

Reageren op veranderingen

Reageren op veranderingen Theorie

Wil Laval
Cees Walst

eerste druk, 2002



Artikelcode: 23040.2

Colofon

Auteurssteam: Wil Laval, Cees Walst

Redactie: LOI en Studio Maan, Feico Hoekstra, Michelle Heinen

Illustraties: LOI

© 2002 LOI, Leiderdorp, Nederland

De copyrights op dit materiaal berusten bij het LOI te Leiderdorp, het materiaal wordt onder licentie uitgegeven door het Ontwikkelcentrum te Ede.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Ontwikkelcentrum.

Voorwoord

Deze uitgave bevat de onderwijseenheid 'Anatomie, fysiologie en pathologie d' van de deelkwalificatie 'Anatomie, fysiologie en pathologie'. Voor de onderwijseenheid is er een uitgave met opdrachten en bronnen en een uitgave met theorie.

Opdrachten

Aan het begin van elke opdracht staat het opdracht doel. Daar staat wat je aan het einde van de opdracht moet kunnen. De opdrachten bevorderen de zelfwerkzaamheid. Met de opdrachten kun je je kennis in de praktijk toetsen of bepaalde vaardigheden trainen. Als je alle opdrachten met voldoende resultaat hebt uitgevoerd, beheers je de stof.

Bronnenoverzicht

Om de opdrachten uit te voeren heb je informatie nodig. Hiervoor kun je het bijbehorende theorieboek gebruiken. Maar je kunt ook andere bronnen raadplegen. In het bronnenoverzicht staat waar je allemaal informatie kunt vinden over zintuigen, het zenuwstelsel en over endocriene klieren. Dit kunnen boeken zijn, maar ook vakbladen, folders, video's, het internet, et cetera.

Theorie

Het theorieboek bevat de theorie die je het meest nodig hebt en die niet gauw verandert.

Om het bestuderen en verwerken van de tekst gemakkelijker te maken kun je aan het einde van elke paragraaf verwerkingsvragen maken.

Wij wensen je veel succes bij het werken met deze uitgave.

De auteurs

Inleiding

Het zenuwstelsel is een orgaansysteem dat acties van de andere organen van het lichaam coördineert. Het zenuwstelsel laat het lichaam reageren op veranderingen die in en buiten het lichaam plaatsvinden. Zintuigen zorgen voor het waarnemen van die veranderingen. Hierover gaat hoofdstuk 1. De anatomie van het oor, het oog en van de evenwichtsorganen zul je goed moeten kennen. Ook moet je weten welke zintuigen zich in de huid bevinden. Tot slot leer je de werking van zintuigen begrijpen.

De prikkels die door de zintuigen worden opgevangen, worden door zintuigcellen omgevormd tot zenuwprikkels en opgevangen en verwerkt door het zenuwstelsel. Het zenuwstelsel geeft bevel tot uitvoering aan spieren, klieren en andere organen. In hoofdstuk 2 kom je te weten hoe dit in zijn werk gaat. Je leert over de anatomie van het zenuwstelsel. Daarnaast leer je hoe het zenuwstelsel reageert op veranderingen die in of buiten het lichaam plaatsvinden.

Het coördineren van de werking van weefsels en organen gebeurt echter niet alleen door middel van het (autonome) zenuwstelsel. Er zijn ook signaalstoffen die snel via het bloed over het hele lichaam vervoerd worden. Een signaalstof die ergens in het lichaam wordt gemaakt en via het bloed vervoerd wordt naar zijn doelorgaan heet een hormoon. Hormonen worden geproduceerd door klieren met inwendige afscheiding, ook wel secretie genoemd. De anatomie en fysiologie van deze zogeheten endocriene klieren zijn het onderwerp van hoofdstuk 3.

Aangezien veel ziekten hun oorsprong vinden in het niet goed functioneren van genoemde stelsels/systemen is het belangrijk dat je als dierenartsassistent(e) een goede kennis hebt van de anatomie en fysiologie ervan.

Inhoud

Voorwoord 5

Inleiding 6

1 Zintuigen 9

- 1.1 Taak 9
- 1.2 Het zien 10
- 1.3 Het gehoor 14
- 1.4 De reuk 18
- 1.5 De smaak 18
- 1.6 Het gevoel 19
- 1.7 Afsluiting 20

2 Het zenuwstelsel 22

- 2.1 Taak en anatomie 22
- 2.2 Centrale zenuwstelsel 23
- 2.3 Perifere zenuwstelsel 32
- 2.4 Autonome en willekeurige zenuwstelsel 33
- 2.5 Afsluiting 35

3 Endocrinologie 36

- 3.1 Hormonen 36
- 3.2 Hypothalamus en hypofyse 36
- 3.3 Nieren en bijniere 38
- 3.4 Schildklieren en bijschildklieren 40
- 3.5 Pancreas 41
- 3.6 Afsluiting 42

Trefwoordenlijst 45

1 Zintuigen

Oriëntatie

Dit hoofdstuk gaat over zintuigen. Je weet al dat er in de huid zintuigen te vinden zijn waar je iets van af hoort te weten. Behalve de huid ken je vast ook nog wel andere zintuigen. Ogen en oren zijn bijvoorbeeld belangrijke zintuigen, maar ook met je neus en mond kun je bepaalde zaken waarnemen.

1.1 Taak

De algemene taak van zintuigen is het opdoen van indrukken. Via de perifere zenuwen worden indrukken doorgegeven aan de hersenen. Deze laten het lichaam dan op een zo goed mogelijke manier op de indrukken reageren.

Indrukken kunnen van *buitenaf* komen, in de vorm van licht, geluid, richting van zwaartekracht, geur, smaak, druk, temperatuur en pijn. Deze worden waargenomen door achtereenvolgens het oog, het oor, het evenwichtsorgaan, de neus, het smaakzintuig en de laatste drie door de huid. Over deze zintuigen gaat dit hoofdstuk.

Soms reageren de hersenen op indrukken van buitenaf met verandering van processen in het lichaam. Een voorbeeld is de loopsheid of de krolsheid. Via de ogen registreren de hersenen de duur van het daglicht. Als dat na de winter tot een bepaald aantal uren komt, maken de hersenen een bepaald hormoon aan, waardoor het dier loops of krols wordt. Maar meestal is de reactie op invloeden van buitenaf ook naar buiten gericht. Als bijvoorbeeld een kat zijn baasje met een propje papier ziet spelen, kan het dier besluiten mee te doen.

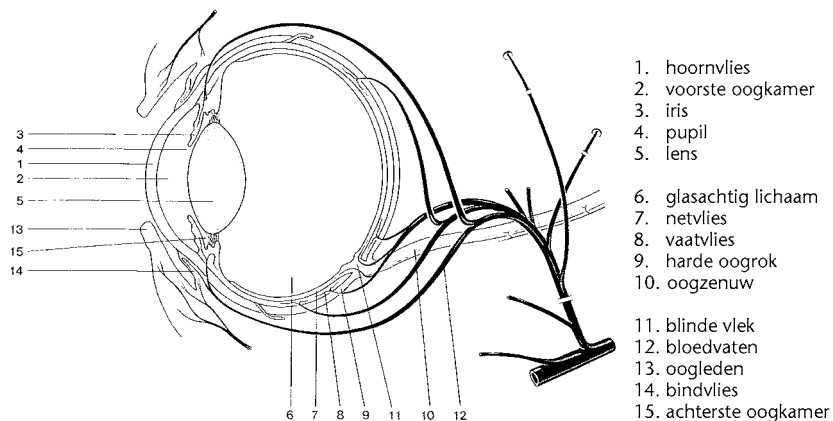
binnen het lichaam

Indrukken kunnen natuurlijk ook van *binnen het lichaam* komen, zoals de spanningstoestand van de spieren, het al of niet gevuld zijn van de maag, de bloedsuikerspiegel en de bloeddruk. Zintuigen die deze indrukken (ook wel 'prikkel' of 'stimuli' genoemd) waarnemen, zijn bijvoorbeeld de cellen die de spanning van een spier of pees aan de hersenen doorgeven. Ook zijn er cellen die de bloeddruk meten in de wand van de slagaders die van het hart naar de kop lopen en cellen in de hersenen die meten hoeveel suiker er in het bloed is. Als er te weinig suiker in het lichaam is, krijgt het dier honger en zal het op jacht gaan.

1.2 Het zien

Voor het zien gebruik je je ogen. Het oog werkt eigenlijk als een videocamera. Het is in principe een lens die beelden projecteert op een lichtgevoelig scherm. Dat scherm produceert elektrische signalen. Een videocamera legt die signalen vast op een videocassette, het oog geeft de signalen door naar het gezichtscentrum in de hersenen. Door de oogkas, die gevormd wordt door de schedelbeenderen, is het oog van achter en opzij goed beschermd. De voorkant van het oog wordt beschermd door de oogleden.

Fig. 1.1
Het oog



Oogleden

Dieren hebben drie oogleden: een onderste ooglid, een bovenste ooglid en een derde ooglid, ook wel *knipvlies* of *membrana nictitans* genoemd. De eerste twee bestaan aan de buitenkant uit huid en aan de binnenkant uit slijmvlies. Het slijmvlies noem je *bindvlies* (*conjunctiva*).

De huid van het onderste en bovenste ooglid is behaard. Sommige haren zijn vrij lang en dienen de tastzin. Aan het uiteinde van de oogleden zijn kortere stevige haren te zien. Dit zijn de wimpers, oftewel *cilia*. Deze zorgen ervoor dat er geen stof in het oog komt. Aan de rand van de oogleden ligt een rij van enkele tientallen grote talgklieren. Dit zijn de *klieren van Meiboom*. Hun talg vormt een vettig laagje op de ooglidrand en houdt zo de tranen in het oog.

Tussen slijmvlies en huid zitten een bindweefselplaatje en spiertjes. Met deze spiertjes kan het dier de ogen dicht knijpen. Om het oog te openen, is er een spiertje dat van het bovenste ooglid naar de bovenrand van de oogkas loopt. Als het zich samentrekt, tilt het spiertje het bovenste ooglid op. Het onderste ooglid zakt door de zwaartekracht vanzelf open. Dit is bijvoorbeeld goed te zien bij een hond onder narcose. De spiertjes die de ogen dichtknijpen, zijn verslapt onder invloed van het narcosemiddel. De zwaartekracht trekt het onderste ooglid naar beneden en dat hangt er wat lodderig bij.

Het derde ooglid is een plooï dun epitheel met daaronder bindweefsel. Dit lid bevat eveneens een klier die meehelpt met het vormen van traanvocht. Het derde ooglid is erg slap en buigzaam. Om het te verstevigen zit er een stukje kraakbeen in. Als een

dier zich ziek voelt, trekt het oog zich wat verder terug in de oogkas. Het derde ooglid schuift dan voor het oog. Dit noem je 'de vliezen voor het oog hebben'. Veel mensen weten niet dat dieren drie oogleden hebben en schrikken erg als ze deze vliezen voor de ogen van hun dier zien. Je kunt ze dan wat geruststellen.

