**Hoofdstuk 13**

13.1 Hormoonklieren

*Hormoonklieren*

**Hormoonklieren** zijn organen die elders in het lichaam organen en weefsels activeren. Cellen van de klier maken een **hormoon** en geven die af aan het bloed. Zo komt het bij alle cellen van je lichaam. Hormonen werken alleen bij hun **doelwitorganen** en **weefsels**: alleen cellen met een passende receptor voor dat hormoon reageren.

*Beïnvloeding van lichaamsprocessen*

**Exocriene klieren** (zweet- en verteringsklieren) maken producten die in het uitwendig milieu terechtkomen.

**Endocriene klieren** (hormoonklieren) geven hun producten af aan het bloed.

 Hormoonklieren kunnen processen in meerdere weefsels en organen tegelijk aansturen. Een ontregeling van hormoonklieren heeft dus grote gevolgen voor het functioneren van mensen.

*Centrale hormoonklier*

Het hormoonstelsel beïnvloedt: celdeling, groei, vorming van geslachtscellen, melkproductie van zogende vrouwen, Ca2+- en glucoseconcentratie, osmotische waarde, lichaamstemperatuur, vertering en het slaap-waakritme.

 De **hypofyse**:

- Is een centrale hormoonklier die zich net onder de grote hersenen bevindt en een doorsnee van ongeveer één centimeter heeft.

- Zorgt voor een goede aansturing van alle processen van het hormoonstelsel.

- Verbindt het hormoonstelsel en het zenuwstelsel.

- Prikkelt veel andere hormoonklieren en activeert organen als botten, nieren en de baarmoeder.

 De hypofyse bestaat uit een achterkwab en een voorkwab:

- In de achterkwab worden hormonen aangevoerd door zenuwcellen uit de hypothalamus. Deze activeren gladde spieren en de nieren.

- In de voorkwab worden zelf hormonen gemaakt. Deze zetten andere hormoonklieren tot actie.

*Aansturing van de hypofyse*

Precies boven de hypofyse bevindt zich de **hypothalamus**, het onderdeel van de hersenen dat het endocriene stelsel controleert. De hypothalamus bevat neuronen die verschillende hormonen afgeven aan de hypofyse:

- Bepaalde neuronen activeren met behulp van **releasing-hormonen** (RH’s) die worden afgegeven aan de voorkwab van de hypofyse.

- Andere neuronen geven **inhibiting-hormonen** (IH’s) af aan de voorkwab, die de productie van hormonen door de hypofyse juist remmen.

- Weer andere neuronen produceren **neurohormonen**, die in de achterkwab terechtkomen. Deze hormonen zijn dus geproduceerd door de hypothalamus en de hypofyse is slechts de plaats van afgifte.

Het hormoon **oestradiol** zorgt voor een juiste verdeling van de chromosomen tijdens de meiose. Ook stimuleert het de ontwikkeling van borstgroei en vetafzetting en beïnvloedt het de botstructuur.

13.2 Reacties van cellen op hormonen

*Een keten van signalen*

Het **groeihormoon releasing hormoon** (GRH) uit de hypothalamus leidt in de hypofyse tot afgifte van het **groeihormoon** (GH). GH stimuleert onder andere de deling van kraakbeencellen. Uit de hypothalamus komt het **corticotropine releasing hormoon** (CRH) vrij. Dit hormoon zet de hypofyse aan tot de productie van het **adrenocorticotroop hormoon** (ACTH). ACTH stimuleert de cellen van de bijnierschors tot de productie van andere hormonen.

*Reacties bij het celmembraan*

**Hydrofobe steroidhormonen** zijn gemaakt uit cholesterol en bewegen relatief makkelijk door het celmembraan. In het grondplasma van de doelwitcel vormt het hormoon met een eiwitreceptor een hormoon-receptor-complex.

**Tyrosinehormonen** zijn door apolaire onderdelen wel hydrofoob, maar passeren een celmembraan toch niet makkelijk. Ze binden aan een receptor op het celmembraan. Ook hydrofiele **eiwithormonen** binden aan eigen receptoren.

