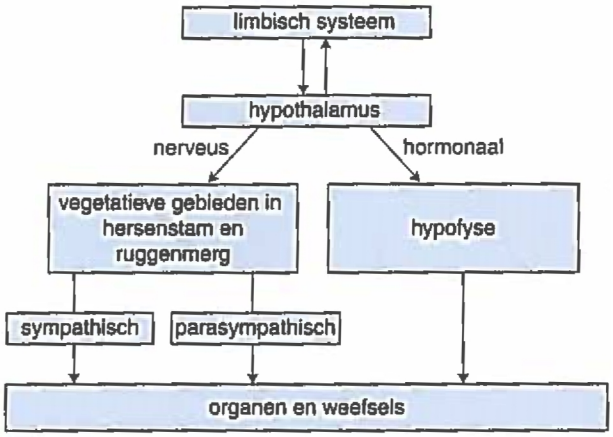
Burgt, van der M., Burgerhout, W., Alessie, J., & Houwink, A. (2017). *Fysiologie: leerboek voor paramedische opleidingen*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum.

8.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk zijn vooral functies besproken zoals waarnemen en bewegen (voortbewegen, handelen). Dit zijn animale functies, geregeld door het animale of willekeurige (deel van het) zenuwstelsel. Naast animale functies zijn er vegetatieve functies die het lichaam in staat stellen zich steeds aan te passen aan veranderende situaties en die zorgen voor homeostase (▶H. 3). Zo moet er tijdens inspanning meer bloed naar de actieve spieren. Ook in het hart, de temperatuur en bloeddruk treden veranderingen op als aanpassing aan inspanning. Dit gebeurt meestal zonder dat je je ervan bewust bent. In dit hoofdstuk bespreken we deze vegetatieve functies ten behoeve van homeostase en het deel van het zenuwstelsel dat deze functies regelt: het onwillekeurige, autonome of vegetatieve (deel van het) zenuwstelsel.



Figuur 8.1 Aansturing van vegetatieve processen door de hypothalamus

8.2 Het vegetatieve zenuwstelsel

Het vegetatieve zenuwstelsel bestaat uit twee takken of stelsels: het *parasympathische stelsel* en het *(ortho)sympathische stelsel*, kortweg de parasympathicus en (ortho)sympathicus genoemd.

De twee stelsels zijn elkaars tegenpool: ze hebben een tegengestelde werking. De parasympathicus bevordert rust, onderhoud en herstel, en bevordert spaarzaamheid met energie. De orthosympathicus activeert het lichaam, bevordert inspanning en het leveren van prestaties en bevordert het gebruik van energie.

De meeste organen zijn verbonden met beide stelsels. Zo is het mogelijk om de mate van activiteit van een orgaan nauwkeurig te regelen.

8.2.1 Functie van de parasympathicus

De parasympathicus ondersteunt onderhoud en herstel van het lichaam. De parasympathicus overheerst dan ook in rust, 's nachts en na een maaltijd.

Zo activeert de parasympathicus het spijsverteringsstelsel en uitscheiding van restproducten en worden zowel vertering en resorptie van voedingsstoffen als defecatie (poepen) en mictie (plassen) bevorderd. Er vindt opbouw van energierijke stoffen en weefsel plaats (anabolisme). De lichaamsprocessen die hiervoor zorgen, noemt men *trofotroop* (*trofo* = voeding; *tropos* = wending). Daarnaast is de parasympathicus betrokken bij de *freeze*reactie: het 'verstijven' van het lichaam in bedreigende situaties. Deze reactie speelt een rol in de stressrespons (▶par. 9.4.2).

8.2.2 Functie van de (ortho)sympathicus

De orthosympathicus stelt het lichaam in staat tot actie, prestatie, inspanning. Dat gebeurt door processen te ondersteunen die gericht zijn op activiteit. De sympathicus overheerst tijdens lichamelijke activiteit. De hartslag gaat omhoog, de bronchiën worden wijder, de pupillen verwijden zich, de actieve spieren worden meer doorbloed. Energierijke stoffen worden afgebroken, de vrijkomende energie wordt gebruikt voor arbeid (katabolisme). De lichaamsprocessen die hiervoor zorgen, noemt men *ergotroop* (*ergo* = energie).

Hierna bespreken we de onderdelen van het vegetatieve stelsel. Daartoe behoren ook de hypothalamus en het bijniermerg.

8.2.3 Hypothalamus

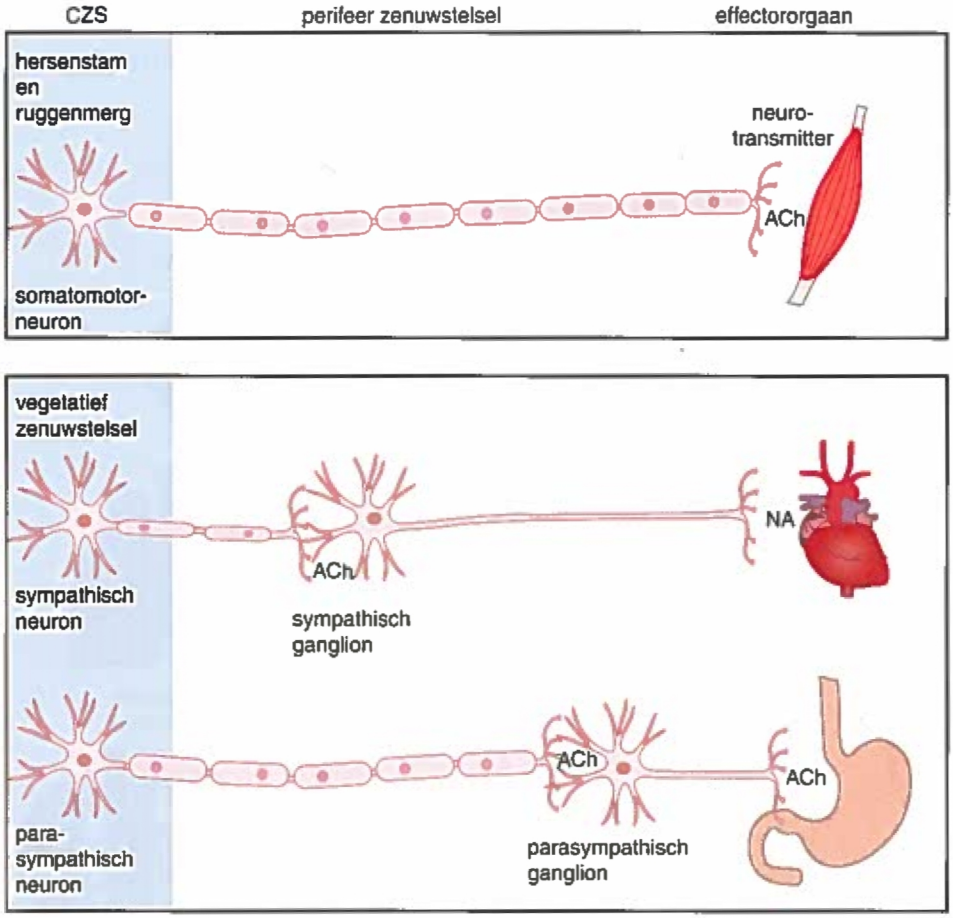
De *hypothalamus* ligt in het diëncefalon, vlak boven de hypofyse (fig. 8.1). Van hieruit worden vegetatieve processen gestuurd, zowel via neuronen als via hormonen. De hypothalamus heeft afferente en efferente verbindingen met andere hersendelen, zoals de basale kernen en het limbische systeem. Via deze verbindingen wordt de hypothalamus onder meer betrokken bij het aanpassen van lichaamsfuncties tijdens inspanning en emotionele situaties (denk bijvoorbeeld aan zweten, blozen en hartkloppingen).

