 Autonoom zenuwstelsel

Het autonoom zenuwstelsel controleert binnenin het individu alle onbewuste levensprocessen, waarop **de wil geen vat** heeft.

Het autonoom zenuwstelsel **functioneert onafhankelijk van de hersenschors**. De neuronen liggen in de **hersenstam** (o.a. in het verlengde merg) en het **ruggenmerg**. Ze regelen de werking van hart, bloedvaten, ademhalingsorganen, nieren, darmen, geslachtsorganen en klieren.

De **effectoren** die door het autonoom zenuwstelsel worden bestuurd, zijn de **gladde spieren**, de **hartspier** en de **klieren**.

Het autonoom zenuwstelsel bestaat uit twee systemen die een tegengestelde of **antagonistische werking** hebben en in hun werking **nauwkeurig op elkaar afgesteld zijn**: het **sympathisch** en het **parasympathisch zenuwstelsel**.

- Het **sympathisch zenuwstelsel** treedt in werking **wanneer je uiterlijk actief bent**, bijvoorbeeld als je sport. Het **stimuleert** de hartactiviteit en de ademhaling, het verhoogt de bloedsuikerspiegel (glucosegehalte in je bloed) en de spierspanning en het verwijdert de bloedvaten naar de skeletspieren. Het sympathisch zenuwstelsel zal bijvoorbeeld geactiveerd worden als je het op een lopen zet voor een hond die achter je aanzit. Het sympathisch zenuwstelsel **remt** daarentegen processen, zoals spijsvertering en urinevorming.

De impulsen voor het sympathisch zenuwstelsel vertrekken uit het **ruggenmerg** en bereiken de twee **grensstrengen**. Van daaruit worden de impulsen via zenuwen naar de organen geleid die moeten worden beïnvloed. Hier en daar vormen de vertakkingen van die zenuwen een dicht netwerk van zenuwknopen.

- Het **parasympathisch zenuwstelsel brengt het lichaam** na een inspanning **terug tot de normale rusttoestand**. Enerzijds **stimuleert** het parasympathisch zenuwstelsel stofwisselingsprocessen, zoals spijsvertering en urinevorming. Anderzijds **vertraagt** het de hartactiviteit en de ademhaling en **remt** het de werking van de skeletspieren.

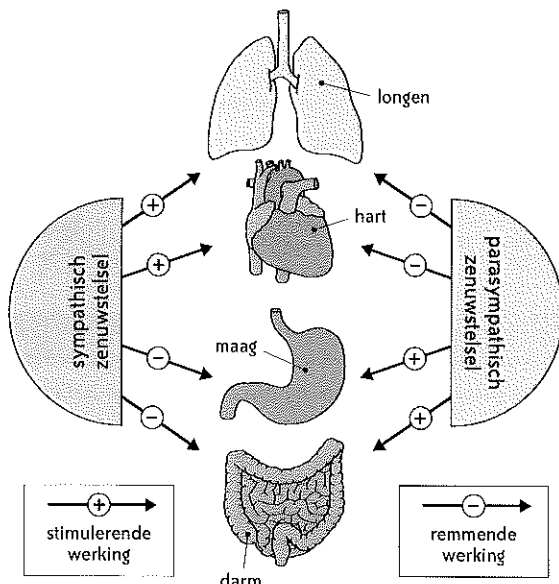


Fig. 6.62 Antagonistische werking van het sympathisch en parasympathisch zenuwstelsel op enkele organen

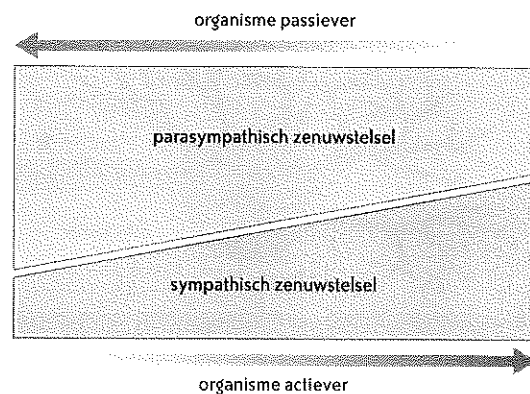


Fig. 6.63 De werking van het sympathisch en parasympathisch systeem is nauwkeurig op elkaar afgestemd: als je actiever wordt, neemt de sympathische invloed toe en de parasympathische invloed af. Het omgekeerde gebeurt als je passiever wordt.

Thema 6 - Bouw en functie van het zenuwstelsel

Samenvatting

1 Het zenuwstelsel als conductor

Het zenuwstelsel vormt de schakel tussen receptoren en effectoren. We noemen het zenuwstelsel een **conductor** of geleider, omdat het **informatie in het lichaam doorgeeft** en een **coördinerende functie** vervult.