Traanklieren

In het bindweefsel boven het oog bevindt zich de grote traanklier, de *glandula lacrimalis*. Deze vormt het grootste deel van het traanvocht. In de binnenste (mediale) ooghoek vormt de conjunctiva een hobbeltje. Bij de hond ligt hier ook een traankliertje onder.

De functie van de tranen is het vochtig houden van het hoornvlies. Daarnaast houdt het traanvocht bacteriën en dergelijke buiten doordat er allerlei stoffen in zitten die micro-organismen afweren. Bovendien worden er veel micro-organismen verwijderd doordat het traanvocht constant uit het oog stroomt. De micro-organismen spoelen zo als het ware uit het oog.

Het traanvocht verlaat het oog via de traanpunten. Dat zijn twee kleine gaatjes in de oogleden (één in ieder ooglid) die in verbinding staan met een traanbuisje. Deze twee traanbuisjes komen samen in de traanzak. Van daaruit wordt het vocht via de grote traanbuis naar de neus afgevoerd.

De oogbol

bindvlies

spieren

De oogbol (*ophthalmos, bulbus oculi*) is in de oogkas bevestigd door bindweefsel dat overdekt is met dun epitheel. Ook dit noem je ook *bindvlies* (conjunctiva, meervoud conjunctivae). Behalve met bindvliezen is het oog ook in de oogkas bevestigd met zeven (dwarsgestreepte) *spieren*. Zes van deze spieren kunnen het oog alle kanten uit laten draaien. De zevende kan het oog terugtrekken in de oogkas. Achter de oogbol ligt een vetkussen. Bij oudere dieren wordt het vetkussen kleiner en komt het oog dieper in de oogkas te liggen. Ook bij chronisch zieke dieren verdwijnt het vet en liggen de ogen diep.

Het oog zelf bestaat uit een omhulsel van bindweefsel dat veel collageen bevat. Dit is het *harde oogvlies*, ook wel *harde oogrok* ofwel *sclera* genoemd. Het beschermt de diepere lagen van het oog.

Hoornvlies en vaatvlies

De voorkant van het harde oogvlies is opgebouwd uit zeer speciale cellen. Dit deel heet *hoornvlies* (*cornea*). Het typerende van deze cellen van het hoornvlies is dat ze doorzichtig zijn. Dat komt omdat ze een bepaalde hoeveelheid water bevatten. Als ze meer of minder water bevatten, worden ze ondoorzichtig. Dat is de reden dat een ontstoken oog er blauwachtig wit uit ziet.

Onder het harde oogvlies ligt een laag losser bindweefsel die veel bloedvaten en zenuwen bevat, het *vaatvlies* (*chorioidea*). De taak ervan is dan ook het oog te voeden en te innervieren. De bloedvaten zijn bij oogspiegeling heel mooi te zien. Vraag eens aan een dierenarts of je met de ophthalmoscoop in het oog mag kijken. Bedenk daarbij

dat dieren hun ogen niet stilhouden, zodat je beeld telkens verspringt. Oogspiegelen is dan ook geen eenvoudige handeling.

Iris en pupil

Waar het harde oogvlies overgaat in het hoornvlies buigt deze laag naar binnen. Het vormt dan de *iris* en het apparaat om de lens op te hangen. Als je figuur 1.1 goed bestudeert, dan zie je dat zich tussen de iris en het hoornvlies een ruimte bevindt. Deze ruimte is gevuld met een waterige vloeistof en noem je de *voorste oogkamer*, afgekort de v.o.k.

De iris is deels opgebouwd uit bindweefsel met veel bloedvaten, zenuwen en pigmentcellen. Als er geen pigment in de iris zit (zoals bij albino's) heeft de iris een rode kleur. Dat komt doordat het bloed in de bloedvaten door het dunne bindweefsel van de iris heen te zien is.

Behalve uit bindweefsel bestaat de iris ook uit glad spierweefsel. Deze irisspieren staan onder invloed van het autonome zenuwstelsel. De spiertjes kunnen de opening van de iris, de *pupil* genoemd, groter en kleiner maken. De iris beschikt over in de rondte lopende spieren (zogenaamde *circulaire spieren* oftewel *kringspieren*) en straalsgewijs van het midden uit naar de rand lopende spieren (*radiaire spieren*). Als de circulaire spieren samentrekken (ze worden dan dus korter) wordt de pupil kleiner. Trekken de radiaire spieren samen, dan wordt de pupil groter.

Wanneer een dier recht in de zon kijkt, wordt de pupil zeer klein, zodat er weinig licht op het netvlies valt en het niet beschadigd wordt. Als een dier in het donker loopt, wordt de pupil juist heel groot, zodat er toch genoeg licht in het oog komt om te kunnen zien. Dit gebeurt door een reflex die via twee kopzenuwen en de hersenstam gaat.

Het zal je wel eens opgevallen zijn dat niet elk dier dezelfde pupilvorm heeft. De pupil van de hond is rond, die van de kat is verticaal spleetvormig. Dit is bij beide diersoorten een aanpassing aan hun levensstijl. De hond is een sociaal levend dier (roedeldier). Hij moet behalve zijn prooi ook zijn roedelgenoten kunnen zien. Daar is een ronde pupil voor nodig. De kat is een alleen jagend (solitair) dier. Hij hoeft zich alleen maar te concentreren op zijn prooi. En omdat deze zich zowel op de grond als in een boom kan ophouden, is de pupil van de kat een rechtopstaande spleet. Hij kan dan zonder moeite het gebied dat voor hem belangrijk is, waarnemen. Kuddedieren die niet jagen, zoals paarden, schapen en herten, hoeven alleen maar op elkaar te letten. Daarom hebben ze een pupil die horizontaal spleetvormig is.

Lens en glasachtig lichaam

Het licht dat door de pupil heen valt, wordt geconcentreerd door de *lens*. De lens ligt vlak achter de iris. Hij wordt omhuld door het *lenskapsel* dat via langgerekte vezels (als rechte streepjes in figuur 1.1 aangegeven) en het corpus ciliare met het vaatvlies is verbonden. Op deze manier wordt de lens op zijn plaats gehouden. Zowel de lens als het lenskapsel zijn doorzichtig. Bij oudere dieren (bijvoorbeeld bij de hond vanaf 5 jaar) wordt de lens steeds troebeler. Dit is te zien doordat de pupil niet meer zwart is, maar blauwachtig wit. Je noemt dit proces *ouderdomsstaar*.

ouderdomsstaar

De ruimte tussen de iris en de lens heet de *achterste oogkamer* (a.o.k.). Deze is gevuld met dezelfde vloeistof als de voorste oogkamer. In figuur 1.1 zie je dat de twee

glaucoom oogkamers via de pupil met elkaar in verbinding staan. Je ziet in de afbeelding ook dat achter de lens een heel grote ruimte zit. Deze is gevuld met het *glasachtig lichaam* (*corpus vitrium*). Dit is een geleachtige massa van water en eiwit met enkele losse cellen. Het glasachtig lichaam helpt mee bij het concentreren van licht op het netvlies. De tweede functie is het oog bol te houden. Het glasachtig lichaam staat daartoe onder een bepaalde druk: de *oogdruk*. Als deze te hoog is, spreek je van *glaucoom*. Door te hoge druk kunnen de kwetsbare zenuwcellen van het netvlies snel afsterven, waardoor het dier blind wordt. Glaucoom is dan ook een spoedgeval.

conjunctivitis De lens en het glasachtig lichaam bevatten geen van beide bloedvaten. Ze zijn dan ook heel gevoelig voor infectie. Dat komt omdat de witte bloedcellen die bacteriën aanvallen, vanuit het bloed naar deze structuren toe moeten. En het is voor een witte bloedcel een hele afstand van het vaatvlies naar het midden van het glasachtig lichaam. Een verwaarloosde infectie met ontsteking van de conjunctivae, *conjunctivitis* genoemd, kan snel overslaan op de cornea en van daaruit het hele oog aantasten (*panoftalmie*). De enige therapie daarvoor is meestal het verwijderen van het hele oog!

Netvlies

Achter het glasachtig lichaam ligt het *netvlies* (*retina*). Dit is de plaats waar het invallende licht wordt omgezet in zenuwprikkels. Deze worden dan via de oogzenuw direct aan de grote hersenen doorgegeven. In de hersenen wordt het dier zich bewust van de prikkel.

pigmentcellen Het netvlies bestaat uit twee lagen. De eerste is een laag van *pigmentcellen* (*tapetum lucidum*). Deze ligt tegen het vaatvlies aan. Het tapetum lucidum is groen en geel gekleurd. Als je in het donker de ogen van een hond of kat ziet oplichten, komt dat door het reflecteren van het tapetum. De tweede is een laag *zenuwcellen* met daarin staafjes en kegeltjes. Deze laag ligt weer over de laag van pigmentcellen heen. Het licht dat door het glasachtig lichaam heen komt, gaat eerst door de laag zenuwcellen en valt dan op de laag pigmentcellen. Het pigment in deze cellen kaatst het licht terug naar de zenuwcellen, en wel zo dat het geconcentreerd wordt op dat deel van de zenuwcellen dat lichtgevoelig is. Hierdoor zijn hond en kat extra goed in staat om in het donker te zien.

staafjes In het netvlies liggen twee soorten zenuwcellen: staafjes en kegeltjes. Deze registreren het invallende licht. De *staafjes* zijn cellen die zwart-wit verschillen waarnemen en vooral werken als er weinig licht is, zoals 's nachts en in de schemering. Aangezien de hond en de kat vooral dán jagen, hebben zij er zeer veel van nodig. Ze hebben zelfs twintig keer zoveel staafjes als kegeltjes. De *kegeltjes* dienen om kleuren te zien. Katten en honden kunnen dat veel minder goed, omdat ze er zo weinig van hebben. Ze kunnen alleen de kleuren onderscheiden van vrij grote, felle voorwerpen. De staafjes en kegeltjes vormen synapsen met zenuwcellen van de nervus opticus.

Zowel staafjes als kegeltjes bevatten grote hoeveelheden rodopsine. Als een lichtdeeltje (*foton*) een rodopsinemolecuul raakt, laat het een deeltje van zich los. Dit deeltje zet dan een cascade van enzymreacties in gang, waardoor er uiteindelijk een membraanpotentiaal ontstaat. Net als bij gewone zenuwcellen leidt dit ertoe dat het staafje of kegeltje neurotransmitters via de synaps naar een zenuwcel van de nervus opticus laat gaan en daar een membraanpotentiaal uitlokken. De zenuwen van de nervus opticus voeren het signaal dan (via het chiasma opticum) naar de hersenschors om daar geïnterpreteerd te worden.

Door de cascade wordt het signaal van dat ene foton maximaal 10.000 keer versterkt. Als het erg licht is, is de versterkingsfactor echter veel minder. De cascade is erg flexibel. Zoals je net hebt kunnen lezen, valt rodopsine uiteen na contact met een foton. Voor het weer opbouwen is vitamine A nodig. Vitamine A is een grondstof voor rodopsine.