In de hypothalamus liggen neuronengroepen (kernen) die homeostatische functies regelen zoals het handhaven van de lichaamstemperatuur, de waterhuishouding en het dag-nachtritme. Ook zijn er neuronengroepen die *releasing factors* afgeven: stoffen die hormoonklieren zoals de hypofyse activeren (▶par. 16.5).

Vanuit de hypothalamus dalen banen af naar vegetatieve neuronengroepen in de hersenstam en het ruggenmerg. Vanuit deze neuronengroepen lopen perifere vezels naar inwendige organen, bloedvaten en de huid.

8.2.4 Perifere vegetatieve vezels

Terwijl de α-motorische vezels in het animale zenuwstelsel vanuit het ruggenmerg zonder overschakelen hun effectororgaan (spier) bereiken, schakelen vegetatieve vezels op een volgend



Figuur 8.2 Kenmerken van vegetatieve vezels en hun neurotransmitters. (CZS = centraal zenuwstelsel; NT = neurotransmitter; ACh = acetylcholine; NA = noradrenaline.)

neuron over, voordat de prikkel het effectorgaan bereikt. Deze overschakeling vindt plaats in de vegetatieve *ganglia*: groepen neuronen die buiten het centrale zenuwstelsel liggen (▶par. 6.2.1; en fig. 8.3 en 8.4).

De ganglia van de parasympathicus liggen in de wand van het effectororgaan of er vlakbij. De parasympathicus heeft dus lange preganglionaire vezels (van centraal zenuwstelsel naar ganglion) en korte postganglionaire vezels (van ganglion naar doelorgaan). De sympathische ganglia liggen daarentegen vlak bij het ruggenmerg. De sympathische preganglionaire vezels zijn kort, de postganglionaire lang (fig. 8.2).

Er is nog een verschil tussen somatomotorische zenuwvezels en vegetatieve zenuwvezels. Somatomotorische vezels hebben een dikke myelineschede en geleiden daardoor snel. Preganglionaire vegetatieve vezels hebben dunne myelinescheides; postganglionaire vezels zijn ongemyeliniseerd (▶par. 5.5.3). Vegetatieve vezels geleiden daardoor langzamer dan animale vezels.

Verloop

Veel vegetatieve zenuwvezels lopen in de perifere zenuwen mee met somatische zenuwvezels. Er zijn een paar uitzonderingen. Voor zover relevant worden ze vermeld.