2 Indeling van het zenuwstelsel

indeling gebaseerd op de bouw en de ligging van de organen	indeling gebaseerd op de functie
• centraal zenuwstelsel • perifere zenuwstelsel	• animaal zenuwstelsel • autonoom zenuwstelsel

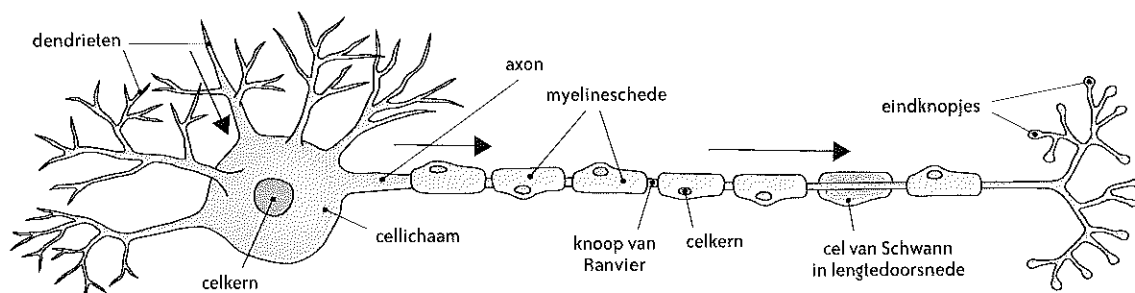
3 Cellen van het zenuwstelsel

3.1 Neuronen

bouw van een neuron

Een neuron bestaat uit een **cellichaam** met uitlopers nl.

- **dendrieten**: vervoeren impulsen naar het cellichaam toe
- **axon** met myelineschede en eindigend op eindknopjes: vervoert impulsen van het cellichaam weg.



soorten neuronen volgens de richting van de impuls

- **afferente (aanvoerende) neuronen = sensorische neuronen**: geleiden impulsen van de receptor naar het centraal zenuwstelsel.
- **efferente (afvoerende) neuronen**: geleiden impulsen van het centraal zenuwstelsel naar een effector.
- **schakelneuronen**: geleiden impulsen binnen het centraal zenuwstelsel.

verband tussen neuron en zenuw

Een zenuw bestaat uit zenuwbundels van lange, parallel naast elkaar lopende, gemyeliniseerde zenuwvezels.

verband tussen neuron en witte stof en grijze stof

- Witte stof komt overeen met myeline rond zenuwvezels in zenuwbundels en zenuwen.
- Grijze stof komt overeen met niet-gemyeliniseerde delen van neuronen, zoals de cellichamen en meestal ook de dendrieten.

3.2 Steuncellen

cellen van Schwann	gliacellen
- steuncellen in het perifeer zenuwstelsel - vormen de myelinschede rond de zenuwvezels ↓ impulsgeleiding verbeteren en zenuwvezels isoleren	- steuncellen in het centraal zenuwstelsel - houden neuronen bij elkaar en op hun plaats - beschermen en isoleren neuronen - ruimen beschadigde of dode neuronen op - voorzien neuronen van voedingsstoffen en zuurstofgas en verwijderen afvalstoffen ervan