De staafjes en kegeltjes geven hun prikkels door aan de oogzenuw. Op de plek waar deze zenuw het oog verlaat, liggen geen zintuigcellen. Daar kan het oog dus ook geen licht waarnemen. Deze plek noem je de *blinde vlek*. Je kunt bij jezelf je blinde vlek vinden door een proefje te doen. Teken met een dikke stift in het midden van een wit vel papier een kruisje en een rondje, met ongeveer 10 cm tussenruimte. Bedek je linkeroog en houd het blad op armlengte van je af. Concentreer je aandacht op het kruisje. Je ziet behalve het kruisje ook het rondje. Breng nu het blad langzaam naar je ogen. Op een gegeven moment zie je plotseling het rondje niet meer. Dat komt omdat het oog het beeld van het rondje precies op je blinde vlek projecteert. Als je het blad nu nog dichterbij haalt, zie je het rondje weer verschijnen. Het beeld ervan valt dan weer op een deel van het netvlies waar zich wel zintuigcellen bevinden.

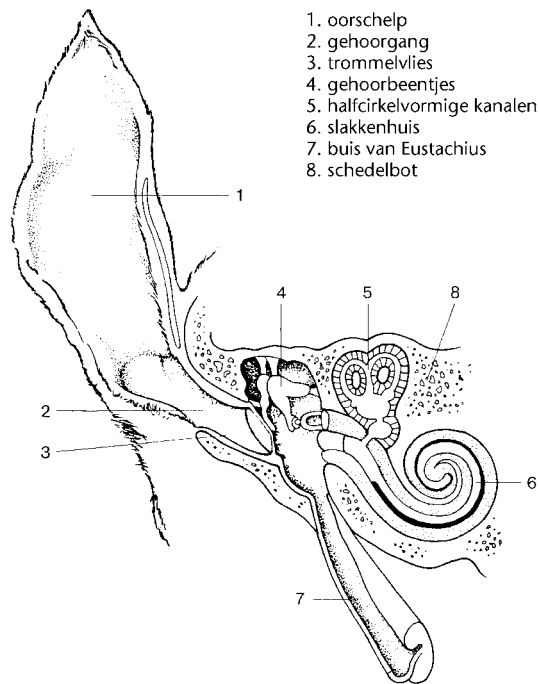
1.3 Het gehoor

De organen voor het waarnemen van geluid en zwaartekracht liggen dicht bij elkaar in het oor. Daarom worden ze hier samen besproken. Het oor bestaat uit:

- het uitwendig oor (*auris externa*);
- het middenoor (*auris media*);
- het binnenoor (*auris interna*).

Het uitwendig- en middenoor dienen ervoor om geluid op te vangen, te concentreren en naar het binnenoor te brengen. Geluid bestaat uit trillingen in de lucht. Hoogtonig geluid heeft een hoge frequentie, laagtonig geluid een lage frequentie, die in Hertz (Hz) wordt weergegeven. De hoeveelheid geluid wordt weergegeven in decibels (dB). In het binnenoor wordt het geluid waargenomen. Daar ligt ook het evenwichtsorgaan.

Fig. 1.2
Het oor



Het uitwendig oor

Het uitwendig oor bestaat uit de oorschelp, de gehoorgang en het trommelvlies. Deze hebben ieder hun eigen functie bij het opvangen van geluid.

De oorschelp

De oorschelp is een kraakbeenplaat die aan beide kanten met huid is bedekt. Aan deze kraakbeenplaat zijn spieren bevestigd, zodat de oorschelp kan bewegen. Bij de hond verschilt de vorm van de oorschelp per ras. De grootte van de oorschelp en de dikte van het kraakbeen bepalen bijvoorbeeld of een hond staande oren of hangoren heeft. Het heeft dan ook geen enkele zin om bij een herderpup, waarvan de oren niet spits rechtop staan, te gaan werken met pleisters. De pup heeft eenvoudig nog niet genoeg kraakbeen in de oorschelp om deze rechtop te houden.

Door het fokken van rassen met grote flaporen, die bovendien veel haar hebben, zoals spaniëls en poedels, ontstaat vaak oorontsteking. Aangezien de gehoorgang niet goed geventileerd wordt door het overhangen van het oor met de sterke beharing, ontstaat er een ideale omgeving voor ziekteverwekkende bacteriën. De binnenkant van de oorschelp (en van de gehoorgang) hoort vrijwel kaal te zijn.

De oorschelp is van binnen gekronkeld. De kronkels geleiden de geluidsgolven de gehoorgang in. In de diepte van de kronkels hoopt zich vaak oorsmeer op. Het oor moet dan ook regelmatig geïnspecteerd en zo nodig gereinigd worden. Dat doe je door slaolie op de kronkels van de oorschelp aan te brengen en dat een poosje te laten inwerken of door gebruik te maken van een oorcleaner. Daarna kun je met een wattenstaafje de oorschelp goed reinigen. De gehoorgang mag je nooit op die manier bewerken! Het enige resultaat is dan namelijk dat het vuil dieper de gehoorgang wordt ingeduwd en daar juist een ontsteking veroorzaakt. Als de gehoorgang vuil is, moet een dierenarts de oren controleren en zo nodig behandelen.

De gehoorgang

De gehoorgang is een holle buis van kraakbeen. Het is een voortzetting van het kraakbeen van de oorschelp. Ook de huid van de binnenkant van de oorschelp loopt door in deze holle buis. De gehoorgang is dus van binnen bekleed met huid en deze hoort vrijwel helemaal haarloos te zijn. Maar bij veel honden met hangoren vind je hier toch haren. Die veroorzaken dan ook een voortdurende ontsteking. In de huid van de gehoorgang liggen namelijk heel veel talgkliertjes. Het product van deze kliertjes noem je *oorsmeer* (*cerumen*). Cerumen is wit tot lichtbruin van kleur en heeft de consistentie van dunne handcrème. Overtollige haren in de gehoorgang remmen het wegstromen van het oorsmeer. En als oorsmeer te lang in het oor blijft, kunnen bacteriën, schimmels en gisten zich er ongeremd in vermenigvuldigen en ontstaat er een ontsteking.

De gehoorgang van hond en kat loopt eerst verticaal, vlak onder de huid. Je kunt hem daar voelen als een stevig buisje, dat bij de kat ongeveer een halve centimeter dik is. Daarna maakt het buisje een haakse bocht en loopt naar de schedel toe. Het is dan nauwelijks meer te voelen. Vervolgens dringt de gehoorgang de schedel binnen. Op dat punt houdt de pijp van kraakbeen op en bestaat de gehoorgang uit een buis van huid in een tunnel van bot.

Het trommelvlies

De gehoorgang eindigt bij het trommelvlies en is dus op het eerste gezicht een doodlopende straat. Het trommelvlies is een heel dun stukje huid en bindweefsel. Het is zo dun dat je er zelfs doorheen kunnen kijken tot in het middenoor. Vraag maar eens aan een dierenarts of je met de otoscoop in het oor mag kijken. Het is fascinerend om achter het trommelvlies de gehoorbeentjes te zien liggen. Het trommelvlies dient voor het *overbrengen van geluidstrillingen* op de gehoorbeentjes die achter het trommelvlies liggen. Daarnaast vormt het trommelvlies een nuttige *barrière tegen infecties* met micro-organismen.

Het middenoor

Achter het trommelvlies ligt het middenoor, dat ligt in een holte in het bot van de schedel. Het middenoor bestaat uit een dunne wand van epitheel en is gevuld met lucht. De luchtdruk in het middenoor wordt gelijk gehouden met de luchtdruk buiten het dier door de *buis van Eustachius*. Deze vormt een verbinding tussen het middenoor en de keelholte. Als de druk in het middenoor te hoog of te laag is, slikt het dier. Daardoor stroomt er lucht vanuit de keelholte van of naar het middenoor, zodat de druk weer normaal wordt. Als je ooit wel eens met het vliegtuig hebt gereisd of een berg hebt beklommen, dan weet je dit uit eigen ervaring.

De gehoorbeentjes

In het zakje van epitheel liggen de drie gehoorbeentjes: hamer, aambeeld en stijgbeugel. Deze geven geluidsgolven snel door aan het binnenoor. De steel van de *hamer* is vergroeid met het trommelvlies. De kop vormt samen met het *aambeeld* een klein gewrichtje. Het aambeeld is door een heel klein bindweefselbandje met de *stijgbeugel* verbonden. De andere kant van de stijgbeugel is door een bandje verbonden aan het ovale venster dat de toegang naar het middenoor afsluit. De drie gehoorbeentjes zijn via verschillende bindweefselbandjes opgehangen aan het epitheel van het middenoor.

Het binnenoor

Je hebt net al geleerd dat het middenoor van het binnenoor wordt gescheiden door het ovale venster. Dit ovale venster is een vlies van epitheelcellen. Het binnenoor ligt ook in een holte in het bot van de schedel en bestaat eveneens uit een zakje van epitheelcellen. Het is gevuld met vloeistof. Daarin liggen twee verschillende structuren van epitheel, namelijk het slakkenhuis (*cochlea*), waar het geluid geregistreerd wordt, en het *evenwichtsorgaan*. De holte in het schedelbot volgt precies de contouren van deze vliezige structuren, zodat ze stevig liggen ingebed. De vloeistof die er omheen ligt, beschermt ze nog extra tegen de gevolgen van bewegingen van de kop en tegen trauma.

Het slakkenhuis

De geluidsgolven die het oor binnenkomen, worden door de gehoorbeentjes versterkt doorgegeven aan het slakkenhuis. In het slakkenhuis worden de geluidsgolven omgezet in prikkels en doorgegeven aan de hersenen. Dit gaat als volgt in zijn werk.

Het slakkenhuis is een holle buis die opgerold ligt. In de buis is vloeistof aanwezig. Door het geluid raakt deze vloeistof in trilling. Deze trillende bewegingen worden doorgegeven aan de celreceptoren (grote eiwitmoleculen) van de zintuigcellen die de wand van het slakkenhuis vormen (het *orgaan van Corti*). Door het trillen van de vloeistof in het slakkenhuis gaan ook de in die vloeistof uitstekende delen van celreceptoren bewegen, die stevig in de celwand zijn verankerd. Ze veranderen door het trillen van de vloeistof van vorm, wat leidt tot een cascade van chemische en enzymatische reacties in de cel. Dat zorgt ervoor dat de uitlopers van zenuwcellen, die dicht tegen de zintuigcellen aanliggen, (via een synaps) worden geprikkeld. Deze zenuwen sturen dan de prikkel op elektrische wijze door naar de hersenen. In de grote hersenen ten slotte ligt een grote groep zenuwcellen, die er voor zorg dat het dier zich de prikkel bewust wordt.