*Signaalstoffen in de cellen*

Een cascade aan reacties geeft een **secundaire boodschapper**. Die heeft de boodschap ‘overgenomen’ van het hormoon (de primaire boodschapper) en vormt de verbinding met het molecuul dat in de cel actie gaat uitvoeren.

 Secundaire boodschappers zijn kleine moleculen die snel door het grondplasma diffunderen. Zij kunnen in een cel meerdere doelwitmoleculen hebben. Daardoor kunnen hormonen meer dan één respons opwekken in de doelwitcel.

*Signaalstoffen in weefsels*

Sommige cellen scheiden stoffen af die de buurcellen tot een bepaalde actie prikkelen. Zo kunnen kleine eiwitten, **groeifactoren**, buurcellen tot deling en ontwikkeling aanzetten. Je lichaam maakt verschillende groeifactoren. Ze activeren meestal meerdere doelwitcellen. Andere stoffen die buurcellen prikkelen zijn **prostaglandinen**, gemaakt van vetzuren. Ze worden bijvoorbeeld gebruikt voor **positieve terugkoppeling**. Cellen van de baarmoeder scheiden tijdens de bevalling prostaglandinen uit als de weeën op gang komen. Daarmee stimuleren ze de baarmoederspier om krachtiger samen te trekken.

*Reacties op hormonen*

Elke cel heeft een eigen eiwitsamenstelling: zijn eigen proteoom. Daardoor kan hetzelfde hormoon in verschillende cellen tot verschillende reacties leiden.

13.3 Veranderende hormoonconcentraties

*Ca2+ ionen in het bloed*

Neemt de concentratie Ca2+ ionen in het bloed af, dan reageren de vier bijschildklieren. Zij scheiden het **parathormoon** (PTH) af: een eiwit van 84 aminozuren.

Door PTH:

- Komen Ca2+ ionen vrij uit de botten.

- Nemen de niercellen meer Ca2+ ionen op uit de voorurine.

- Worden de niercellen geprikkeld tot de vorming van actief **vitamine D**. Deze stof stimuleert de darmcellen tot extra opname van Ca2+ ionen uit het voedsel.

 Komt de concentratie Ca2+ in het bloed boven de norm, dan geven de schildklieren **calcitonine** (CT) af. Het werkt tegengesteld aan PTH.

Door calcitonine:

- Worden botcellen geprikkeld om Ca2+ ionen op te nemen uit het bloedplasma.

- Worden niercellen gestimuleerd om minder Ca2+ ionen uit de voorurine te halen.

 De hormonen PTH en calcitonine werken als **antagonisten**: effectoren met een tegengestelde werking.

*Regelkring*  
1. Ca2+ receptoren op de celmembranen van (bij)schildkliercellen nemen de Ca2+ concentratie waar. Zij geven de informatie via een serie chemische omzettingen door.

2. Het DNA van de cel raakt geactiveerd. De cel brengt een hormon in de bloedbaan, waarop onder andere botcellen reageren (effectoren).

3. In de Ca2+ regelkring vindt een negatieve terugkoppeling plaats.

*Botvorming en botafbraak*

Om een bot zijn nieuwe vorm te geven, gaan eerst de **osteoclasten** aan de slag, die een deel van het bestaande bot afbreken. Daarna komen de **osteoblasten** in actie, die nieuw botweefsel vormen. Groeihormoon en groeifactoren regelen de activiteit van deze cellen. Een osteoblast komt na een tijdje in het bot te liggen omringd door het door hemzelf gemaakte botmateriaal. De cel heet nu botcel (**osteocyt**) en is niet erg actief meer.

*Hormonen en botten*

Zowel testosteron als oestrogenen stimuleren de groei van botten. **Oestrogenen** zijn een groep steroïdhormonen gemaakt in de eierstokken. Zij spelen een rol in de menstruatiecyclus, maar zijn ook van invloed op de groei en het vrouwelijk gedrag.

 Hoeveelheid oestrogenen tijdens het leven van een vrouw:

- Voor de pubertijd vrijwel nul

- In de pubertijd schiet de productie met schommelingen omhoog

- Bij volwassen vrouwen varieert de hoeveelheid tijdens elke menstruatiecyclus

- In de menopauze daalt de productie met grote schommelingen

- Vrijwel nul bij oudere vrouwen

Oestrogenen gaan op twee manieren de botafbraak tegen, indirect en direct.