4 Informatieoverdracht via neuronen

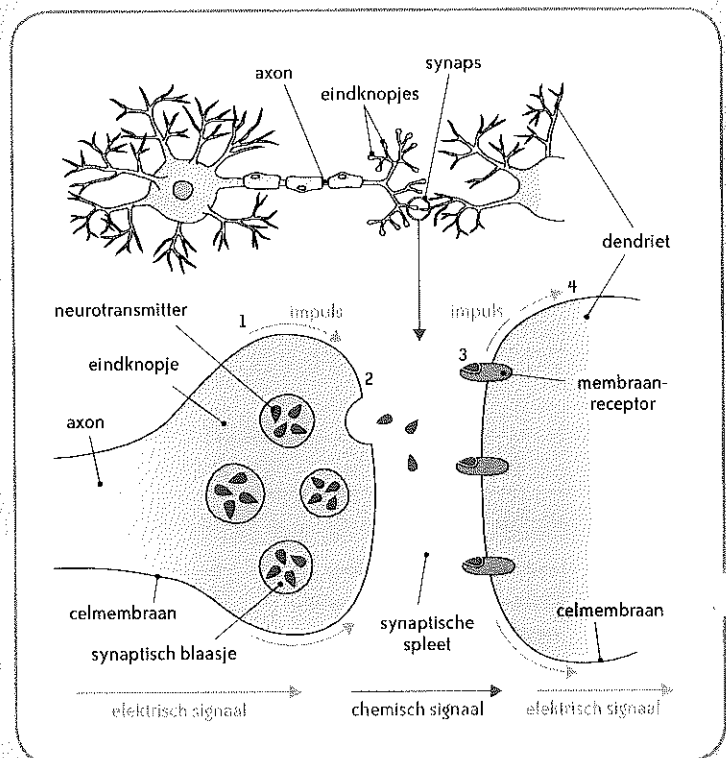
4.1 Impulsgeleiding binnen het neuron

neuron in rustfase	neuron in actiefase	neuron in herstelfase
- stuurt geen impuls door - celmembraan: binnenzijde negatief en buitenzijde positief geladen = rustpotentiaal	- bij voldoende sterke prikkel - celmembraan: ionenverplaatsing waardoor binnenzijde positief en buitenzijde negatief geladen = depolarisatie en actiepotentiaal ↓ elektrisch signaal = zenuwimpuls ↓ impulsgeleiding binnen het neuron	- terugkeer naar de rustfase - celmembraan: nieuwe ionenverplaatsing waardoor binnenzijde negatief en buitenzijde positief geladen = rustpotentiaal
rustfase actiefase terugkeer naar rustfase buitenkant van de cel + + + + + - - + + + + + + - - + + celmembraan → → binnenkant van de cel - - - - - + + - - - - - - + + - - impuls herstelfase impulsgeleiding		
snelheid van impulsgeleiding		
- hoe dikker het axon en hoe dikker de myelinschede, hoe sneller de impulsgeleiding - spronggewijze impulsgeleiding van knoop tot knoop van Ranvier		

4.2 Impulsoverdracht tussen neuronen

- Impulsoverdracht tussen neuronen gebeurt aan een **synaps**.
- Het **elektrisch signaal** (zenuwimpuls) wordt **overgedragen** op de aansluitende cel. Dat gebeurt met een **chemisch signaal**, nl. met een **neurotransmitter** en verloopt als volgt:

- 1 De impuls bereikt het membraan van de eindknopjes.
↓
- 2 Neurotransmitter komt vrij uit de synaptische blaasjes en belandt in de synaptische spleet.
↓
- 3 Neurotransmitter bindt zich aan specifieke membraanreceptoren in het membraan van het aansluitend neuron. Deze binding is een chemisch signaal.
↓
- 4 Het chemisch signaal veroorzaakt een ladingsverandering in het membraan van de dendriet en leidt zo tot een nieuw elektrisch signaal (impuls).



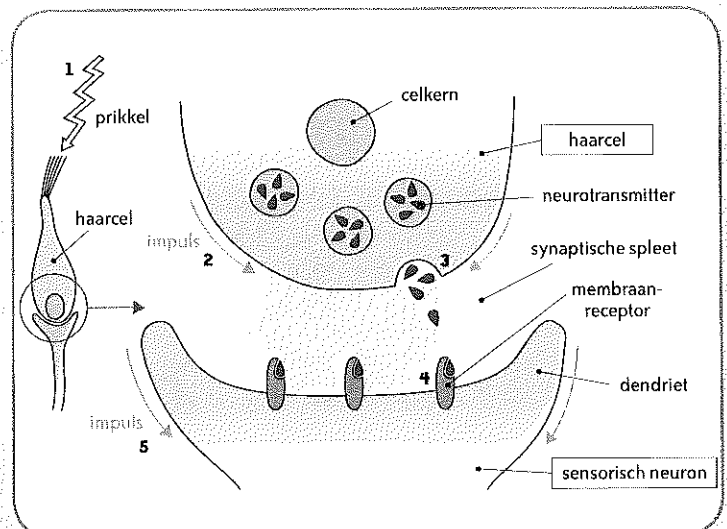
4.3 Invloed van drugs op neurotransmissie

Sommige drugs bevatten **moleculen die gelijken op de normale neurotransmitters**. Daardoor kunnen ze de membraanreceptoren van de neuronen beïnvloeden. Ze werken soms stimulerend, soms remmend en soms verstorend op de neurotransmissie.

4.4 Impulsoverdracht van receptor naar sensorisch neuron

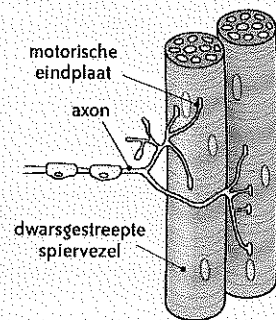
Een **receptor** vormt een **synaps** met een **sensorisch neuron** waarbij de impulsoverdracht in de volgende stappen plaatsvindt:

- 1 De receptor (bv. haarcel) wordt geprikkeld.
↓
- 2 In de receptor ontstaat een impuls.
↓
- 3 Neurotransmitter van de receptor wordt vrijgegeven in de synaptische spleet.
↓
- 4 Neurotransmitter bindt aan de membraanreceptor van de dendriet.
↓
- 5 Een ladingsverandering in het membraan van de dendriet leidt tot een nieuw elektrisch signaal (impuls) in het sensorisch neuron.