Geluidsgolven worden dus opgevangen door het oor en daar omgezet in een elektrische zenuwprikkel. Deze belandt in de hersenen, waar het geluid daadwerkelijk gehoord wordt. Hoe dat precies in zijn werk gaat, is overigens niet geheel bekend. Vervolgens 'vertellen' de hersenen wat er nu moet gebeuren. Als het geluid bijvoorbeeld afkomstig is van de deurbel, zullen de meeste honden gaan kijken wie er hun territorium binnenkomt.

Het evenwichtsorgaan

In het binnenoor ligt, naast het slakkenhuis, ook het evenwichtsorgaan, dat bestaat uit vliezen die in uitsparingen in het bot van de schedel liggen. Het evenwichtsorgaan valt uiteen in twee delen, die beide gevuld zijn met vloeistof.

zakjes In het eerste gedeelte worden met twee *zakjes* (*sacculi*) de veranderingen in de bewegingen van het dier gemeten. Het ene zakje meet veranderingen in de snelheid van het lichaam vooruit en achteruit en het andere veranderingen in de snelheid omhoog en omlaag. Op de bodem van de zakjes liggen zintuigcellen. Op die cellen liggen kleine steentjes (van kalk). Als het dier de kop beweegt en daarna stopt, bewegen de steentjes mee en rollen door hun traagheid nog even door (hetzelfde gebeurt bij jezelf als je in een auto zit die remt: Door de traagheid van je lichaam schiet je naar voren). De celreceptoren in de wand van de zintuigcellen veranderen

*halfcirkelvormige
kanalen*

door het rollen van de steentjes van vorm. Dit wordt doorgegeven aan zenuwcellen en van daaruit weer aan de hersenen. Op deze manier wordt een verandering in beweging doorgegeven.

Het tweede gedeelte van het evenwichtsorgaan wordt gevormd door de *halfcirkelvormige kanalen*. Dit zijn drie (loodrecht op elkaar staande) uitstulpingen van het eerste deel van het evenwichtsorgaan. Ook deze zijn gevuld met vloeistof. Ze meten draaiingen van het lichaam. Als het dier de kop in een bepaalde richting draait, blijft de vloeistof door de traagheid in één of meer van de kanalen achter. Dit wordt opgemerkt door de receptoren van de zintuigcellen in de wand van de halfcirkelvormige kanalen. De prikkel die daardoor wordt veroorzaakt, gaat ook weer naar de hersenen. Op deze manier 'weten' de hersenen dus altijd hoe de kop ten opzichte van de bodem staat. Zo nodig kan het dier zich (reflectorisch) aanpassen.

De zenuwcellen die de prikkels van gehoor- en evenwichtsorgaan naar de hersenen doorgeven, lopen samen in één zenuw. Het is een kopzenuw met de naam *nervus stato-acusticus*. Deze is maar heel kort, ongeveer 1 tot 3 cm. Dat is de reden dat een ontsteking van het (binnen)oor zo makkelijk tot hersenontsteking kan leiden. Een oorontsteking kan daardoor de dood tot gevolg hebben.

1.4 De reuk

De neus is de plaats waar geuren worden opgevangen. De lucht die door de bovenste neusgang wordt ingeademd, bereikt het reukorgaan dat helemaal achteraan in de neus tegen de hersenpan aanligt. De geurstoffen worden met de inademiingslucht aangezogen en komen langs het reukorgaan. Dat bestaat uit een stuk epitheel (slijmvlies in dit geval), waar zenuwcellen onder liggen.

Deze zenuwcellen zijn tegelijk ook zintuigcellen. Ze hebben uitlopers die tussen de cellen van het epitheel door naar buiten steken. In de wand van de zenuw/zintuigcellen zitten celreceptoren, die gevoelig zijn voor allerlei stoffen in de lucht. Geurstoffen die tegen deze celreceptoren aankomen, zorgen ervoor dat de zenuw/zintuigcel geprikkeld wordt. Dit leidt er weer toe dat de hersenen op de hoogte gesteld worden van de geur die de neus heeft opgevangen. De zenuwen verenigen zich tot de reukzenuw (*nervus olfactorius*), die door de wand van de schedel (het *zeefbeen*) heen naar het *reukcentrum* in de grote hersenen gaat.

Je weet waarschijnlijk dat katten en vooral honden veel beter kunnen ruiken dan de mens. Dat komt omdat het oppervlak van het reukorgaan bij deze dieren veel groter is. Hoe groter het aantal zenuwcellen, hoe scherper de reuk.

1.5 De smaak

lange dunne papillen

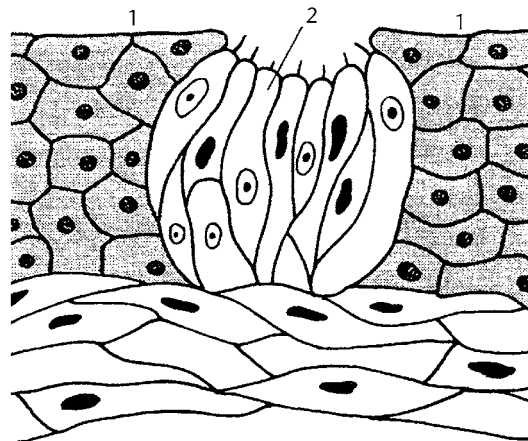
De tong is bedekt met slijmvlies, dat talloze uitsteekseltjes heeft. Deze uitsteekseltjes noem je *papillen*. Er zijn twee soorten papillen. Ten eerste zijn er *lange dunne papillen* die sterk verhoornd zijn. Deze soort papillen komen hier verder niet aan bod. Je zult er meer over te weten komen als je iets leert over het spijsverteringsstelsel.

kleine platte papillen

De tweede soort papillen zijn *kleine platte papillen*. Deze zijn veel kleiner dan de lange dunne papillen en niet spits maar plat. Ze bevatten zintuigcellen die de smaak van voedsel en vloeistoffen waarnemen. De prikkels die de zintuigcellen afgeven, gaan via zenuwen naar de hersenen. Daar wordt het dier zich bewust van de smaak.

Onder die kleine papillen liggen microscopisch kleine speekselklieren. Zij spoelen de eenmaal waargenomen smaakstoffen weg, zodat de zintuigcellen nieuwe stoffen kunnen waarnemen. Vlak onder het slijmvlies van de tong liggen overigens cellen die pijn en druk kunnen waarnemen.

Fig. 1.3
De bouw van een
smaakpapil



1. mondholte
2. zintuigcel

1.6 Het gevoel

De laatste zintuigen waaraan aandacht wordt besteed, zijn de druk-, pijn- en temperatuurzintuigen.

Drukzintuigjes

De druk- of tastzintuigjes vind je in de huid, in onderhuids bindweefsel, in het bindweefsel om pezen en spieren (*proprioceptoren*) en in de buikholte. Ook vind je ze in de geslachtsorganen. Deze zintuigjes bestaan meestal uit uitlopers van zenuwcellen die drukverschillen waarnemen en omzetten in elektrische prikkels, die vervolgens naar de hersenen worden doorgestuurd. Sommige ervan zijn om haarzakjes heen gewikkeld en nemen de beweging van de haren waar. Soms ligt om de zenuwuiteinden nog een aantal gespecialiseerde bindweefselcellen, waardoor de drukprikkels versterkt wordt. Dit is met name het geval wanneer het drukzintuigje zich dieper onder de huid bevindt.

tastharen

De hond en kat hebben ook nog zogenaamde *tastharen* boven de ogen, op de snuit en onder de kin. De kat heeft bovendien tastharen achter de pols en enkel, dus vlak boven de zoolkussentjes. Tastharen zijn erg groot en worden dan ook goed gevoed door bloedvaten die om de haarzak lopen. Een verschil met gewone haren is dat ze niet schuin, maar loodrecht uit de huid komen. Ze zijn sterk voorzien van tastzenuwen,

die om het haarzakje heen lopen. Deze zenuwen lopen (na zich tot één grote zenuw, de *nervus trigeminus*, te hebben verenigd), direct naar de hersenen.

Pijnzintuigen

Pijn wordt meteen door zenuwcellen waargenomen. Pijnzenuwen hebben uitlopers die tussen cellen van de huid in liggen. Deze uitloperjes hebben een bolletje aan hun uiteinde. Pijnzenuwen vind je ook in de meeste bindweefsels.

Temperatuurzintuigen

warmtezintuigjes

koudezintuigjes

Warmte wordt waargenomen door microscopisch kleine zintuigjes in de lederhuid en de onderhuid. *Warmtezintuigjes* bestaan uit bolletjes gespecialiseerde cellen die de warmte waarnemen. Dit geven ze door aan uitlopers van zenuwcellen die er tussenin liggen. *Koudezintuigjes* tref je aan in de lederhuid, de bindvlies van het oog, de mond en de geslachtsorganen. Ze bestaan uit een bolletje, gevormd door een speciaal bindweefsel dat zenuwuitloperjes omhult. De kou wordt direct door de zenuw zelf waargenomen.

1.7 Afsluiting

In dit hoofdstuk zijn de zintuigen besproken. De anatomie van oor, oog en evenwichtsorganen moet je goed kennen. Je moet ook weten welke zintuigjes zich in de huid bevinden. De algemene werking van de zintuigen is als volgt samen te vatten. Een indruk of prikkel wordt waargenomen, hetzij door speciale cellen, hetzij door uitlopers van zenuwcellen. Dit leidt tot prikkeling van zenuwcellen die de waarneming omzetten in elektriciteit. Deze elektrische prikkel wordt (indirect) doorgestuurd naar de grote hersenen. Als de prikkel in de grote hersenen is aangekomen, wordt hij daar geregistreerd en beoordeeld. Pas in de grote hersenen vindt dus het zien, horen, ruiken, voelen en dergelijke plaats. Een dier kan bijvoorbeeld over goed functionerende ogen beschikken, maar als het deel van de hersenen dat de prikkels van de oogzenuw moet opvangen niet werkt (bijvoorbeeld door een ongeluk), is het dier toch totaal blind.

Vragen 1.1

- a Waar kunnen indrukken vandaan komen?
- b Hoeveel oogleden heeft een kattenoog?
- c Wat is het harde oogvlies?
- d Waaruit bestaat de iris?
- e Wat is het glasachtig lichaam?
- f Wat is de taak van het netvlies?
- g Wat doen staafjes en kegeltjes?

Vragen 1.2

- a Waaruit bestaan oorschelp en gehoorgang?
- b Welke drie gehoorbeentjes zijn er?
- c Waar wordt het geluid geregistreerd?
- d Waaruit bestaat het evenwichtsorgaan?

Vragen 1.3

- a Welke zenuwen zijn in de huid te vinden?
- b Waar vind je tastharen bij de kat?
- c Waar wordt koude geregistreerd?