8.2.5 Structuur van de parasympathicus en sympathicus

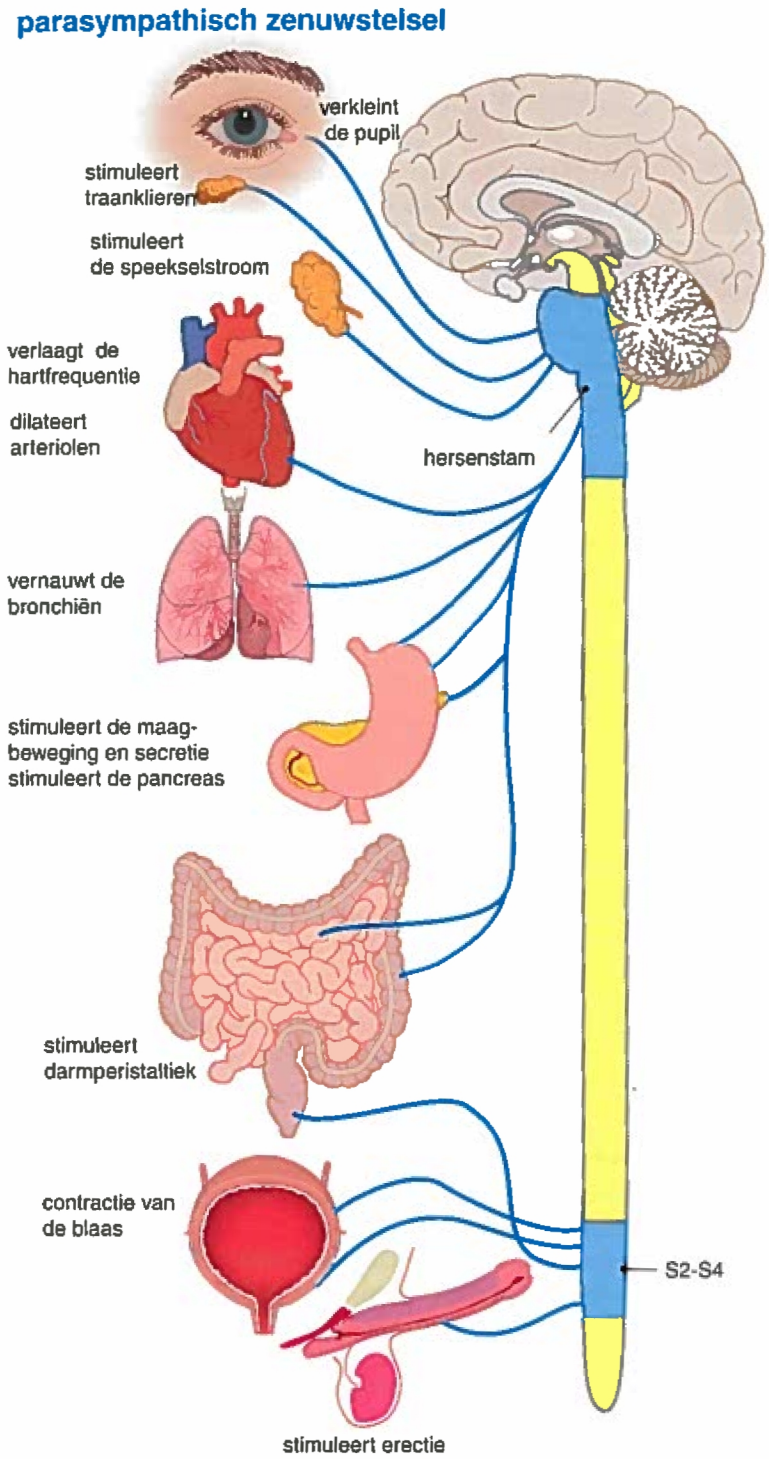
Parasympathicus

Neuronengroepen van de parasympathicus liggen in twee gebieden (fig. 8.3).

- De hersenstam. Van hieruit lopen vezels via verschillende zenuwen naar het oog en de speekselklieren. Ook ontspringt hier de (parasympathische) tiende hersenzenuw of *nervus vagus*. De vezels van de n. vagus lopen naar het hart, de bronchiën, lever, galblaas, maag, dunne darm en dikke darm.
- Het sacrale ruggenmerg, in de zijhoorn tussen de voor- en achterhoorn in, in de segmenten S_2–S_4. Van hieruit lopen vezels naar de blaas, de baarmoeder en de genitaliën.

Sympathicus

Neuronengroepen van de sympathicus liggen in de zijhoorn van het thoracale en lumbale ruggenmerg, in de segmenten C_8–L_2. Naast het ruggenmerg ligt aan weerszijden de sympathische *grensstreng*: een reeks ganglia die onderling verbonden zijn door zenuwvezels. Deze ganglia zijn een schakelstation voor een deel van de sympathische vezels (fig. 8.4). Daarin is te zien



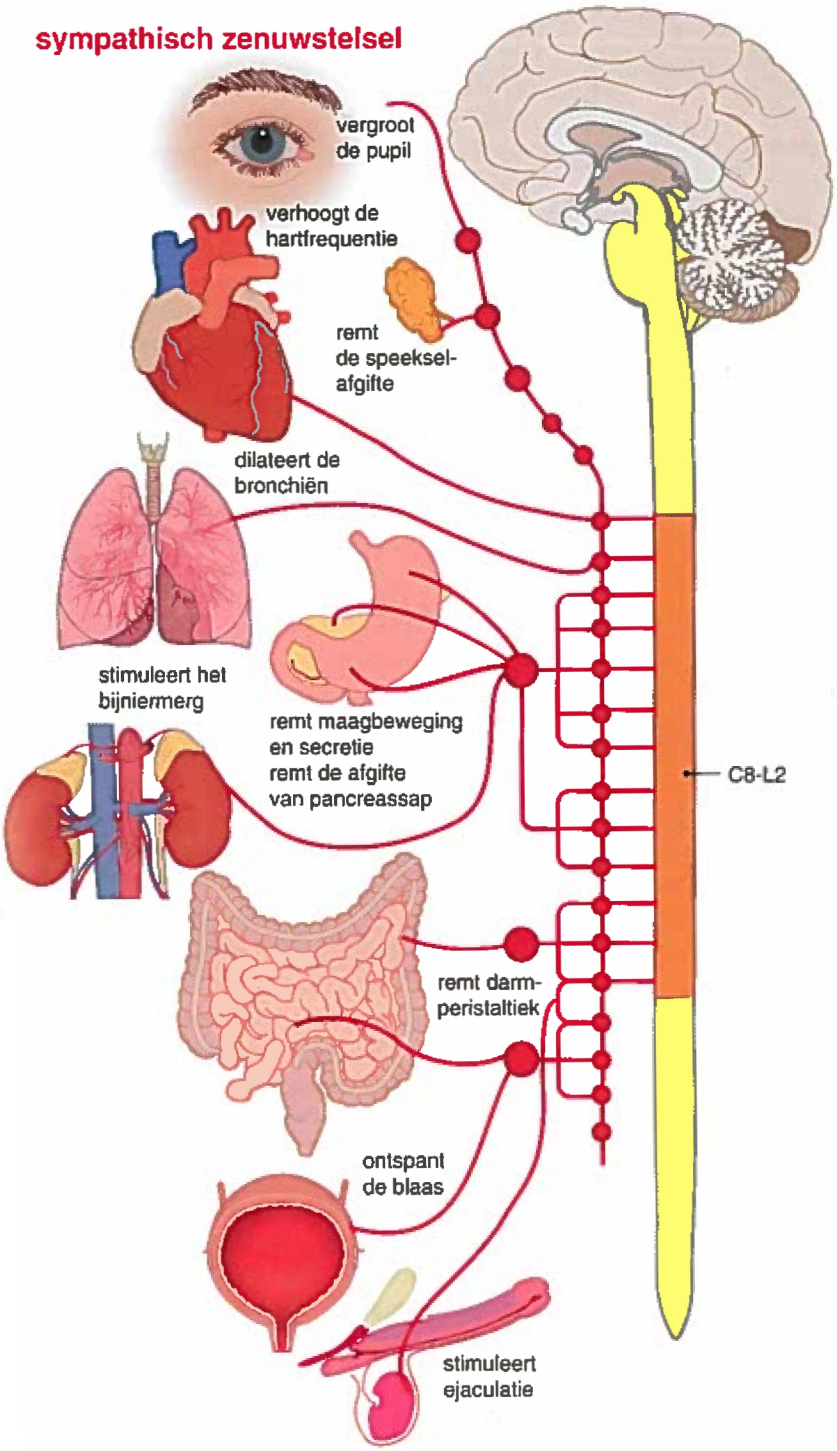
Figuur 8.3 Structuur van de parasympathicus

dat een deel van de vezels uit de hoogste segmenten (C_8–Th_4) niet overschakelt in het bijbehorende ganglion, maar door de grensstreng omhoog loopt, dan overschakelt en vervolgens het oog en andere structuren in het hoofd-halsgebied innerveert.