4.5 Impulsoverdracht van motorisch neuron naar spier

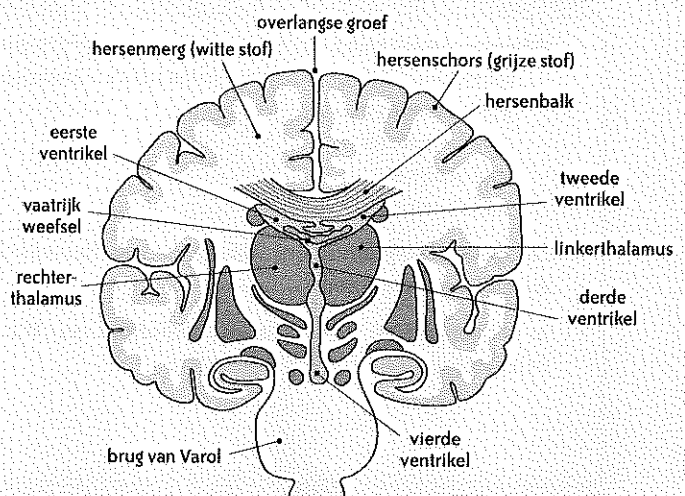
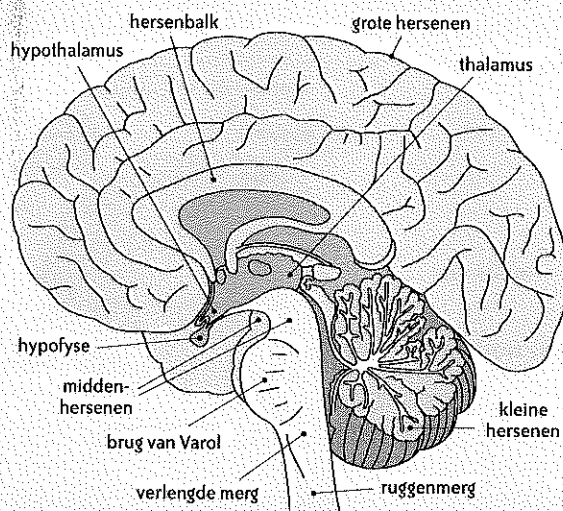
- Een motorisch neuron stuurt impulsen naar meer dan één spiervezel.
- De synaps, gevormd door het uiteinde van het axon en de aansluitende spiervezel, wordt **motorische eindplaat** genoemd.
- De impulsoverdracht aan de **synaps** verloopt op dezelfde manier als tussen 2 neuronen.
- De spiervezel beantwoordt het elektrisch signaal met een **speercontractie**.



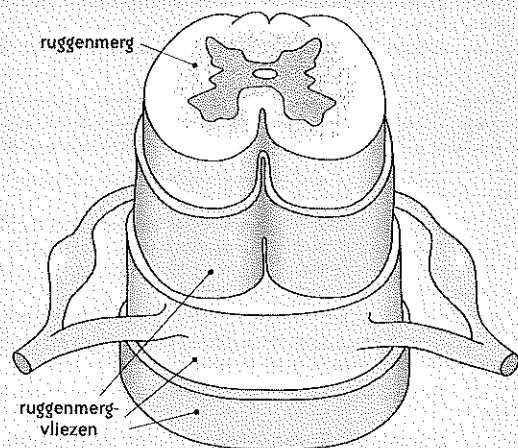
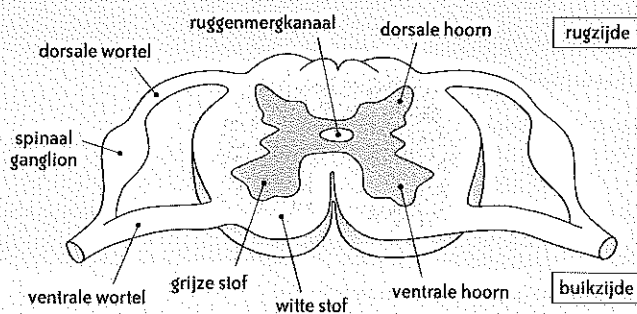
5 Centraal en perifeer zenuwstelsel