2 Het zenuwstelsel

Oriëntatie

Om een dier gezond te houden is het nodig dat alle cellen, weefsels, organen en orgaanstelsels goed werken en op elkaar zijn afgestemd. Het zenuwstelsel heeft een belangrijke taak in het coördineren hiervan. Het is het allerbelangrijkste orgaansysteem van het lichaam. Zo kan de taak van hart, longen en nieren door machines overgenomen worden en een lever kan getransplanteerd worden. Dat alles is echter onmogelijk in het geval van het zenuwstelsel. In de hersenen, daar waar de zenuwen hun werk doen, zetelt de persoonlijkheid van mens en dier. Als je de hersenen zou vervangen, zou er een heel ander individu ontstaan.

2.1 Taak en anatomie

*reageren op
veranderingen*

De taak van het zenuwstelsel is het lichaam op een goede manier te laten *reageren op veranderingen*. Deze veranderingen kunnen binnen en buiten het lichaam plaatsvinden en worden door zintuigen waargenomen. De ogen nemen bijvoorbeeld een deel van de buitenwereld waar, maar er zijn ook zintuigen die in de wand van slagaders liggen en de bloeddruk registreren.

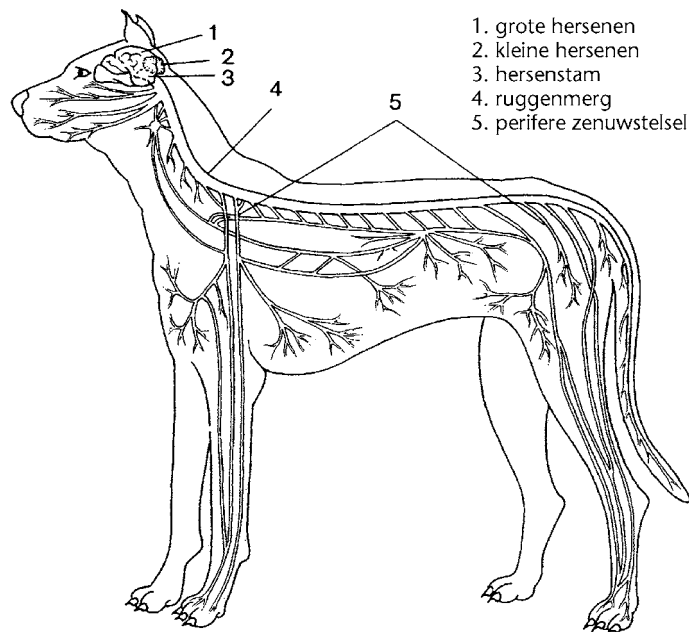
De gegevens die de in- en uitwendige zintuigen verzamelen, worden opgenomen door zenuwcellen en vervolgens beoordeeld. Daarna geeft het zenuwstelsel zo nodig andere organen bevelen, zodat het organisme op een verandering reageert. Als je bijvoorbeeld een stok weggooit, zullen de ogen van je hond dat waarnemen. De ogen geven het beeld van de wegvliegende stok via de oogzenuw door naar de grote hersenen. Deze besluiten dat de stok geapporteerd moet worden. Ze geven via het ruggenmerg en de pootzenuwen het bevel tot rennen aan de spieren en je ziet de hond achter de stok aanrennen. Daarnaast is het zenuwstelsel de plaats waar de wil en het geheugen zetelen.

centrale zenuwstelsel

perifere zenuwstelsel

Het zenuwstelsel bestaat uit een coördinerend, regelend deel dat je het *centrale zenuwstelsel* noemt. Het tweede deel heet het perifere (dat is Latijn voor 'buiten liggend') zenuwstelsel. Het *perifere zenuwstelsel* voert prikkels van de zintuigen naar het centrale zenuwstelsel en brengt bevelen van het centrale zenuwstelsel naar de rest van het lichaam. In figuur 2.1 zie je deze twee delen schematisch afgebeeld.

Fig. 2.1
Het centrale en perifere
zenuwstelsel schematisch
weergegeven



willekeurig zenuwstelsel
autonome zenuwstelsel

De indeling van het zenuwstelsel in het centraal zenuwstelsel en perifere zenuwstelsel is een anatomische indeling. Ze komen in paragraaf 2.2 en 2.3 aan bod. Je kunt het zenuwstelsel echter ook indelen naar functie. Dan spreek je van het *willekeurig zenuwstelsel* en het *autonome zenuwstelsel*. Deze worden in paragraaf 2.4 behandeld.

2.2 Centrale zenuwstelsel

Onder het centrale zenuwstelsel versta je de hersenen en het ruggenmerg. De hersenen liggen in de schedel, het ruggenmerg ligt in de wervelkolom. Zowel hersenen als ruggenmerg zijn opgebouwd uit zenuwweefsel en steunweefsel. De zenuwcellen van de hersenen zijn voor hun energievoorziening geheel op het verbranden van glucose aangewezen. In tegenstelling tot de andere weefsels kunnen ze geen vet verbranden.

Zenuwweefsel en steunweefsel

Zenuwweefsel bestaat uit zenuwcellen die prikkels overbrengen. De zenuwcellen zijn erg kwetsbaar en worden omgeven door steunweefsel, dat bestaat uit verschillende bindweefselcellen.

Zenuwcellen

Prikkels worden door de zenuwcellen overgebracht met behulp van elektrische stroom die over de celwand van de zenuwcel loopt. Als de elektrische impuls aan het eind van een zenuwcel komt, veroorzaakt hij de uitstoot van een chemische stof (deze noem je *neurotransmitter*) door de zenuwcel. Deze stof gaat naar de volgende zenuwcel. Daar prikkelt hij die cel zodat ook hier een elektrische stroom over de celwand loopt, tot hij bij het cellichaam van die zenuwcel komt. Daar wordt de stof

verwerkt en de zenuwcel besluit al of niet te reageren met een elektrisch en chemisch signaal naar een volgende zenuwcel.

De plaats waar twee zenuwcellen bij elkaar komen heet een *synaps*. Een zenuwuitloper kan echter ook op een dwarsgestreepte spier uitkomen. Dit noem je dan geen synaps, maar een *motorisch eindplaatje*. In wezen zijn het dezelfde begrippen.

Bindweefselcellen

netwerk

blood-brain-barrier
bescherming tegen
indringers

Het steunweefsel bestaat uit speciale bindweefselcellen, die verschillende taken hebben. Sommige vormen een *netwerk* waarin de zenuwcellen liggen. Deze heten de *astrocyten*. Ze hebben uitlopers die plat eindigen en om de bloedvaten in de hersenen heen liggen. De astrocyten vormen zo een scherm tussen de zenuwcellen en de bloedvaten. Dit scherm heet (in het Engels) de *blood-brain-barrier*. Het is zeer dicht en heeft als functie het bieden van een extra *bescherming tegen indringers* in het lichaam. Dergelijke indringers kunnen nu moeilijker vanuit het bloed de hersencellen bereiken. Een nadeel van de blood-brain-barrier is dat sommige geneesmiddelen (bijvoorbeeld penicilline) ook niet door dit scherm heen kunnen. Bij het toedienen van geneesmiddelen moet dus rekening worden gehouden met dit scherm.

doden van bacteriën

Andere cellen (*oligodendrocyten*, *microglia-cellen*) hebben behalve een steunende taak ook als functie het *doden van bacteriën* en dergelijke, die ondanks de blood-brain-barrier binnengedrongen zijn. Verder wordt iedere zenuwcel omhuld door Schwannse cellen.

bescherming tegen
mechanisch geweld

Doordat bindweefselcellen de zenuwcellen steunen, bieden ze *bescherming tegen mechanisch geweld*, zodat een dier geen hersenschudding oploopt telkens als het de kop stoot. De zenuwcellen zijn immers zeer kwetsbaar.

De hersenen

In vergelijking met de hersenen van de mens zijn de hersenen van de hond en de kat klein. De hersenen van de mens wegen ongeveer 1375 gram, die van de kat 30 gram en van een Ierse Wolfshond wegen de hersenen 180 gram.

schedel
vliezen

De hersenen liggen in de *schedel*. Deze biedt een tweede bescherming tegen mechanisch geweld. De hersenen worden bovendien omhuld door drie *vliezen* (*meningen*). Deze vliezen heten *duramater*, *pia mater* en *arachnoïdea*. De dura(mater) is een hard vlies, de andere twee zijn zacht. Tussen deze vliezen ligt vloeistof (liquor) zodat het geheel een derde beschermende laag vormt.

hersenventrikels

De hersenen zijn niet massief. Er bevinden zich holten in. Deze holten noem je *hersenventrikels*. Er zijn er vier, die allemaal met elkaar in verbinding staan. In de ventrikels zit een strokleurige vloeistof: de *liquor cerebrospinalis*. Deze vloeistof wordt gemaakt in de wanden van de ventrikels en heeft als taken het opvangen van schokken om de zenuwcellen te beschermen en het vervoeren van stoffen door de hersenen heen.

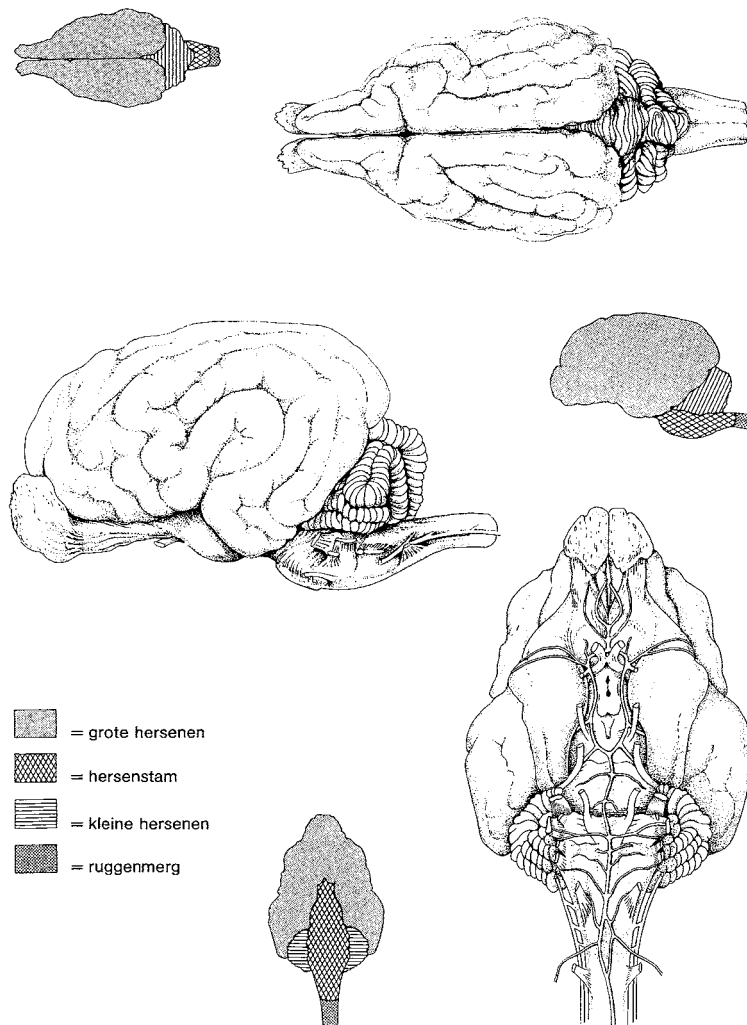
De hersenen van de zoogdieren bestaan uit de volgende delen.