Vezels naar de buikorganen schakelen niet over in de grensstreng, maar verderop in ganglia ventraal van de wervelkolom in de buikholte (prevertebrale ganglia, fig. 8.4). We bespreken de structuur en de schakelstations stap voor stap.

8.3 Prikkeloverdracht in het vegetatieve zenuwstelsel

De zenuwuiteinden van vegetatieve zenuwvezels hebben geen gespecialiseerde structuur voor prikkeloverdracht, zoals een synaps of motorische eindplaat. De neurotransmitter die wordt afgegeven bereikt daardoor meer cellen in de buurt van het zenuwuiteinde.



Figuur 8.4 Structuur van de sympathicus

8.3.1 Neurotransmitters

Bijna overal in het vegetatieve zenuwstelsel is *acetylcholine* de neurotransmitter, pre- en postganglionair. Alleen aan het uiteinde van de sympathicus is de neurotransmitter meestal *noradrenaline*. De cellen van de effectororganen hebben op hun membraan receptoren voor neurotransmitters die de informatie voor de cel 'vertalen'. Organen met zowel parasympathische als sympathische zenuwuiteinden krijgen zo, door het verschil tussen neurotransmitters, specifieke informatie. Ze kunnen op beide neurotransmitters reageren, met een verschillend resultaat (▶kader 8.1).

Tabel 8.1 Effecten van de sympathische prikkeling van α- en β-receptoren op diverse doelorganen

doelorgaan	receptortype	effect
hart		
– sinusknoop	β_1	verhoging van de vuurfrequentie
– atrioventriculaire knoop (AV-knoop)	β_1	verhoging van de geleidingssnelheid
– myocard	β_1	vergroting van de contractiekracht
– coronaire vaten	α	vasoconstrictie
	β_2	vasodilatatie
venen		
– capaciteitsvaten	α	venenconstrictie
– skeletspierarteriolen	α	vasoconstrictie (in rust)
	β_2	vasodilatatie
	cholinerg	vasodilatatie
bronchiën	β_2	relaxatie gladde musculatuur, verwijding lumen
huid		
– huidarteriolen	α	vasoconstrictie, verbleken
– zweetklieren	cholinerg!	zweetsecretie
– haarspiertjes	α	contractie, kippenvel
– vetweefsel	β_3	lipolyse
maag-darmkanaal		
– maag	β_2	vermindering spiercontracties
– darmen	β_2	remming peristaltiek
– lever	β_2	glycogenolyse
– arteriolen	α	vasoconstrictie

8.3.2 Werkingsduur van neurotransmitters

Acetylcholine aan het eind van de parasympathicus in het effectororgaan, wordt snel onwerkzaam gemaakt. De deactivering van noradrenaline aan het eind van de sympathicus duurt langer. Door de snelle afbraak van acetylcholine kan een toestand van rust bij schrik of de start van inspanning snel overgaan in een alerte, actieve situatie (ergotrope toestand). Andersom gaat veel langzamer. Na inspanning of schrik duurt het langer voordat de rusttoestand van het lichaam (trofotrope toestand) ontstaat.

Kader 8.1 Receptoren voor noradrenaline en adrenaline

De sympathicus heeft effecten die per doelorgaan verschillen. Zo zet noradrenaline de hartspiervezels aan tot sterkere contractie, terwijl de gladde spieren in de wand van de kransslagaders ontspannen, waardoor de kransslagaders wijder worden. In de darmen worden de bloedvaten juist nauwer tijdens sympathische prikkeling en is er in een ergotrope toestand weinig darmactiviteit.
Deze verschillende reacties zijn mogelijk doordat er op de celmembranen verschillende receptormoleculen voor noradrenaline (en adrenaline) voorkomen. Men onderscheidt α- en β-adrenerge receptoren. Ze zijn te vinden in verschillende typen organen.

- Organen die vooral herstel en rust ondersteunen (trofotrope organen zoals de darm), moeten worden geremd om een ergotrope toestand tot stand te brengen; dat gebeurt via α-receptoren op de celmembranen van bijvoorbeeld bloedvaten in de darm
- Organen die een toestand van inspanning ondersteunen (ergotrope organen zoals het hart), hebben vooral β-receptoren.

Binnen α- en β-receptoren wordt vervolgens onderscheid gemaakt tussen α_1-, α_2-, β_1-, β_2- en β_3-receptoren. Tabel 8.1 geeft een overzicht van de effecten van neurotransmitters op verschillende receptoren.
Door de verschillen tussen de receptoren is het mogelijk geneesmiddelen met een specifieke werking te ontwikkelen. Zo zijn er middelen die selectief de β_1-receptoren blokkeren (selectieve β-blokkers). Ze hebben invloed op de frequentie en de contractiekracht van het hart, terwijl ze weinig invloed hebben op de bloedvaten en bronchiën.

8.3.3 Het bijniermerg als onderdeel van de sympathicus

Het sympathische stelsel oefent zijn werking uit via de sympathische zenuwvezels. Er is daarnaast nog een andere weg om de activerende functie uit te voeren, namelijk via het hormoon *adrenaline*, afkomstig uit het bijniermerg (*ad* = bij; *ren* = nier). Het bijniermerg ontvangt prikkels via de preganglionaire vezels en geeft daarop adrenaline af. Daarom wordt het bijniermerg beschouwd als een 'sympathisch ganglion' en als onderdeel van het sympathische stelsel (▪fig. 8.4).

Het hormoon adrenaline bereikt via het bloed alle weefsels in het lichaam, ook weefsels die niet via sympathische zenuwvezels worden bereikt. Daarom is stimuleren van het bijniermerg een geschikte manier om het gehele lichaam in een verhoogde staat van paraatheid te brengen (*arousal*). Dit gebeurt onder andere bij inspanning en stress (▸par. 9.4.2).