- Indirect: Ze remmen de productie van groeifactoren die de ontwikkeling van osteoclasten stimuleren. Het gevolg is dat er minder actieve osteoclasten zijn.

- Direct: Ze remmen de activiteit van de osteoclasten en kunnen hen zelfs aanzetten tot celdood (apoptose).

Bevat het bloed veel oestrogenen, dan is de botgroei groter dan de botafbraak. Zijn er weinig oestrogenen, dan treedt osteoporose (botafbraak) op. Testosteron heeft een vergelijkbare werking, behalve dat de hoeveelheid op latere leeftijd niet zo sterkt afneemt als bij oestrogenen. Daarom komt osteoporose minder vaak voor bij mannen.

*Jonge zoogdieren*

De productie van moedermelk komt op gang door het eiwithormoon **prolactine**, gemaakt door de hypofyse. Tijdens de zwangerschap neemt de concentratie van prolactine enorm toe, maar pas na de bevalling komt de melkproductie op gang. Dat komt omdat de hoge concentraties oestrogenen en progesteron tijdens de zwangerschap de werking van prolactine remmen.

13.4 Terugkoppeling

*Alarmsignalen*

Cellen functioneren het best in een waterige omgeving met voldoende voedingsstoffen en een geschikte temperatuur. Alle alarmsignalen, zoals honger, kou, psychische belasting en fysieke belasting, komen bij de hypothalamus binnen.

*Reactie op kou*

De reactie van je lichaam op kou is als volgt:

1. Zenuwcellen in de hypothalamus geven **TRH** af; een hormoon van slechts drie aminozuren groot.

2. TRH stimuleert de hypofyse tot afgifte van het thyroïdstimulerend hormoon (**TSH**).

3. TSH zet de schildklier aan tot de afgifte van het schildklierhormoon. Dit is vooral **thyroxine** (T4) en wat minder **trijoodthyronine** (T3).

4. Transporteiwitten in het bloed brengen ze naar de weefsels.

5. In de cel zet een enzym thyroxine om in T3, waardoor de cel eiwitten gaat maken die de glucose- en vetverbranding in de mitochondriën stimuleren.

6. Het lichaam warmt op.

 T4 en T3 zijn vetachtig en hebben respectievelijk vier en drie joodatomen. De joodatomen verhinderen dat de hormonen passief de celmembranen kunnen passeren. Je cellen gebruiken daar speciale receptor- en transportmoleculen voor.

*Terugkoppeling*

Ook de cellen van de hypothalamus en de hypofyse hebben receptor- en transportmoleculen voor thyroxine. Stijgt de concentratie thyroxine, dan geeft de hypothalamus minder TRH en de hypofysevoorkwab minder TSH af. Dit betekent dat de schildklier minder thyroxine af zal geven. Dit is negatieve terugkoppeling.

 Bij een verhoging van de concentratie thyroxine stijgt de stofwisselingssnelheid. Daardoor loopt de kerntemperatuur van je lichaam op. Ook hierop reageert de hypothalamus met een lagere TRH-productie, en dus een lagere TSH- en thyroxineproductie.

*Reacties op watertekort*

Bij een tekort aan water is de osmotische waarde van het bloed te hoog en daalt de bloeddruk. De reactie van je lichaam op watertekort is als volgt:

1. Zenuwcellen in de hypothalamus geven via de hypofyseachterkwab het **antidiuretisch hormoon** (ADH) af.

2. Onder invloed van ADH reageren je niercellen door extra water uit de voorurine op te nemen. Ook trekken de gladde spieren in de wanden van de bloedvaten samen zodat de bloeddruk weer stijgt.

3. Het toenemen van de (osmotische) problemen wordt voorkomen.

*Reactie op honger*

Het hormoon ghreline stimuleert het hongergevoel. Vlak voor de maaltijd komt het vrij. Leptine is een van de hormonen die de eetlust laat afnemen. Dit is een eiwithormoon gemaakt door de cellen van het vetweefsel. Beide hormonen werken op de cellen van de hypothalamus.