- grote hersenen (*telencefalon*)
- tussenhersenen (*di-encefalon*)
- middenhersenen (*mesencefalon*)
- kleine hersenen (*cerebellum*)
- verlengde merg (*medulla oblongata*)

Het verlengde merg, de middenhersenen en de tussenhersenen vormen een onregelmatig gevormde buis. Deze drie samen noem je de *hersenstam*. Bovenop de hersenstam liggen de kleine hersenen en de grote hersenen. De grote hersenen omarmen de kleine hersenen gedeeltelijk. Dit is goed te zien in figuur 2.2.

Fig. 2.2

De hersenen van een hond in lengtedoorsnede, van boven, van opzij en van onderen af gezien



Grote hersenen

Als je de grote hersenen bekijkt, vallen de diepe groeven en windingen op. Deze groeven en windingen vergroten, net als de darmvlokken in de darm, het oppervlak van de hersenen. Het patroon is bij geen enkele hond of kat hetzelfde. Bij de kat zijn de verschillen tussen de individuen nog weer groter dan bij de hond.

<i>verbindingsbrug</i>	Eén van de groeven is veel dieper dan de andere en verdeelt de grote <i>hersenen</i> in drie delen: de linkerhersenelft, de rechterhersenelft en een <i>verbindingsbrug</i> (<i>pons</i>) tussen deze twee. De beide hersenelften zijn in figuur 2.2 goed te zien. De <i>verbindingsbrug</i> tussen beide hersenelften zie je niet op de afbeelding. De linker- en rechterelft van de grote hersenen zijn hol. Deze holten zijn de eerste en tweede ventrikel, die ook weer zijn gevuld met vloeistof.
<i>reukcentrum</i>	In de hersenen liggen verschillende zintuigcentra. Ieder zintuig heeft zijn eigen gewaarwordingsgebied. Zo bevatten de hersenen een <i>reukcentrum</i> . De knobbels die uit iedere hersenelft naar voren steken, heten de <i>reukhersenen</i> , die voor hond en kat zeer belangrijk zijn. Ze staan via talrijke, dunne zenuwuitlopers in verbinding met het reukzintuig in de neus. Deze zenuwuitlopers gaan ieder door een heel klein gaatje door de schedel naar de neusholte toe. Het stukje van de schedel waar ze doorheen lopen heet daarom het <i>zeefbeen</i> .
<i>gezichtscentra</i>	Achter de reukknobbels treden er twee dikke zenuwen de hersenen in. Dat zijn de oogzenuwen (<i>nervus opticus</i>) die prikkels van de beide ogen doorgeven aan de <i>gezichtscentra</i> , die achter in de beide hersenelften liggen. De oogzenuwen kruisen zich in het <i>chiasma opticum</i> . De prikkels van het rechteroog komen terecht in het linker gezichtscentrum, die van het linkeroog in het rechter gezichtscentrum.
<i>hoorcentra</i> <i>centra van de andere</i> <i>zintuigen</i>	Vlak naast de gezichtscentra liggen de <i>hoorcentra</i> en de <i>centra van de andere zintuigen</i> . Deze centra zijn groepen zenuwcellen die dicht opeen gepakt zijn. De hoorcentra krijgen hun prikkels van een zenuwbaan in het hersenweefsel. Deze baan komt vanuit de middenhersenen. De middenhersenen krijgen de informatie via de gehoorzenuw die naar de oren loopt.

Al deze zenuwcentra liggen in de *hersenschors*. Het is een dunne grijze laag. Daaronder ligt een witte laag. Die laag bestaat vooral uit axonen en is wit door de myeline die om de axonen heen ligt. De dunne grijze laag bestaat uit de cellichamen van honderden miljoenen zenuwcellen, die ieder met enkele tientallen tot honderden andere zenuwcellen in verbinding staan. De hersenschors is het meest geëvolueerde deel van het zenuwstelsel. Hier komen de prikkels van alle zintuigen terecht en worden bewust gemaakt en beoordeeld. De zintuigen zelf nemen alleen maar natuurkundige processen waar, net als bijvoorbeeld een microfoon die geluid opneemt.

De bewustgeworden waarnemingen van de verschillende zintuigen worden ook met elkaar verbonden. Zo ontstaat in de hersenschors een samenhangend beeld van de wereld waarin het dier zich bevindt. De beelden die het linker- en rechteroog aan de hersenen doorgeven, worden in het gezichtscentrum tot één beeld samengevoegd. Doordat deze beelden iets van elkaar verschillen, kun je diepte zien en afstanden schatten. Richt je ogen maar eens op een vast punt en knijp eerst het linker- en dan het rechteroog dicht. Je zult dan merken dat de beelden verschillen.

Met het geluid van twee oren maken de hersenen het stereogehoor. Als er bijvoorbeeld links van een dier een knal klinkt, zal dat geluid eerst het linkeroor bereiken en iets later pas het rechteroor. De grote hersenen zijn in staat om dat tijdsverschil waar te nemen. Het dier is zich er daardoor van bewust dat de knal van links kwam. En met het gezicht daar weer bij krijgt een dier een zeer compleet beeld

van zijn omgeving. Van de manier waarop het bewustworden van zintuigprikkelers zich afspeelt, zijn overigens nog niet alle details bekend.

associatievelden Tussen de zintuigcentra bevinden zich velden waarin moeilijker te begrijpen functies worden uitgeoefend, de zogenaamde *associatievelden*. Dit zijn de plaatsen waar het geheugen, de wil en het bewustzijn gehuisvest zijn. Deze hoogste functies van de grote hersenen vereisen dat de geheugens van de zintuigcentra en hun waarnemingen voortdurend samengevoegd en verwerkt, dus geassocieerd, worden. Pas dan kan sprake zijn van zelfbewustzijn en wil. Hoe deze processen verlopen, is nog lang niet bekend. In de associatievelden wordt ook de prikkeling van de pijnzintuigen bewust gemaakt.

Je weet inmiddels dat de buitenste laag van de grote hersenen wordt gevormd door de grijze stof. Je hebt ook geleerd dat daaronder de witte stof ligt, die bestaat uit de axonen van de zenuwcellen van de grijze stof. Deze uitlopers verbinden de verschillende velden en centra in de hersenschors. De beide hersenhelften staan met elkaar in contact. Een andere groep uitlopers (die ook bundels ofwel banen vormen) geeft de bevelen van de grote hersenen door aan de lagere delen van het zenuwstelsel en vervoert signalen van deze lagere delen naar de grote hersenen. Via de laatstgenoemde groep worden tevens berichten van de lagere delen van het zenuwstelsel naar de grote hersenen doorgegeven. De lagere centra delen de grote hersenen mee wat ze aan het doen zijn en welke prikkels ze binnen krijgen uit de zintuigen.

Tussenhersenen

biologische klok De tussenhersenen vormen het begin van de hersenstam, waarop de grote hersenen liggen. De tussenhersenen zien eruit als een buis met een dikke wand. Deze buis is de derde hersenholte, die in verbinding staat met de eerste en tweede. De tussenhersenen krijgen gegevens over de lichtsterkte vanuit de ogen. Aan de hand van deze gegevens produceren de neuronen van de tussenhersenen dan een stof, *serotonine*, die de hersenen aanzet tot het actief laten worden van het lichaam. Dat gebeurt overdag bij dagdieren en 's nachts bij nachtdieren. De tussenhersenen kunnen een andere stof, *melatonine*, maken die precies het omgekeerde doet. Melatonine beïnvloedt de hersenen zodanig dat zij het lichaam aanzetten tot slapen. De tussenhersenen zijn dus een '*biologische klok*'. Vooral serotonine is een belangrijke neurotransmitter in de hersenen. Er zijn talrijke verschillende celreceptoren voor verschillende groepen neuronen. Al die groepen kunnen weer anders reageren op binding van serotonine aan een bepaalde receptor.

geslachtscyclus De tussenhersenen beïnvloeden ook de *geslachtscyclus*. Als de duur van het daglicht toeneemt, veroorzaken de tussenhersenen de loopsheid of krolsheid. Dat doen ze door via de hypothalamus en de hypofyse hormonen af te geven aan het bloed. De *hypothalamus* is het onderste deeltje van de tussenhersenen en maakt plaatselijke signaalstoffen die naar de *hypofyse (hersenaanhangsel)* gaan. Daar beïnvloeden ze heel specifiek de hypofyse. Op bevel van de hypothalamus maakt de hypofyse tal van hormonen die klieren in het lichaam tot werking aanzetten. Zo besturen de tussenhersenen de geslachtsklieren, de schildklieren, de bijschildklieren, de melkklieren, de baarmoeder en de bijnieren.

indrukken In de tussenhersenen komen talrijke *indrukken* van zintuigen terecht. Die indrukken worden doorgegeven naar de grote hersenen. In de tussenhersenen veroorzaken ze het ontstaan van emoties. Ook coördineren de tussenhersenen via zenuwuitlopers de *werking* van allerlei organen. Als een dier bijvoorbeeld wakker wordt, nemen de tussenhersenen waar dat een deel van de voedselreserve van het organisme is verbruikt. Ze brengen dan een honger- en dorstgevoel teweeg. Dit wordt bewust in de hersenen en uit zich in samentrekkingen en rommelen van de maag. Het dier zal daarop in actie komen.

Om in actie te komen, hebben de skeletspieren vervolgens meer zuurstof nodig. De tussenhersenen regelen samen met andere centra in de hersenen een snellere ademhaling, een verbetering van de doorbloeding van de spieren en een snellere hartslag. Het dier is nu alert en klaar om op jacht te gaan. Als de zintuigen een prooi bespeuren, worden de indrukken bewust gemaakt in de grote hersenen, die op hun beurt het lichaam bevelen de prooi te vangen. De manier waarop een dier jaagt, ligt gedeeltelijk vast in het geheugen van de grote hersenen.

Door de grote inspanning van onder andere de spieren bij het jagen, wordt veel warmte gevormd. Dit neemt het temperatuurcentrum in de tussenhersenen waar en zorgt er dan voor dat de warmte wordt afgegeven, bijvoorbeeld door te gaan zweten.

De tussenhersenen regelen ook de pupilgrootte. Als een dier abnormale pupilreflexen vertoont, kun je vaststellen dat er zich een hersenziekte in de tussenhersenen moet bevinden. Een reflex is een automatische handeling, waarvan je je pas achteraf of helemaal niet bewust bent dat je hem hebt uitgevoerd. Als er bijvoorbeeld plotseling erg veel licht in het oog komt, valt dat op het netvlies. Teveel licht kan het netvlies vernietigen. Als er geen pupilreflex zou zijn, zou het licht eerst naar de grote hersenen moeten. Daar zou het gezichtsveld eerst nog even moeten nadenken, terwijl het licht het netvlies al aan het beschadigen is. Het gezichtscentrum moet dan ook nog via de tussenhersenen de spieren in het oog het bevel geven de pupil te vernauwen. Dit zou allemaal veel te lang duren. Doordat de pupilreflex het evaluatieproces in de grote hersenen overslaat, is de pupil al verkleind voordat er schade aan het netvlies is toegebracht.