Adrenaline in het bloed wordt minder snel afgebroken dan noradrenaline aan de zenuwuiteinden. Wanneer adrenaline uit het bijniermerg in het bloed komt, houdt het effect enkele minuten aan.

8.4 Invloed van de sympathicus en parasympathicus op diverse organen en de huid

8.4.1 Hart en grote circulatie

De sympathicus stimuleert de hartactiviteit. De ontladingsfrequentie van de pacemakercellen (▸par. 10.3.1) wordt hoger, de contractiekracht van de hartspiercellen (myocard) neemt toe. Daardoor neemt het hartminuutvolume toe. Bovendien stroomt er meer bloed naar de weefsels door beïnvloeding van β_1-receptoren.

De parasympathicus daarentegen verlaagt de hartfrequentie, maar heeft geen invloed op de contractiekracht van het myocard. Onder invloed van parasympathische activiteit is de hartfrequentie in rust 60–80 slagen per minuut, lager dan de spontane ontladingsfrequentie van 100 per minuut van de pacemakercellen.

De meeste arteriën van de huid en inwendige organen worden nauwer door sympathische prikkeling van α-receptoren.

8.4.2 Skeletspieren

Arteriën van de skeletspieren worden alleen door de sympathicus beïnvloed. Ze bevatten zowel α- als β-receptoren. Spieren hebben in rust nauwe arteriolen doordat noradrenaline in lage concentraties alleen de α_1-receptoren prikkelt. Bij het begin van een beweging worden de β_2-receptoren gestimuleerd door het hormoon adrenaline uit het bijniermerg en de verhoogde noradrenalineafgifte van de sympathicus. Hierdoor treedt vaatverwijding op, waardoor de doorstroming door de spieren toeneemt. Daarnaast geven de endotheelcellen door toegenomen wrijving het vaatverwijdende weefselhormoon stikstofmonoxide (NO) af. Tot slot wordt de vaatverwijding ondersteund door stofwisselingsproducten uit de actieve spiercellen (▸par. 10.4.6).

8.4.3 Maag-darmkanaal

Gladde spieren van het maag-darmkanaal kunnen zelfstandig werken, maar worden beïnvloed door zenuwnetwerken in de darmwand en parasympathische prikkeling via de n. vagus. Parasympathische prikkeling bevordert de afscheiding van spijsverteringssappen, peristaltiek en ontspanning van sluitspieren. Daardoor verloopt de spijsvertering beter.

Sympathische prikkeling daarentegen veroorzaakt sterke vaatvernauwing in het maag-darmkanaal en remming van de peristaltiek. In een ergotrope toestand, zoals bij zware inspanning, staat de spijsvertering bijna stil. In deze situatie wordt opgeslagen energie vrijgemaakt, onder andere door glycogeen in de lever af te breken tot glucose. Daarnaast geeft vetweefsel vetzuren af, geprikkeld door noradrenaline in het bloed en via sympathische vezels.

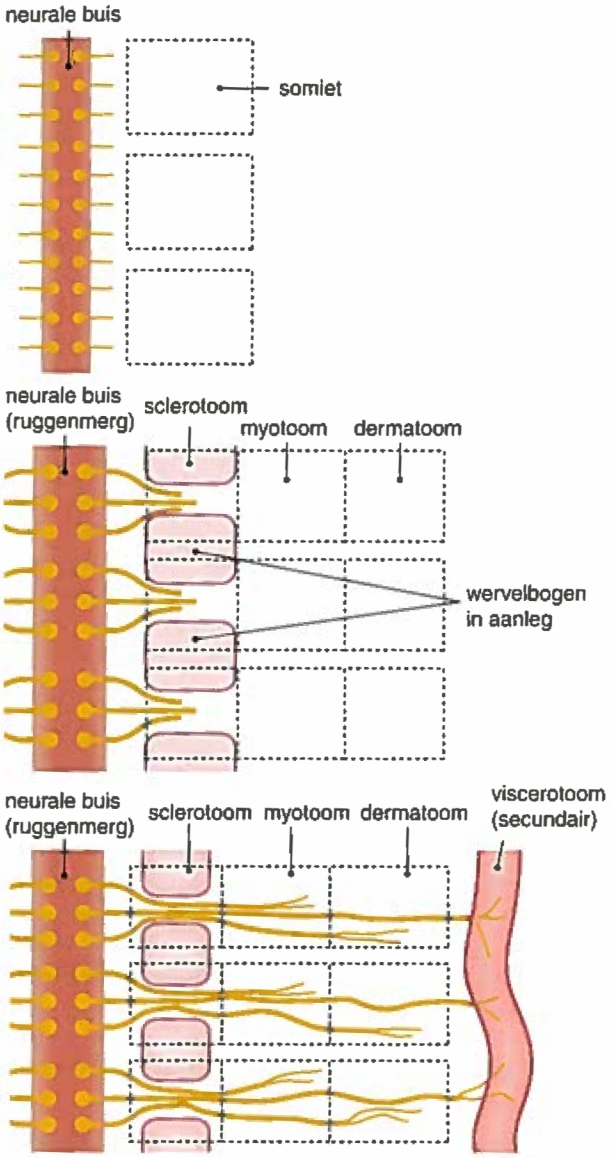
8.4.4 Huid

Zweetklieren, haarspiertjes en bloedvaten in de huid worden door de sympathicus geprikkeld. Voor zweetklieren heeft de sympathicus echter een andere neurotransmitter (acetylcholine) dan voor de andere twee structuren (noradrenaline). Zo kunnen de zweetklieren los van de andere structuren worden geprikkeld. Bij kou worden alleen de bloedvaten en haarspiertjes ('kippenvel') via de sympathicus geprikkeld, in een warme omgeving en bij inspanning alleen de zweetklieren. Tegelijkertijd worden dan de adrenerge vezels vanuit de hypothalamus geremd, waardoor vaatverwijding optreedt en warmte uit de lichaamskern naar de huid kan afvloeien. Door verdamping van het zweet wordt de huid vervolgens gekoeld.