5.1 Bouw van het centraal zenuwstelsel

• Hersenen



• Ruggermerg

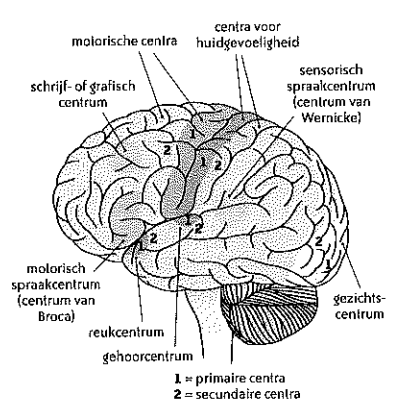


5.2 Bouw van het perifeer zenuwstelsel

- **12 paar hersenzenuwen:** ze ontspringen aan de hersenstam en staan in verbinding met de zintuigen en de spieren van het hoofd, behalve de zwervende zenuw (hersenenuw X), die verbonden is met organen in de romp.
- **31 paar ruggenmergzenuwen:** ze vertrekken vanuit het ruggenmerg en vertakken tot fijnere zenuwen die tot de verste uithoeken van ons lichaam reiken.
- **2 grensstrengen:** aan weerszijden van de wervelkolom lopen 2 strengen met zenuwknopen (grensstrengganglia) die het ruggenmerg via zenuwen verbinden met de inwendige organen.

6 Informatieverwerking in de hersenen

Hersencentra bestaan uit een **groep cellichamen van neuronen** die de impulsen van bepaalde receptoren verwerken of de activiteiten van bepaalde effectoren regelen.

centra in de grote hersenen	
motorische centra in de hersenschors	
• Primaire motorische centra (motorisch mannetje) activeren de spieren. • Secundaire motorische centra vormen het geheugen van de motorische vaardigheden. • Het motorisch spraakcentrum (centrum van Broca) coördineert de werking van de spieren die betrokken zijn bij de spraak. • Het schrijf- of grafisch centrum coördineert de werking van de spieren voor het schrijven en tekenen.	
sensorische centra in de hersenschors	
• Primaire sensorische centra registreren zintuiglijke gewaarwordingen: – centra voor huidgevoeligheid (sensorisch mannetje) – gezichtscentrum – gehoorcentrum – reukcentrum – smaakcentrum. • Secundaire sensorische centra zorgen voor het herkennen van de zintuiglijke waarnemingen. • In het sensorisch spraakcentrum (centrum van Wernicke) wordt de betekenis van de woorden opgeslagen.	
	
overeenkomsten en verschillen tussen de twee hemisferen	
• zowel in linker- als in rechterhemisfeer: overeenkomstige zones hebben overeenkomstige functies • alleen in de linkerhemisfeer: motorische en sensorische spraakcentra (centrum van Broca en Wernicke) en meestal het schrijfcentrum	
limbisch systeem	
• geheel van hersencentra gelegen in een ring rond de hersenventricels • betrokken bij de verwerking van emotie, motivatie, genot en het emotioneel geheugen	

centra in andere hersendelen
• in de kleine hersenen: evenwichtscentrum en centra voor het bijsturen van bewegingen • Centra in de thalamus vormen een schakelstation tussen sensorische neuronen en de grote hersenen waardoor ze zintuiglijke informatie kunnen selecteren. • Centra in de hypothalamus beïnvloeden de afscheiding van hormonen door de hypofyse, regelen de lichaamstemperatuur en maken ons bewust van honger en dorst. • Centra in het verlengde merg regelen automatische lichaamsfuncties, zoals de ademhaling en de hartslag.

7 Zenuwbanen

Een **zenuwbaan** is het traject dat een zenuwimpuls aflegt vanaf de receptor tot aan de effector.

traject van een impuls bij een reflex: reflexboog	traject van een impuls bij een gewilde beweging
- De reflexboog loopt via de hersenstam of het ruggenmerg, nooit via de grote hersenen. - De reflexboog blijft volledig aan dezelfde kant van het lichaam en kruist de middenlijn van het centraal zenuwstelsel niet.	- De zenuwbaan loopt altijd via de grote hersenen. - De zenuwbaan kruist de middenlijn van het centraal zenuwstelsel.
<pre> receptor die prikkel opvangt ↓ impuls ↓ sensorisch neuron ↓ (Bij sommige reflexen is er nog een schakelneuron in ruggenmerg of hersenstam.) ↓ motorisch neuron ↓ spier </pre>	<pre> motorisch centrum in de hersenschors ↓ impuls ↓ motorisch hersenschorsneuron ↓ motorisch ruggenmergneuron ↓ spier </pre>

8 Animaal en autonoom zenuwstelsel

animaal zenuwstelsel	autonoom zenuwstelsel
regelt de interactie tussen het individu en zijn omgeving	controleert alle onbewuste levensprocessen binnen het individu
staat onder invloed van de wil	staat niet onder invloed van de wil
bestuurt de skeletspieren	- regelt de werking van de inwendige organen - bestuurt de gladde spieren, de hartspier en de klieren
omvat: - centra in grote en kleine hersenen - ruggenmerg - sensorische en motorische zenuwen	- omvat centra in hersenstam en ruggenmerg - bestaat uit het sympathisch en parasymphisch zenuwstelsel die een antagonistische werking hebben: - sympathisch zenuwstelsel om actief te zijn - parasymphisch zenuwstelsel om het lichaam tot rust te brengen.