*Hormonen en vertering*

Binnen het verteringsstelsel zijn vele **verteringshormonen** actief. Het eiwithormoon gastrine stimuleert maagcellen tot de afscheiding van maagzuur. De antagonist van gastrine is somatostatine, die de vertering juist remt.

*Zuurstoftransport*

Bij de aanmaak van nieuwe rode bloedcellen is het hormoon **epo** betrokken, gemaakt door je niercellen. Epo bereikt via het bloed de stamcellen in het rode beenmerg. Na activering van het DNA produceren de stamcellen groeifactoren, waardoor ze delen. Dochtercellen van de stamcellen differentiëren tot rode bloedcellen.

13.5 Energierijke stoffen in het bloed

*Opslag en afgifte van glucose*

De lever neemt grote hoeveelheden glucose op uit het bloed. Ook spieren zijn in staat om glucose op te slaan. Zowel lever als spieren doen dit in de vorm van **glycogeen**. Dit is een molecuul dat bestaat uit groot aantal glucosemoleculen, als een lange vertakte keten.

*Eilandjes van Langerhans*

In de alvleesklier bevinden zich groepjes cellen met een endocriene werking: de **eilandjes van Langerhans**. Zij bestaan uit een aantal typen cellen:

- De β-cellen (ongeveer 80%) produceren het hormoon **insuline**. Insuline bevordert de opname van glucose in cellen en de vorming van glycogeen in lever- en spiercellen Bij hoge concentraties glucose in het bloed geven de β-cellen veel insuline af, waardoor de concentratie daalt. Ook stimuleert het de opname van vetzuren in de vetcellen en de vorming van vetten. Zo regelt insuline het aanleggen van voorraden brandstof.

- De α-cellen (ongeveer 15%) maken **glucagon**. Dit hormoon bevordert in de levercellen de omzetting van glycogeen in glucose. Ook stimuleert het de afbraak van vetten en eiwitten. Uit de afbraakproducten maken cellen glucose. Hierdoor stijgt de concentratie glucose in het bloed.

- De overige 5% van de cellen maken andere hormonen, zoals somatostatine.

*Spanning*

**Adrenaline** is een tyrosinehormoon afkomstig uit het bijniermerg dat de glucosespiegel snel omhoog brengt. Door adrenaline:

- Zetten je spiercellen hun glycogeen om in glucose.

- Verslappen de spiertjes in de wand van de slagaders naar je skeletspieren en trekken ze samen in de slagaderwanden naar de darmen. Het bloed stroomt dan vooral naar je spieren.

- Klopt je hart sneller en verdiept je ademhaling. Het resultaat is dat er sneller bloed met extra zuurstof naar je spieren gaat; je bent klaar voor actie.

*Suikerziekte*

Bij een patiënt met suikerziekte (diabetes) maken de β-cellen weinig of geen insuline (diabetes type 1) of werken de receptoren voor insuline niet goed (diabetes type 2). Hierdoor kunnen de cellen te weinig of geen glucose opnemen en bevat het bloed hoge concentraties glucose. Oestradiol is niet alleen een geslachtshormoon. Het stimuleert de β-cellen tot de afgifte van insuline. Het glucosegehalte in het bloed daalt daardoor.

**Hoofdstuk 14**

14.1 Centraal zenuwstelsel

*Indeling zenuwstelsel*

Het centraal zenuwstelsel heeft twee verschillende delen:

1. Het **centraal zenuwstelsel** (bevindt zich in het centrum van het lichaam en bestaat uit **neuronen** (zenuwcellen) van de hersenen en het ruggenmerg met hun ondersteunende cellen).

2. Het **perifeer zenuwstelsel** (bestaat uit aan- en afvoerende uitlopers van een groot aantal neuronen in het centraal zenuwstelsel. Deze uitlopers verbinden als aan- en afvoerkabels (zenuwen) alle delen van het lichaam met het CZS).