8.5 Vegetatieve reflexen en segmentale relaties

8.5.1 Vegetatieve reflexen

Bij de term 'vegetatief zenuwstelsel' denkt men vaak alleen aan de motorische (efferente) delen ervan: sympathicus en parasympathicus. Maar er is ook een uitgebreid netwerk van vegetatief sensorische (afferente) vezels, die langs verschillende wegen het centrale zenuwstelsel bereiken. Deze vezels vervoeren prikkels uit enterosensoren (▸par. 7.2). Tot de enterosensoren horen bijvoorbeeld tast- en smaaksensoren in de tong en rekgevoelige sensoren in de wand van de bloedvaten, de urineblaas en het maag-darmkanaal. De vegetatief sensorische informatie wordt grotendeels verwerkt op archiniveau (▸par. 6.3.3): vegetatieve reflexen. Je komt een aantal van deze reflexen tegen in de hoofdstukken over lichaamsfuncties.



Figuur 8.5 Segmentale innervatie

Van veel vegetatieve reflexen, zoals de baroreceptorreflex (▶par. 10.4.4) en de reflexwerking in de meeste onderdelen van het maag-darmkanaal, merk je niets. Van andere reflexen, zoals de defecatie- en mictiereflex, word je je wel bewust. Of beter gezegd: je wordt je bewust van de sensorische signalen en je kunt besluiten om daar gehoor aan te geven of de ontlasting of plas op te houden (▶par. 12.2.5 en 13.5).

8.5.2 Het ontstaan van segmenten

Bij het sluiten van de neurale buis in het embryo (▶kader 6.4) groepeert het weefsel aan weerszijden van de buis zich in een serie van 31 bogen. Die worden segmenten of *somieten* genoemd. Vanuit de neurale buis, op de plaatsen waar de tussenwervelschijven worden aangelegd, groeien bundels zenuwvezels de somieten binnen (fig. 8.5). Elke somiet krijgt een eigen zenuw. Op die manier ontstaan 31 paren spinale zenuwen.

Uit het weefsel van de somieten ontstaan spieren, botten en bindweefselstructuren:

- myotoom: motorische eenheden die door één segmentale zenuw worden geïnnerveerd;
- sclerotoom: bindweefselstructuren (inclusief bot en kraakbeen) die door één segmentale zenuw worden geïnnerveerd;
- dermatoom: huidgebied dat door één segmentale zenuw wordt geïnnerveerd;

Segmentale bouw van het lichaam

In het volwassen lichaam is de segmentale opbouw herkenbaar in de wervelkolom en de ribben. Deze zijn ontstaan uit de sclerotomen. Bij andere lichaamsstructuren is de segmentale afkomst (en dus ook het segmentale innervatiepatroon) minder duidelijk. Dit komt doordat weefsels tijdens de ontwikkeling van het embryo ten opzichte van elkaar verschuiven. Hierbij blijft de oorspronkelijke innervatie behouden. Vooral in de armen en benen, die in de tweede maand van de ontwikkeling uitgroeien, zijn de verschuivingen sterk. Ook kunnen die per persoon verschillen. De grenzen van dermatomen, myotomen en sclerotomen in fig. 8.6 en 8.7 zijn bedoeld als globale aanduidingen.

De inwendige organen ontstaan niet uit de somieten, maar uit de oerdarm: een buisvormige structuur die van mond tot anus doorloopt in de lengte van het embryo. Viscerotomen ontstaan doordat elke segmentale zenuw uitgroeit naar een deel van die oerdarm (fig. 8.6).

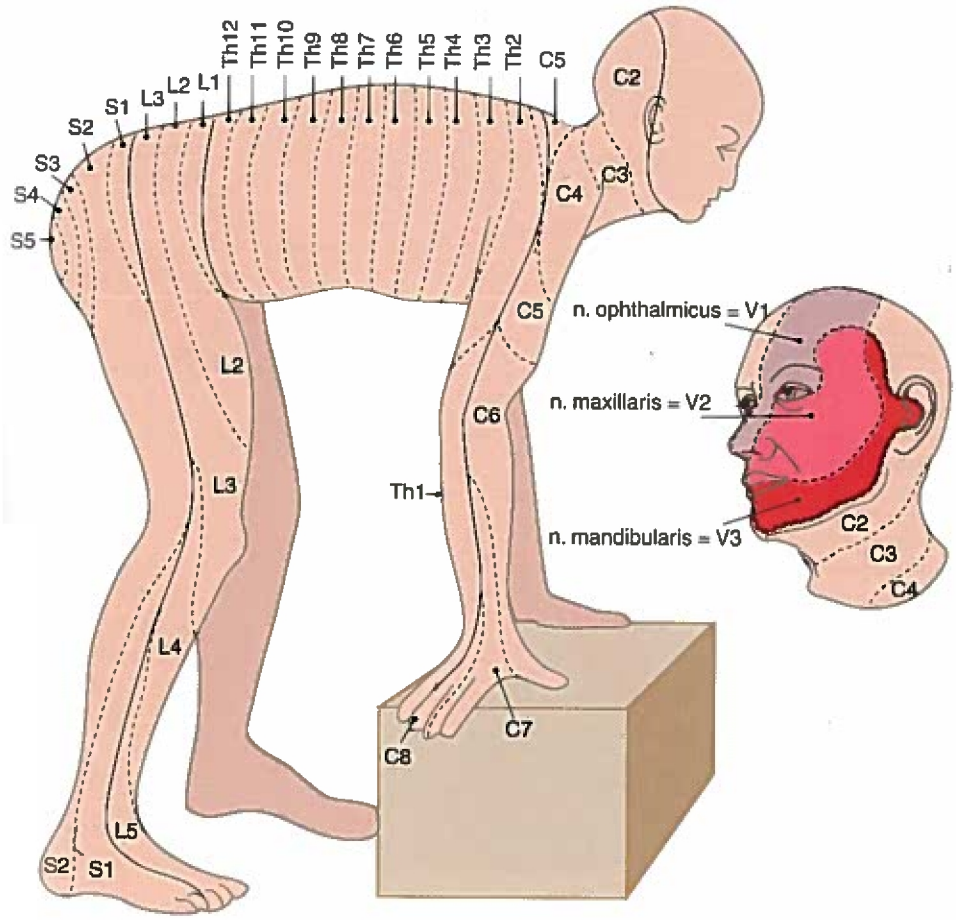
De huid heeft naast de somatische zenuwvoorziening ook een sympathische innervatie. De sympathische vezels van een huidgebied komen echter uit andere ruggenmergsegmenten dan de somatische vezels. Dat komt door de bijzondere structuur van het sympathische zenuwstelsel (▶par. 8.2.5 en fig. 8.4).