Wat je zeker moet kunnen

- ☐ Uit (experimentele) waarnemingen afleiden en verwoorden dat de reacties op prikkels door het zenuwstelsel gecoördineerd worden.
- ☐ Op een figuur de delen van het centraal en perifeer zenuwstelsel aanduiden en benoemen.
- ☐ Op een figuur de delen van een zenuwcel aanduiden, benoemen en beschrijven.
- ☐ Het doorgeven van een impuls aan en tussen de zenuwcellen op een eenvoudige en schematische manier beschrijven en uitleggen.
- ☐ Op een figuur de belangrijkste hersendelen aanduiden en benoemen.
- ☐ Op een micropreparaat of op een figuur van een dwarse doorsnede van het ruggenmerg de delen met in- en uittrekkende zenuwen aanduiden en benoemen.
- ☐ De functies van enkele hersendelen afleiden uit de gevolgen van letsels aan die hersendelen.
- ☐ De gevolgde weg van een zenuwimpuls bij een reflex en bij een gewilde beweging beschrijven.
- ☐ Het onderscheid verwoorden tussen animaal en autonoom zenuwstelsel.

Leerstof verwerken



OPDRACHT 34

Vul de zin aan. Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

Het zenuwstelsel vervult de rol van conductor omdat het

- a informatie uit de omgeving opvangt.
- b informatie uit de omgeving beantwoordt met een reactie.
- c reageert op prikkels.
- d de schakel is tussen de zintuiglijke waarneming en de daaropvolgende reactie.

d



OPDRACHT 35

Hoe verklaar je dat de impuls sneller geleid wordt in een gemyeliniseerd neuron dan in een niet-gemyeliniseerd neuron?

In een neuron met een myelineschede verplaatst de impuls zich sprongsgewijs en daardoor sneller.



OPDRACHT 36

Fig. 6.64 wil duidelijk maken hoe de impulsgeleiding sprongsgewijs langs een axon gebeurt. Verloopt die impulsgeleiding ook sprongsgewijs langs het celmembraan ter hoogte van het cellichaam? Motiveer je antwoord.

Nee, want er komt daar geen myelineschede voor.

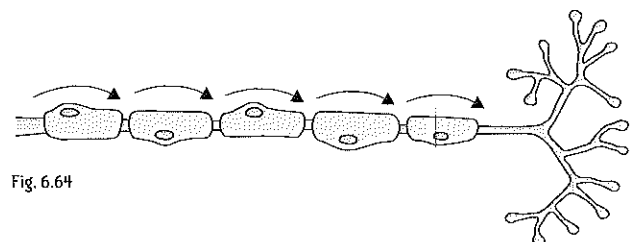


Fig. 6.64



OPDRACHT 37

Benoem de aangeduide delen op Fig. 6.65.

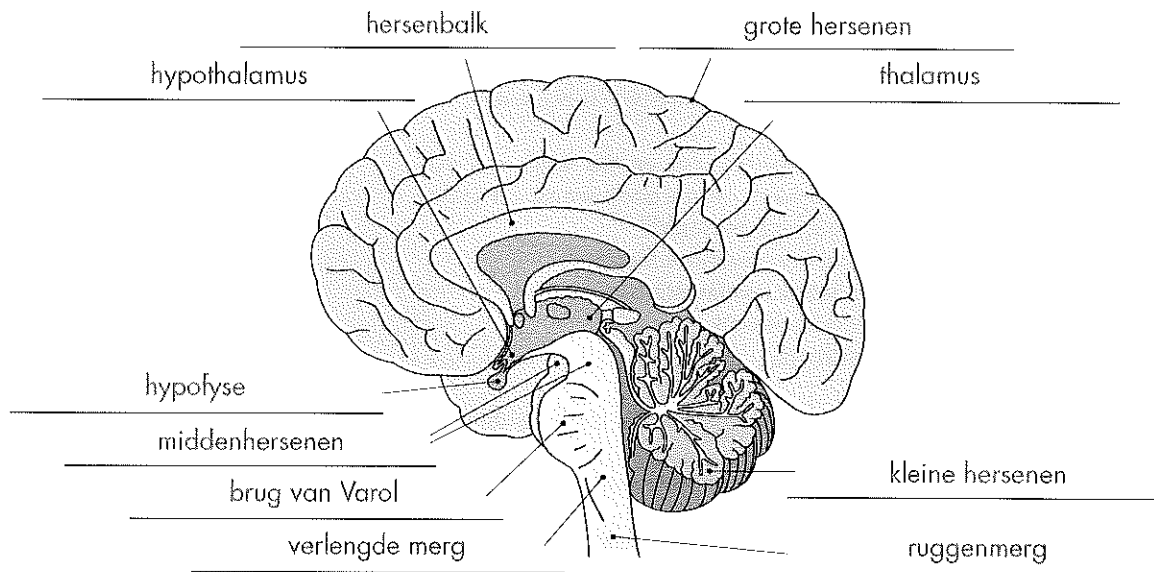


Fig. 6.65



OPDRACHT 38

Duid op de tekening de begrippen uit de tabel aan met hun nummer. Sommige nummers kan je tweemaal invullen.