*Centraal zenuwstelsel*

Hersenen en het ruggenmerg hebben een wit en een grijs deel. De grijze kleur komt door cellichamen van neuronen. De witte kleur komt door uitlopers van neuronen met een isolerend omhulsel van myeline (vetachtige stof). In de hersenen is de binnenkant wit en de buitenkant grijs. Bij het ruggenmerg is de buitenkant wit en de binnenkant grijs. De **grote hersenen** zijn het grootste gedeelte van de hersenen. Ze zijn verbonden door de **hersenbalk**. De rest is de **hersenstam** en de **kleine hersenen**. Het **verlengde merg** verbindt de hersenen met het **ruggenmerg**. De hersenen, het ruggenmerg en de bloedvaten worden beschermd door drie vliezen. De haarvaten in de hersenen en de astrocyten (steuncellen met veel uitlopers en een groot aantal functies. Ze vormen een gesloten kring rond de bloedvaten en hersenen.) vormen de **bloed-hersenbarrière**. Deze barrière beschermt tegen schadelijke stoffen, maar uit tegen nuttige medicijnen.

*Grote hersenen*

Informatie verloopt zo: zintuig 🡪 perifeer zenuwstelsel 🡪 ruggenmerg 🡪 verlengde merg 🡪 hersenstam 🡪 grote hersenen.

 Functies:

• Ordenen en verwerken informatie

• Logisch redeneren

• Bewustzijn

• Geheugenfuncties

• Emoties

In het grijze deel (hersenschors) geven neuronen informatie aan elkaar door.

*Hersenschors*

Neuronen in de hersenschors ‘bedenken’ bewegingen. Dit begint in de **primaire motorische schors** (kleine gebieden met neuronen die spieren aansturen), dit is verbonden met het gebieden in de **secundaire motorische schors** (bevat ‘geheugen’ informatie over hoe spieren bewegingen gecoördineerd uit kunnen voeren. De motorische schors van de linkerhersenhelft stuurt de rechterkant van het lichaam aan en andersom. Links en rechts werken nauw samen.

 Binnenkomende informatie gaat in de hersenen naar **sensorische centra** in de schors bij het zintuig horen. In het **primaire gehoorcentrum** komen de impulsen binnen en vindt de bewustwording plaats. Koppelen van geluid aan ‘geheugen’-informatie vindt plaats in het **secundaire gehoorcentrum** (maakt interpretatie van geluid mogelijk). Ieder zintuig heeft een primair en een secundair gebied. Hoe groter en moeilijk de informatiestroom hoe groter de centra.

*Hersenstam*

De hersenstam bevat een aantal vitale centra voor het regelen van de bloedcirculatie, lichaamstemperatuur en ademhaling. De hersenstam bevat drie delen:

Pons

• Verbindt kleine en grote hersenen.

• Tussenstation tussen je evenwichtszintuig en de kleine hersenen.

Middenhersenen

• Ligt het beloningscentrum.

Het verlengde merg

• Verbindt de hersenen met het ruggenmerg.

• Hier kruisen de zenuwbanen.

Alle reflexen van het hoofd verlopen via de hersenstam.

*Kleine hersenen*

De kleine hersenen spelen een rol in het coördineren van bewegingen. Dit gebeurt in samenwerking met de grote hersenen, de hersenstam en het ruggenmerg.

*Hypothalamus*

• Is betrokken bij de homeostase (door aansturen van de hypofyse).

• Er wordt de lichaamstemperatuur geregeld.

• De biologische klok wordt er geregeld.

*Thalamus*

• Selecteert welke impulsen van zintuigen naar welk deel van de hersenschors gaat.

• Kan impulsen remmen.

*Ruggenmerg*

• Bevat hoofdzenuwkabels van het lichaam.

• Uitlopers van neuronen liggen aan de buitenkant (witte stof).

• Cellichamen zitten aan de binnenkant (grijze stof).

• Uit het ruggenmerg ontspringen 31 paar ruggenmergzenuwen die verbinding maken met de organen in je romp en ledematen.

• De afvoerende zenuw verlaat het ruggenmerg aan de buikzijde.

* Afvoerende neuronen liggen in de grijze stof van het ruggenmerg.

• De aanvoerende zenuw verlaat het ruggenmerg aan de rugzijde.

* Heeft vlak voor het ruggenmerg een verdikking (**het spinale ganglion**) waar de cellichamen van aanvoerende neuronen bij elkaar.