Middenhersenen

onwillekeurige bewegingen
reflexen De middenhersenen hebben in dwarsdoorsnede de vorm van een driehoek, waar de top vanaf is geslagen. In de lengte loopt er een kanaal door de middenhersenen, dat de verbinding vormt tussen de derde en vierde hersenholte. De middenhersenen regelen de *onwillekeurige bewegingen* van de kop en de ogen, het kauwen, de spanning van de skeletspieren en de *reflexen* die nodig zijn om te blijven staan, lopen, zwemmen en vliegen. Dat doen ze samen met de kleine hersenen en het verlengde merg. Als een dier bijvoorbeeld struikelt, regelen de middenhersenen het herstellen van het evenwicht. Als de grote hersenen het nodig vinden dat een dier gaat hardlopen, geven de middenhersenen het bevel daartoe aan de desbetreffende zenuwcentra. Deze zenuwcentra van de hersenen regelen dan onderling de instructies aan de spieren.

<i>informatie van de gehoorzenuw</i>	In de middenhersenen komt ook de informatie van de oren en de evenwichtsorganen binnen. De <i>informatie van de gehoorzenuw</i>, oftewel de nervus stato-acusticus, komt eerst in het verlengde merg binnen en wordt dan doorgeschakeld naar de middenhersenen en van daar naar de grote hersenen.
	<i>Kleine hersenen</i> De kleine hersenen bestaan uit een bolletje, dat achter de grote hersenen op de hersenstam ligt, en zes strengen zenuwweefsel, die uit het bolletje te voorschijn komen. De voorste twee strengen verbinden de kleine hersenen met de middenhersenen. De middelste twee strengen omarmen het verlengde merg en smelten samen aan de onderkant. Ook dit is te zien in figuur 2.2. Ze vormen als het ware een brug over het verlengde merg en verbinden de linker en rechter helft van de kleine hersenen met elkaar. De achterste twee strengen verbinden de kleine hersenen met het verlengde merg.
<i>coördineren van lichaamsbewegingen</i>	De taak van de kleine hersenen, samen met de kernen in de middenhersenen en het verlengde merg, is het <i>coördineren van lichaamsbewegingen</i>, op bevel van de grote hersenen. Ze kunnen het met eenvoudige bewegingen ook reflexmatig, dat wil zeggen zonder tussenkomst van de grote hersenen.
<i>ademhaling wijdte van bloedvaten</i>	<i>Verlengde merg</i> Het verlengde merg is het laatste deel van de hersenstam. Het eindigt bij het ruggenmerg. Je kunt zeggen dat het ruggenmerg dáár begint waar het centrale zenuwstelsel uit de schedel komt en het ruggenmergskanaal binnengaat. Dan noem je het ruggenmerg. Het verlengde merg is een buis. De buis is de vierde hersenholte. Het verlengde merg is een belangrijk doorgeefluik van en naar de rest van de hersenen. Het heeft meerdere taken. Zo worden in het verlengde merg de <i>ademhaling</i>, de <i>hartslag</i> en de <i>wijdte van bloedvaten</i> geregeld. Dit gebeurt op bevel van hogere centra. Je kunt bijvoorbeeld jezelf de opdracht geven om diep in te ademen. Dit bevel ontstaat in de grote hersenen en wordt doorgegeven naar het ademhalingscentrum in het verlengde merg. Dit centrum geeft dan de ademhalingsspieren de opdracht samen te trekken en je ademt diep in.
	De tussenhersenen hebben ook een grote invloed op de centra in het verlengde merg. Als een dier het bijvoorbeeld warm heeft, zullen de tussenhersenen het verlengde merg bevel geven de bloedvaten in de huid te laten verwijden, zodat er veel warmte wordt afgegeven. Dit gebeurt dus op onbewust niveau. Ook regelen de tussenhersenen de slikreflex, de braakreflex en andere acties van het spijsverteringsapparaat, zoals speekselen, beginnen met afscheiden van verteringssappen.
<i>hoesten en niezen traanvocht</i>	Naast de hiervoor genoemde zaken regelt het verlengde merg ook het <i>hoesten en niezen</i> (bewust of als reflex). Bovendien regelt het verlengde merg de hoeveelheid <i>traanvocht</i> die de traanklieren afscheiden. De prikkels die komen uit het gehoor- en evenwichtsorgaan belanden eerst in het verlengde merg en worden dan naar de grote hersenen doorgegeven. De (dikke) zenuwen die de prikkels voor deze zaken overbrengen, lopen dwars door de

schedelbotten heen. Zenuwen die zo lopen noem je *kopzenuwen*. Het zijn er in totaal twaalf. Ook de oogzenuw en de gehoorzenuw zijn kopzenuwen.

Inhibitie

Net zoals op cellulair niveau is er bij de hersenen en het ruggenmerg sprake van een noodzakelijke remming, ook wel inhibitie genoemd. Stel je voor dat je een schepje suiker in je thee doet en gaat roeren. Zonder een rem zou je dan niet na korte tijd stoppen, maar blijf je rustig een uur doorroeren.

Voor iedere activerende groep zenuwcellen is er een andere groep die die actie stopt door een remmend signaal te geven. Dit wordt duidelijk bij honden die ontwaken uit een narcose. De activerende celgroepen (zenuwcentra) komen sneller onder de invloed van de narcosemiddelen uit dan de remmende centra. Ze worden, anders gezegd, sneller wakker. De hond begint bij te komen en merkt dat hij het niet prettig heeft. Hij voelt plotseling bijvoorbeeld pijn in zijn operatiewond en begint verrast te janken. Een hond die volledig bij bewustzijn is, vertoont dit gedrag ook als hij bijvoorbeeld ergens in trapt en een pijnlijke wond oploopt. Maar omdat zijn hersenen volledig functioneel zijn, zorgen de remcentra ervoor dat het bij een paar keer flink janken blijft.

ontremming De remcentra bij de uit narcose komende hond werken echter nog niet. Het gevolg is dat de hond maar doorgaat met janken. Je spreekt dan van *ontremming*. Na verloop van tijd komen de remcentra ook uit hun verdooving, doen hun werk en remmen het janken. Een hond die uit narcose komt, jankt dus niet omdat hij zo ondraaglijk lijdt, maar door ontremming. Het is de taak van de dierenartsassistent(e) om de ongeruste eigenaar hierop te wijzen.

Ruggenmerg

Het tweede deel van het centrale zenuwstelsel is het ruggenmerg (*myelum*). Het is een lange streng die begint bij de schedel en eindigt ter hoogte van de lendenen (zie figuur 2.1). Het ruggenmerg is, net als de hersenenstam, in het midden voorzien van een klein kanaal dat in de lengte loopt. Dit kanaal is een voortzetting van de vierde ventrikel en is gevuld met liquor cerebrospinalis.

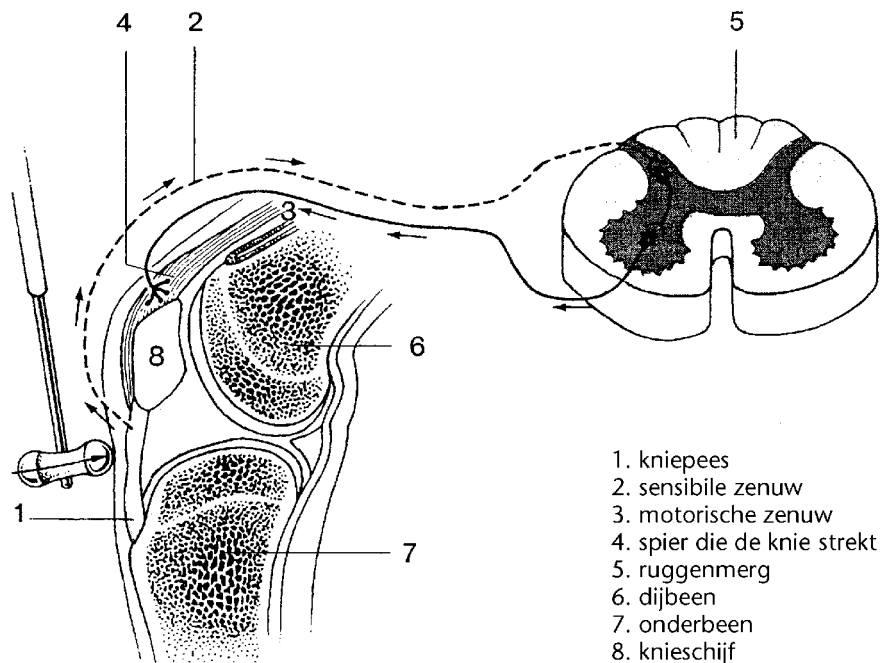
Het ruggenmerg is, net als de hersenen, omgeven door bot, namelijk de ruggenwervels. De wervels zijn hol en vormen, achter elkaar gelegen, een kanaal. De wervels hebben verschillende namen.

- halswervel (*vertebra cervicalis*)
- borstwervel (*vertebra thoracalis*)
- lendenwervel (*vertebra lumbalis*)
- heiligbeen ofwel os sacrum (aaneengegroeide *vertebrae sacrales*)
- staartwervel (*vertebra caudalis*)

duramater Om het zenuwweefsel van het ruggenmerg heen liggen drie vliezen: de *duramater*,
piamater de *piamater* en de *arachnoïdea*. Het zijn de voortzettingen van de drie hersenvliezen.
arachnoïdea Ze zijn dan ook hetzelfde gebouwd en hebben dezelfde functie. Als er een injectie in het wervelkanaal wordt gegeven, heet dat een epi-(= boven)durale injectie: de injectievloeistof wordt tussen de duramater en het bot van de wervels gespoten.