Figuur 8.6 laat de dermatomen zien. Figuur 8.7 laat de dermatomen, myotomen en sclerotomen (osteotomen) van de rechterarm zien.

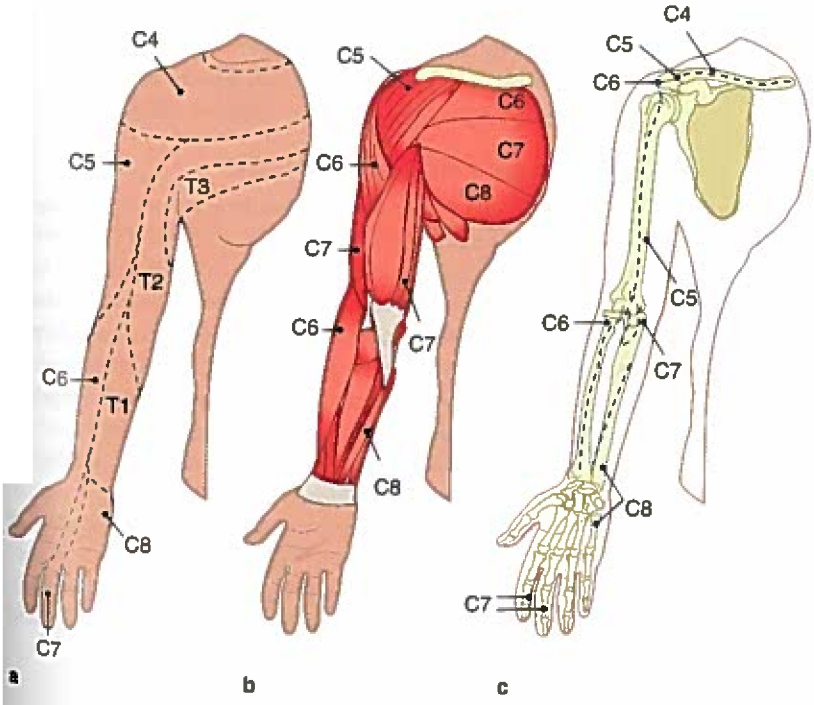
8.5.3 Interacties op segmentaal niveau

Door de vele verbindingen via schakelcellen in het ruggenmerg kunnen weefsels binnen een segment of enkele naastgelegen segmenten elkaar beïnvloeden. Schakelcellen in het ruggenmerg verbinden namelijk niet alleen somatosensorische neuronen met somatomotorische neuronen maar ook bijvoorbeeld viscerale afferenten met somatische efferenten. Zo kan een prikkel vanuit een inwendig orgaan invloed hebben op spierweefsel in het segment via een viscero-somatische reflex. Een voorbeeld hiervan is de verhoogde spiertonus van buikspieren (*défense musculaire*) bij een blindedarmontsteking.

Op dezelfde wijze kunnen nier- en pancreasziekten zich uiten in hypertonie van rugspieren die vanuit dezelfde segmenten worden geïnnerveerd. Prikkeling vanuit de lever en galblaas



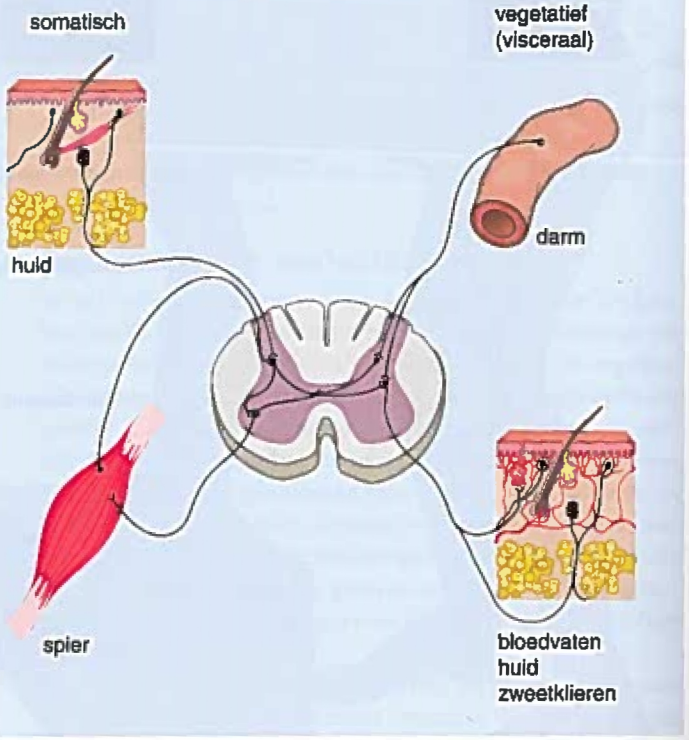
Figuur 8.6 Dermatomen



Figuur 8.7 Dermatomen (a) myotomen (b) en sclerotomen (c) van de rechterarm

Tabel 8.2 Soorten reflexen

reflexweg	– voorbeeld
1. somato-somatische reflex	– spierrekkingsreflex – terugtrekreflex
2. somato-vegetatieve reflex	– tranen van het oog als er een vuiltje in zit – erectie bij prikkeling van een (sacrale) erogene huidzone
3. vegetatief-vegetatieve reflex	– prikkeling vanuit een inwendig orgaan kan in het huidsegment vaatverwijding of vaatvernauwing veroorzaken – rek van de blaas leidt tot de mictiereflex – daling van de bloeddruk veroorzaakt vaatvernauwing en stijging van de hartfrequentie
4. vegetatief-somatische reflex	– hypertone buikspieren bij ontstekingen in de buikholte die het omliggende buikvlies prikkelen – hypertone zones in de rug bij aandoeningen van de alvleesklier, eierstok of nier



beïnvloedt de rechterzijde van het segment, terwijl prikkeling vanuit de pancreas de linkerzijde van het segment beïnvloedt.