1	membraanreceptor	6	neurotransmissie
2	neurotransmitter	7	eindknopje
3	axon	8	synaptisch blaasje
4	synaptische spleet	9	dendriet
5	celmembraan	10	impuls

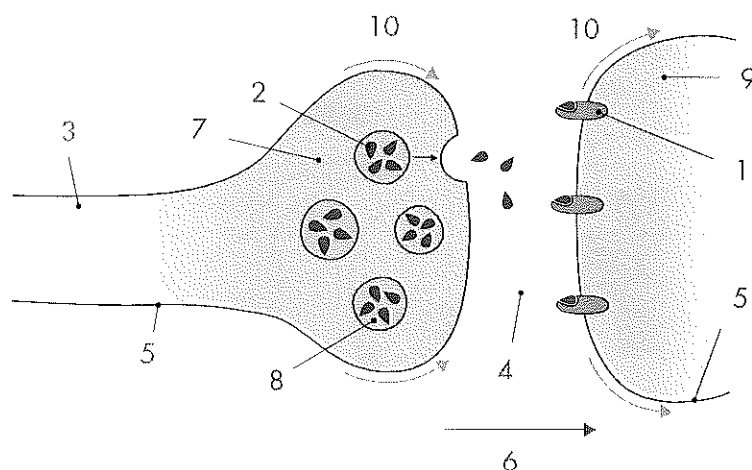


Fig. 6.66



OPDRACHT 39

Waarom kunnen drugs een invloed hebben op neurotransmissie?

Omdat de moleculen van drugs gelijk zijn op de moleculen van neurotransmitters, waardoor ze de membraanreceptoren van neuronen beïnvloeden.



OPDRACHT 40

- a Welke soort doorsnede van de hersenen stelt Fig. 6.67 voor?

frontale doorsnede

- b Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

Op de figuur zijn de grijze stof en de witte stof van de hersenen weergegeven. Waardoor wordt de grijze kleur van de hersenschors bepaald?

- a zenuwvezels met een myelineschede
b zenuwvezels zonder myelineschede
c cellichamen van neuronen
d axonen en dendrieten

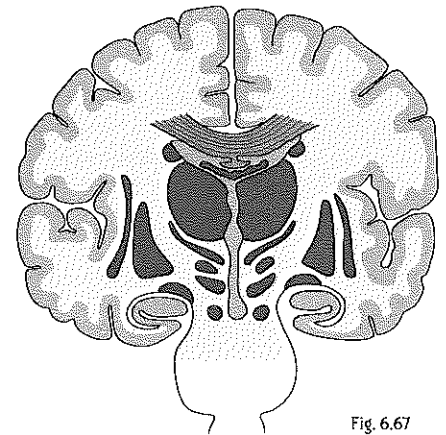


Fig. 6.67

- c Kleur op de figuur het vaatrijk weefsel rood en de ventrikels blauw.

- d Wat is de functie van het vaatrijk weefsel?

Het vaatrijk weefsel geeft hersenvocht af in de ventrikels.



OPDRACHT 41

Functioneel vormt de zwervende zenuw een uitzondering op de andere hersenzenuwen. Waarin ligt dat verschil?

De andere hersenzenuwen staan in verbinding met zintuigen en spieren van het hoofd;

de zwervende zenuw is verbonden met de organen van de romp.



OPDRACHT 42

De figuur geeft een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg weer met aansluiting van twee ruggenmergzenuwen.

- a Duid op de tekening de begrippen uit de tabel aan met hun nummer.
b Duid de rugzijde en de buikzijde aan. Schrap wat niet past.