• Buiten het ruggenmerg liggen twee zenuwbanen die het stimuleren of remmen van de werking van een aantal organen regelen (de gangstreng en de zwervende zenuw).

*Reflexen*

Een **reflex** is een reactie op een prikkel zonder/voordat er bewustwording is. Reflexen beschermen, helpen je evenwicht te bewaren en ontlasten de hersenen. Ze gaan via het ruggenmerg of de hersenstam (zintuigcellen 🡪 sensorische neuronen 🡪 schakelcellen 🡪 motorische neuronen 🡪 spier- of kliercellen). Dit heet een **reflexboog**. Er zijn **aangeleerde en aangeboren reflexen**.

14.2 Cellen in het zenuwstelsel

*Bouw neuron*

Neuronen zijn 10% van het zenuwstelsel. De overige 90% zijn gliacellen.

Gliacellen:

• Ze voeden en steunen neuronen.

• De bieden bescherming (zitten in de bloed-hersenbarrière).

• Ruimen beschadigde cellen op.

• Verwijderen stoffen die een rol spelen bij het doorgeven van impulsen.

 Neuron:

• Bestaat uit een **cellichaam** en met de celkern + een aantal uitlopers.

• Elke cel heeft twee typen uitlopers: een **axon** (de aan het einde vertakte afvoerende uitloper) en **dendrieten** (voeren impulsen van andere neuronen of zintuigcellen aan).

• Het cellichaam staat centraal.

• Elke aftakking eindigt in een **synaps** (plaatsen waar het neuron zijn informatie ‘doorschakelt’ naar een ander neuron).

• Doorschakelen gebeurt via een **neurotransmitter** (speciale stof).

*Functies neuronen*

**Sensorische neuronen:**

• Ontvangen impulsen van zintuigen.

• De cellichamen liggen vlak voor het ruggenmerg in spinale ganglia of in de hersenen.

• Hebben lange dendrieten met myelineschede (overal in het lichaam 🡪 spinaal ganglion) en een korte axon met myelineschede (spinaal ganglion 🡪 ruggenmerg).

**Schakelneuronen:**

• Ontvangen impulsen van sensorische neuronen of andere schakelneuronen.

• Hebben geen myelineschede.

**Motorische neuronen:**

• Ontvangen impulsen van schakelneuronen of sensorische neuronen en geven het impuls door aan spieren en klieren.

• Hebben korte sterk vertakte dendrieten en kunnen een hele lange axon hebben met myelineschede.

*Zenuwen*

Zenuwen bevatten uitlopers van neuronen. De cellichamen zijn in of vlakbij het CZS.

Er zijn twee soorten zenuwen:

• Sensorische zenuwen (bevat uitsluitend uitlopers ‘dendrieten’ van **sensorische neuronen**).

• Motorische zenuwen (hebben uitsluitend uitlopers ‘axonen’ van motorische cellen).

De meeste zenuwen zijn **gemengde zenuwen** en hebben ze allebei in een ‘kabel’.

*Het zenuwstelsel: niet alleen neuronen*

**Myelineschede**:

• Zorgt voor isolatie.

• Maakt een snellere geleiding van impulsen mogelijk.

Er zijn vijf typen **gliacellen**:

**Astrocyten**:

• Stervormig met vertakte uitlopers.

• Regelen uitwisseling van stoffen tussen neuronen en het bloed door de bloedvaten bij actieve neuronen te verwijden.

• Leveren steun aan neuronen.

• Spelen een rol bij herstel na een beschadiging van een neuron.

**Oligodendrocyten**:

• Kleine cellen.

• Komen verspreid in het CZS voor.

• Vormen om uitlopers van neuronen een myelineschede.

**Microgliacellen**:

• Veranderen bij weefselbeschadiging in fagocyten.

• Beschermen neuronen tegen ziekteverwekkers.

**Ependymcellen**:

• Zijn endotheelcellen.

• Ze bekleden de hersenkamers en het centrale kanaal van het ruggenmerg.

• Produceren vocht dat m.b.v. trilhaartjes rondstroomt.

**Cellen van Schwann**:

• Spelen een rol bij het herstel van beschadigde neuronen.

• In het perifeer zenuwstelsel maken ze een myelineschede rondom lange uitlopers van neuronen.