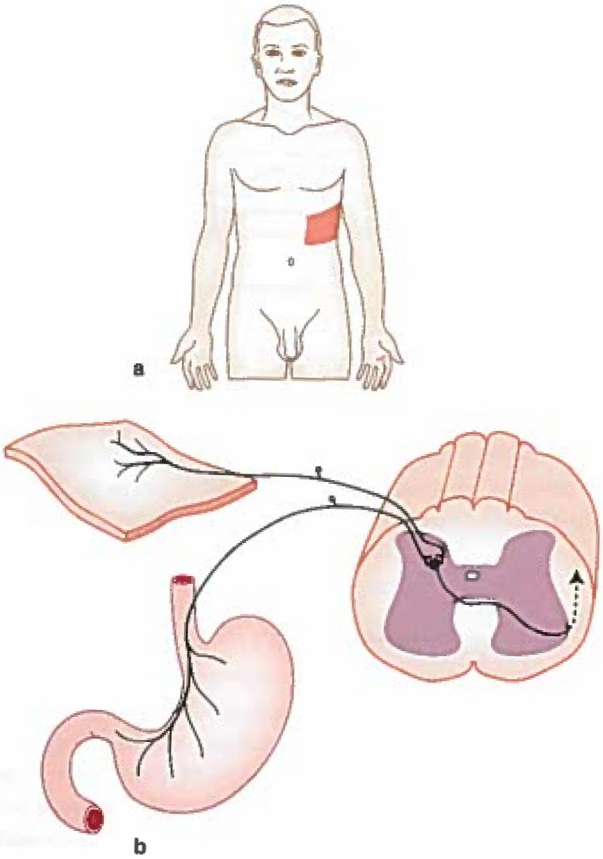
Zo zijn te onderscheiden (tab. 8.2):

- somato-somatische reflexen;
- somato-vegetatieve of somato-viscerale reflexen;
- vegetatief-somatische of viscero-somatische reflexen;
- vegetatief-vegetatieve of viscero-viscerale reflexen.

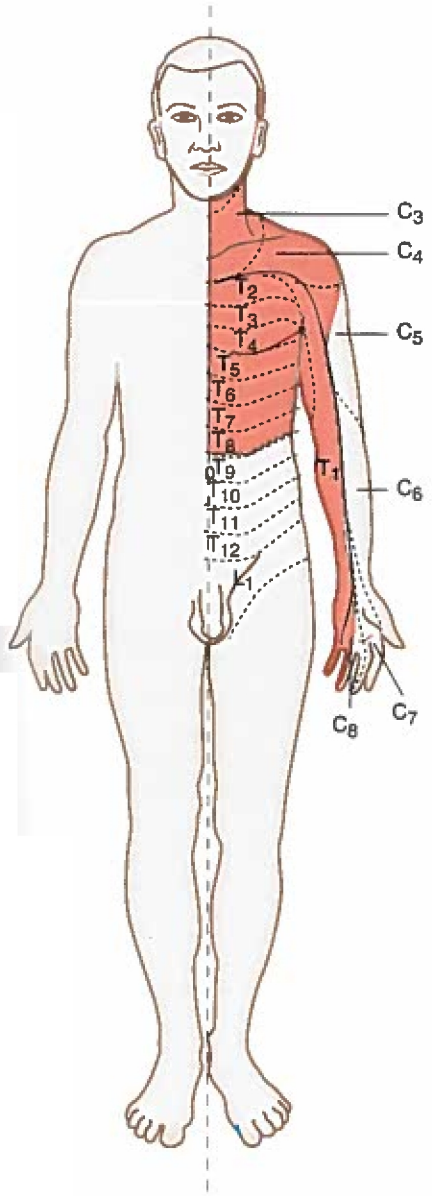
Referred pain en zones van Head

Soms wordt pijn gevoeld op een andere plaats dan waar de pijnvezels worden geprikkeld. Dit verschijnsel heet *referred pain*. Vaak is het niet zozeer pijn, maar overgevoeligheid voor aanraking (hyperesthesie) in een huidgebied dat overeenkomt met bepaalde dermatomen. Bij sommige organen wordt de pijn vooral aan één lichaamszijde gevoeld: links voor het hart en de pancreas, rechts voor de lever en de galblaas. Deze huidgebieden worden zones van Head genoemd (fig. 8.8).

De meest aanvaarde verklaring voor referred pain is de convergentie-projectietheorie. Sensibele vezels uit dermatomen en sclerotomen maken gebruik van dezelfde schakelcellen (convergentie) die die informatie voortgeleiden naar de projectiegebieden in de hersenen. Daardoor kun je niet goed onderscheiden of een prikkel uit een inwendig orgaan of de huid



Figuur 8.8 Pijnzones van Head



Figuur 8.9 Het gebied van referred pain en vegetatieve reacties bij hartklachten. (Naar een tekening van Teirich Leube.)

komt. Omdat wij meer geconditioneerd zijn op prikkels uit de huid dan op prikkels uit de ingewanden (die immers zelden tot het bewustzijn doordringen), wordt de geprojecteerde pijn van een inwendig orgaan als pijn in de huid gevoeld.

Voorbeelden zijn de pijn in de arm, hals en kaak bij zuurstofgebrek van het hart (angina pectoris) en de pijn in de rechterschouder bij klachten van de galblaas (▶kader 8.2 en fig. 8.9).

Kader 8.2 Segmentale verschijnselen bij hartziekten

Bij patiënten met ischemische hartklachten (klachten door zuurstofgebrek) zijn vaak segmentale verschijnselen waar te nemen. Er is pijn op de borst, die kan uitstralen naar de linkerschouder en -onderarm. Ook de nek en de onderkaak kunnen pijnlijk zijn. Soms is de pupil van het linkeroog verwijd. Zweetreacties en een bleke gezichtshuid komen eveneens voor (fig. 8.9).

De pijn in de linkerarm en op de borst is *referred pain* van de segmenten C_8–Th_5 (zones van Head). Ook zijn zones van Head te verwachten op de rug ter hoogte van het schouderblad (links). De m. pectoralis wordt hypertoon en pijnlijk doordat de myotomen C_8 en Th_1 geactiveerd worden.

In de hals en het aangezicht worden de vaten en de zweetklieren door sympathische vezels uit C_8 tot en met Th_2 verzorgd. Daardoor kunnen bleek worden en zweetreacties in het gelaat, hoewel ze ver van het hart plaatsvinden, via viscero-somatische reflexactiviteit worden verklaard.