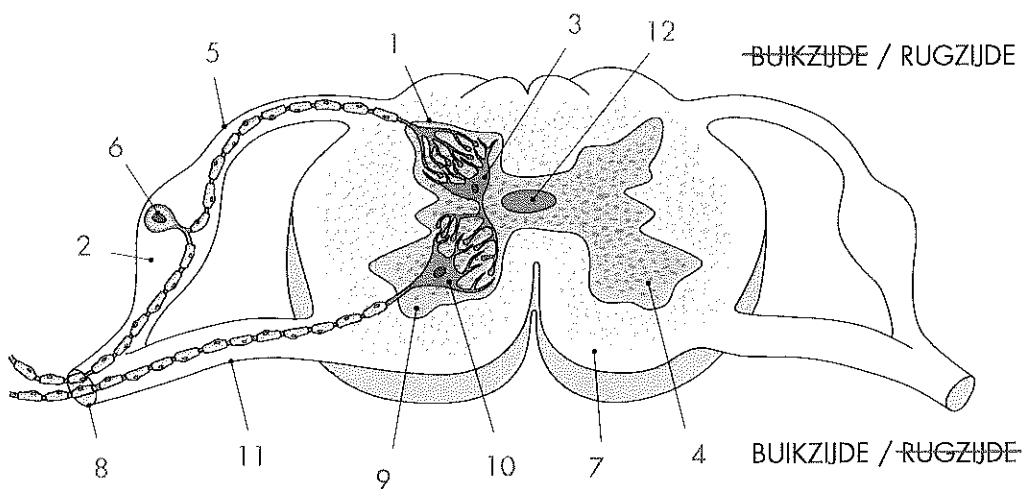


Fig. 6.68

1	dorsale hoorn
2	spinaal ganglion
3	schakelneuron
4	grijze stof
5	dorsale wortel
6	cellichaam van sensorisch neuron
7	witte stof
8	ruggenmergzenuw
9	ventrale hoorn
10	motorisch neuron
11	ventrale wortel
12	ruggenmergkanaal



OPDRACHT 43

a Vul de zin aan. Plaats de letter van het juiste antwoord in het vakje.

De eigenaardige verhoudingen van het motorisch mannetje hebben te maken met

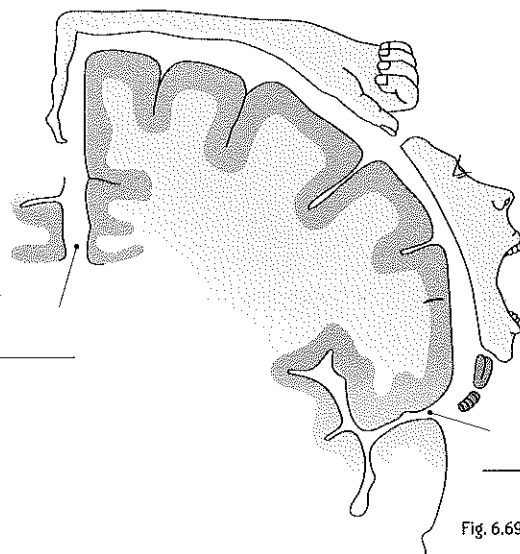
- a de grootte van het orgaan.
- b het aantal spiervezels die in het orgaan voorkomen.
- c de kracht waarmee de spieren kunnen samentrekken.
- d de mate van nauwkeurigheid waarmee de spieren kunnen werken.

d

b Hoe worden de centra genoemd die door het motorisch mannetje worden voorgesteld?

primaire motorische centra

c Noteer op de figuur de naam van de aangeduide hersengroeven.



overlangse groef

groef van Sylvius

Fig. 6.69



OPDRACHT 44

Noteer in de tabel de betekenis van de nummers op de figuur.

1	primaire motorische centra voor beweging van het lichaam
2	secundaire motorische centra voor beweging van het lichaam
3	primaire sensorische centra voor huidgevoeligheid
4	secundaire sensorische centra voor huidgevoeligheid

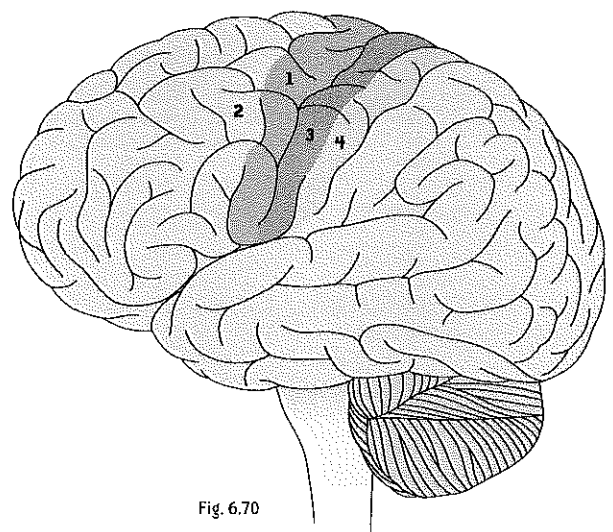


Fig. 6.70



OPDRACHT 45

Na een hersenbeschadiging vertoont de patiënt een dronkenmangang. Verklaar.

Er is een beschadiging van centra in de kleine hersenen.