14.3 Impulsgeleiding

*Binnen- en buitenzijde neuron en ontstaan van snelle ionenverplaatsing*

 1. **Rustpotentiaal**

• De concentratie K+ -ionen binnen de neuron is hoger dan buiten de neuron.

• De concentratie Na+-ionen is binnen de neuron lager dan buiten de neuron.

• K+-ionen ‘willen’ naar buiten (diffusie).

• Na+-ionen ‘willen’ naar binnen.

• Dit gebeurt niet doordat de Na+-poorten gesloten zijn.

• Doordat er lekkage bij de poorten is moet de **natrium-kaliumpomp** dat oplossen (pompt actief Na+-ionen (3) de cel uit en K+-ionen (2) de cel in).

• De pomp handhaaft het rustpotentiaal.

• Het potentiaalverschil is -70mV.

2. **Depolarisatie**

• De Na+ poorten gaan open.

• De Na+ ionen stromen de neuron in.

• Het **membraanpotentiaal** gaat omhoog, alhoewel het maar een kleine concentratie is.

• Het veranderen van het membraanpotentiaal zorgt ervoor dat naastgelegen Na+-poorten ook open gaan.

• Er treedt een cascade effect op: steeds meer Na+ poorten gaan open.

• Het membraanpotentiaal op een klein stukje membraan gaat omhoog.

• Er treedt depolarisatie op (de buitenzijde van het neuron is negatief t.o.v. de binnenzijde).

• Het membraanpotentiaal is -50mV (**prikkeldrempel**).

3. **Repolarisatie**

• Het membraanpotentiaal stijgt snel tot +30mV.

• De Na+ poorten sluiten.

• De K+ poorten openen.

• K+ ionen gaan naar buiten.

• De membraanpotentiaal daalt weer (repolariseren).

4. **Hyperpolarisatie**

• Doordat K+ poorten traag sluiten schiet de repolarisatie door waardoor er hyperpolarisatie optreedt.

• De membraanpotentiaal daalt kort onder het rustpotentiaal.

• De natrium-kalium pompen herstellen de ionenconcentraties totdat er een rustpotentiaal is.

Depolarisatie en repolarisatie vormen samen een **actiepotentiaal**.

Na het sluiten van Na+-poorten is de neuron tijdelijk ongevoelig voor nieuwe prikkels, dit is de **refractaire periode** (herstelfase).

*Alles of niets*

Het **alles-of-niets-principe** geeft weer dat er of een actiepotentiaal plaatsvindt wanneer de prikkeldrempel bereikt is of dat het niet gebeurt wanneer de prikkeldrempel niet wordt bereikt. Er is geen tussenweg.

 Een actiepotentiaal heeft altijd een gelijke sterkte. Hoe sterker de prikkel, hoe meer actiepotentialen per seconde. Door de refractaire periode is er een maximumaantal actiepotentialen.

*Geleiding over het axon*

Een actiepotentiaal verplaatst zich. Depolarisatie zorgt ervoor dat naastgelegen celmembranen ook de prikkeldrempel overschrijden en de Na+-poorten openen. Dit gaat door over het hele membraan. Dit heet ook wel een **impuls**. Door de refractaire periode gaat het actiepotentiaal maar een kant op. Het duurt weer even voordat de Na+-poorten klaar zijn voor een nieuwe actie.

*Myelineschede en impulsgeleiding*

Hoe dikker een vezel, hoe sneller een impulsgeleiding. Een myelineschede wordt om de 1,5 mm onderbroken door een **insnoering van Ranvier**. Daar vindt de in- en uitstroom van ionen plaats en kan dus een actiepotentiaal ontstaan. De impulsgeleiding gaat van de ene insnoering naar de andere (**saltatoire impulsgeleiding**).

14.4 Impulsoverdracht tussen neuronen

*Impulsoverdracht*

Neuronen geven impulsen aan elkaar door via synapsen (plaats waar twee neuronen contact maken). Het impuls gaan van de axon naar de dendriet of het cellichaam van een ander neuron. Tussen het membraan van de axon (**presynaptisch membraan**) en het membraan van een ander neuron (**postsynaptisch membraan**) zit een spleetvormige ruimte (**synapsspleet**). Aan het uiteinde van de axon liggen blaasjes met een stof (**neurotransmitters**). Een neurotransmitter kan stimulerend of remmend zijn. Het kan in het postsynaptisch neuron een actiepotentiaal laten ontstaan of tegenhouden.

De overdracht van een neurotransmitter verloopt in een aantal stappen:

1. De Ca2+-poorten openen door een impuls in het axon.

2. Ca2+-ionen stromen het presynaptische neuron in.

3. De neurotransmitterblaasjes verplaatsen zich naar het presynaptisch membraan.

4. D.m.v. exocytose (het stoffen afgeven aan naar een extracellulaire ruimte) lozen ze hun neurotransmitter in de synapsspleet.

5. Bij stimulerende neurotransmitters (**exciterende** neurotransmitters) :

- Een deel van de neurotransmitters bindt zich speciale receptoren van Na+-poorten in het postsynaptisch neuron.

- Na+ poorten reageren op de neurotransmitter.

- Na+ ionen stromen het postsynaptisch neuron in.

- Het membraanpotentiaal gaat omhoog.

- Bij opening van genoeg Na+-poorten wordt de drempelwaarde bereikt.

- Er is een actiepotentiaal (een **exciterend postsynaptisch potentiaal**).

6. Bij remmende neurotransmitters (**inhiberende** neurotransmitters):

- K+-ion poorten gaan open.

- Hyperpolarisatie treedt op.

- Het membraanpotentiaal van het postsynaptisch membraan daalt verder van de prikkeldrempel (**inhiberend postsynaptisch potentiaal**).

Elk neuron maakt maar een type neurontransmitter (inhiberend of exhiberend).

Alleen presynaptische neuronen maken neurotransmitters, het gevolg is dat de richting van de neurotransmitters presynaptisch membraan 🡪 postsynaptisch membraan. Enzymen breken neurotransmitters in de synapsspleet snel af. Afbraakproducten worden recyclet in de presynaptische neuron of dienen als brandstof voor gliacellen.

*Optelsom*

Inhiberende- en exhiberende postsynaptische potentialen hebben niet dezelfde sterkte. Het effect van een neurotransmitter is vaak te gering. Dus is een actiepotentiaal afhankelijk van de **summatie** van het effect van alle inhiberende en exhiberende neurotransmitters samen gemeten binnen een bepaalde tijd. Bepaalde informatiestromen versterken elkaar en andere werken elkaar tegen.

*Medicijnen bij ADHD*

Probleem bij ADHD is ligt in de oorzaak van de synapsen van de thalamus. Er is te weinig neurotransmitter dopamine en noradrenaline (voor je stemming). Ritalin bevat methylfenidaat waardoor dopamine langer tussen de neuronen aanwezig blijft en het stimuleert de afgifte van dopamine en noradrenaline. Dit heeft het effect dat een prikkeldrempel sneller is bereikt.

14.5 Autonoom zenuwstelsel

*Een indeling van het zenuwstelsel*

Het **animaal zenuwstelsel** verzorgt het contact met de omgeving door de informatie uit zintuigen te verwerken en op de juiste manier te koppelen naar je spieren.

Het **autonoom zenuwstelsel** houdt zich bezig met zaken waar je meestal niet bij stilstaat (vb. transport van eten door de darmen).

• Buiten je wil.

• Taak is het constant houden van het intern milieu.

• Werkt samen met het hormoonstelsel.

• Beïnvloed de werking van organen.

Het autonoom zenuwstelsel bestaat uit 2 delen:

Het **orthosympatisch** deel:

• De betrokken organen zijn met het verbonden via de **grensstreng**.

• Is actief wanneer de skeletspieren actief zijn

Het **parasympatisch** deel:

• Betrokken organen zijn met verbonden via de zwervende zenuw.

• Is actief wanneer het lichaam in rust is.

Men spreekt van **dubbele innervatie**, omdat organen verbonden zijn met twee autonome systemen, waardoor activiteit zeer nauwkeurig geregeld kan worden.

Bij ADHD-patiënten overheerst het orthosympatisch zenuwstelsel waardoor er de hersenactiviteit stijgt en er hyperactief gedrag optreed.