	Het ruggenmerg bestaat net als de hersenen uit witte en grijze stof. Bij het ruggenmerg liggen de cellichamen in het midden en de axonen met hun witte myelineschede er omheen. Er is zodoende een vlindervormig patroon. Dit kun je goed zien in figuur 2.3. De 'vleugels' van de vlinder noem je <i>hoornen</i>. De hoornen aan de bovenkant heten de <i>dorsale hoornen</i>, die aan de onderkant de <i>ventrale hoornen</i>. De prikkels die naar de spieren toe gaan, lopen door de ventrale hoorn. Prikkels uit de spieren komen binnen via de dorsale hoorn.
<i>dorsale hoornen</i> <i>ventrale hoornen</i>	De axonen die uit de dorsale en ventrale hoorn komen, voegen zich al in het wervelkanaal samen tot één ruggenmergszenuw. Tussen elke twee wervels komt zowel links als rechts een ruggenmergszenuw uit. Zodra die zenuw tussen de wervels uit komt, noem je hem een <i>perifere zenuw</i>. Ruggenmergszenuwen krijgen de naam van de wervel waarachter ze te voorschijn komen. De twee ruggenmergszenuwen die links en rechts tussen de vierde en vijfde lendenwervel (vertebrae lumbales) uitkomen heten L4. Omdat er telkens afsplitsingen zijn, wordt het ruggenmerg steeds dunner naar het eind toe. Het ruggenmerg loopt bij onvolgroeide dieren helemaal door tot achter in het wervelkanaal. De wervels groeien echter sneller dan het ruggenmerg. Het gevolg is dat het wervelkanaal sneller langer wordt dan het ruggenmerg. Het ruggenmerg bij een volwassen hond of kat komt niet verder dan de één na laatste lendenwervel en loopt niet door tot in de staart. Daarna is het wervelkanaal gevuld met alleen de ruggenmergszenuwen van het heiligbeen en de staart. Deze bundel ruggenmergszenuwen in het wervelkanaal heet de <i>cauda equina</i> (paardenstaart). De ruggenmergszenuwen die te voorschijn komen tussen de vierde en vijfde lendenwervel, hebben hun oorsprong in een deel van het ruggenmerg dat enkele centimeters naar voren ligt. Een ruggenmergszenuw die tussen de laatste twee staartwervels uitkomt, heeft eerst een heel eind door het wervelkanaal gelopen. Dit verklaart waarom een beschadiging van het ruggenmerg op een naar voren gelegen plaats, toch verlammingen kan veroorzaken aan de achterkant van het lichaam.
<i>umn</i> <i>lmn</i>	De termen 'upper motor neurons' en 'lower motor neurons' worden veel gebruikt om het niveau aan te geven waarop een afwijking zich bevindt. Onder <i>upper motor neurons (umn)</i> worden zenuwcellen verstaan waarvan het cellichaam in de hersenen ligt en het axon door het ruggenmerg naar achteren (caudaal) loopt. Van de <i>lower motor neurons (lmn)</i> ligt het cellichaam in het ruggenmerg en het axon loopt vanuit het ruggenmerg via de ventrale hoorn naar spieren in bijvoorbeeld de achterpoot toe. De dendrieten van de lmn hebben contact met de axonen van één of meer umn. Aandoeningen van umn liggen dus dichterbij de hersenen toe dan aandoeningen van lmn. Umn hebben vaak een remmend effect op reflexen die door umn worden uitgevoerd.
<i>signalen</i> <i>reflexen</i>	De eerste taak van het ruggenmerg is het doorgeven van <i>signalen</i> van de hersenen naar het perifere deel van het zenuwstelsel en (in omgekeerde richting) van de perifere zenuwen naar de hersenen toe. De tweede taak van het ruggenmerg is het verzorgen van <i>reflexen</i>. Hoe belangrijk reflexen zijn, blijkt bijvoorbeeld als je de kniepeesreflex (patellareflex) bekijkt. In figuur 2.3 zie je dat de sensibele zenuwvezel in de kniepees de prikkel via het ruggenmerg doorgeeft aan de motorische zenuwvezel in de pootspier, die vervolgens de poot optilt.

Fig. 2.3
Kniepeesreflex



Ook in het ruggenmerg is remming van belang. Zonder die remming zou een dier waarbij de patellareflex werd opwekt, zijn poot steeds blijven optillen als gevolg van de ene keer tikken op de kniepees. Er komt dus een signaal van hogere centra (via umn) dat de spieren bevel geeft om de poot weer neer te zetten. Als dus de kniepeesreflex veel heftiger en een langer durend optillen van de poot tot gevolg heeft, is er sprake van ontremming. Er is dan geen verbinding meer met de hogere centra. Dit kan wijzen op een beschadiging van het ruggenmerg (umn) op een verder naar voren gelegen plaats dan op het niveau van de L4, 5 en 6. Als de patellareflex niet op te wekken is, is er een storing in de geleiding tussen pootspieren en ruggenmerg, dus in de lmn.

2.3 Perifere zenuwstelsel

Je hebt al geleerd dat het perifere zenuwstelsel prikkels van de zintuigen naar het centrale zenuwstelsel voert en bevelen van het centrale zenuwstelsel naar de rest van het lichaam. Zodra zenuwen uit de schedel of het wervelkanaal treden, heten ze perifere zenuwen.

De perifere zenuwen die links en rechts uit de schedel komen heten *kopzenuwen*. Sommige ervan, zoals de linker en rechter oogzenuw en de beide gehoorzenuwen, voeren signalen naar de hersenen toe. Dergelijke zenuwen heten *gevoelszenuwen* of wel *sensibele zenuwen*. Andere kopzenuwen brengen juist bevelen van de hersenen over naar de spieren van het gezicht (bijvoorbeeld de linker en rechter nervus facialis) of naar oogspieren (de beide nervi oculomotores). Weer andere zenuwen geven bevelen aan klieren. De nervi trigemini zetten bijvoorbeeld de linker en rechter speekselklieren aan tot het afscheiden van speeksel. Zenuwen die signalen vanuit de hersenen voeren naar spieren of klieren heten *motorische zenuwen*.

Er zijn met andere woorden dus twee soorten perifere zenuwen: sensibele (= gevoels)zenuwen en motorische (= uitvoerende) zenuwen. De sensibele zenuwen ontvangen prikkels van allerlei zintuigen en voeren die signalen naar het centrale zenuwstelsel toe. De motorische zenuwen geven bevelen van het centrale zenuwstelsel door naar spieren en klieren.

De zenuwen die uit de ventrale en dorsale hoorn van het ruggenmerg komen, verenigen zich tot één ruggenmergszenuw. De dorsale hoorn bestaat uit sensibele zenuwen en de ventrale hoorn uit motorische zenuwen. Ruggenmergszenuwen bestaan dus uit motorische en sensibele zenuwen. Zodra een ruggenmergszenuw uit de wervelkolom komt, splitst hij zich in twee takken. De ruggenmergszenuw is daar *ganglion* verdikt. Zo'n verdikking in een zenuw heet *ganglion*.

In een ganglion worden zenuwsignalen van een axon op de dendriet van een volgende zenuwcel overgeschakeld. In het ganglion liggen de cellichamen van die volgende zenuwcellen, vandaar de verdikking. Beide takken zijn zowel motorisch als sensibel. De ene tak gaat naar boven en bedient (innerveert) de bovenkant van het lichaam van een hond of kat. De andere gaat naar beneden en bedient de onderkant van het lichaam. Beide takken innervieren huid, zintuigen, spieren en klieren die in hun gebied liggen.

De ruggenmergszenuwen van de halswervels en de eerste borstwervels voegen zich samen. Zo ontstaat een netwerk van zenuwweefsel, de *plexus brachialis*, die tussen het schouderblad en de ribben ligt. Eruit komen grote zenuwen die via de oksel naar de voorpoten lopen, zoals de *nervus medianus* en de *nervus radialis*. Ook komen er zenuwen uit die naar de wand van de borstkas (de *nervi thoracici*) lopen. Een dergelijke plexus (de *plexus lumbosacralis*) vormt zich aan de onderkant van het heiligbeen. Van hieruit lopen er zenuwen naar de achterpoot, zoals de *nervus femoralis*, en de geslachtsorganen, bijvoorbeeld de *nervus spermaticus externus*.

De zenuwen die uit de plexus brachialis en lumbosacralis komen, liggen in eerste instantie diep in het lichaam en zijn goed beschermd. Hoe verder ze echter naar de periferie gaan, hoe dichter ze onder de huid komen, zodat de kans bestaat dat ze beschadigd worden. Dit veroorzaakt dan verlamming van de spieren en gevoelloosheid van het deel van de huid waar de beschadigde zenuw zijn uitlopers heeft. Gelukkig liggen de grootste zenuwen aan de binnenkant (mediaan) van de poten en tussen de grote spieren in. Daardoor is de kans dat ze beschadigd raken wat kleiner. Bovendien is de kans dat je bij het geven van een intramusculaire injectie in de bilspijzen een zenuw raakt daardoor klein, mits je precies in het midden van de spier prikt en niet dwars door de spier heen steekt.

2.4 Autonome en willekeurige zenuwstelsel

Aan het begin van het hoofdstuk heb je geleerd dat je het zenuwstelsel op verschillende manieren kunt indelen. De indeling in centraal en perifeer zenuwstelsel is een anatomische indeling. Deze indeling is in de vorige paragrafen gehanteerd. Maar je kunt het zenuwstelsel ook indelen naar functie. Dan spreek je van het willekeurige zenuwstelsel en het autonome zenuwstelsel. Daarover gaat deze paragraaf.

Het willekeurige zenuwstelsel houdt zich voornamelijk bezig met het reageren op veranderingen in de wereld om het dier heen. Het regelt, al of niet bewust, de spierbewegingen. Het is de zetel van geheugen bewustzijn en wil.

autonome zenuwstelsel

Het *autonome zenuwstelsel* regelt zelfstandig de processen in het lichaam en past die aan, aan wat het willekeurig zenuwstelsel op een bepaald moment nodig heeft. Als een hond bijvoorbeeld een lekker stuk vlees ziet liggen, neemt het willekeurige zenuwstelsel dit via de ogen waar. De grote hersenen bevelen via de lagere centra en de perifere zenuwen dat de hond naar dat vlees toe moet lopen en het op moeten pakken. Het autonome zenuwstelsel beveelt intussen dat de speekselklieren moeten gaan speeksel. Zodra het vlees in de mond is, regelt het autonome zenuwstelsel dat het vlees wordt ingeslikt.

Als het willekeurige zenuwstelsel (de grote hersenen) nu besluit dat de hond naar zijn mand moet gaan om te slapen, zal het autonome zenuwstelsel de maag laten beginnen met het verteren van het vlees. Als de grote hersenen echter besluiten dat de hond nog flink achter de kat van de burens aan moet rennen, zal het autonome zenuwstelsel de maag niet aanzetten tot activiteit, maar juist het hart sneller laten kloppen, de ademhaling versnellen, de bloedvaten naar hart longen en skeletspieren doen verwijden en de bloedvaten naar huid, darmen en blaas vernauwen (waardoor ze dus minder bloed krijgen) en de bijniere bevelen om adrenaline af te geven. Adrenaline versterkt dan de voorgenoemde effecten.

Het autonome zenuwstelsel bestaat dan ook uit twee delen met een tegengestelde werking. Dat zijn:

- het *sympathische zenuwstelsel*
- het *parasympathische zenuwstelsel*

Het sympathische zenuwstelsel overheerst als het dier in actie is (bijvoorbeeld als de hond achter de kat van de burens aanzit) en het parasympathische zenuwstelsel overheerst als de hond rustig in zijn mand ligt om het vlees te verteren.

vegetatieve zenuwstelsel

De regeling van de lichaamsprocessen zoals ademhaling, hartslag en darmwerking is dus de voornaamste taak van het autonome zenuwstelsel. Het ontvangt via zijn eigen zintuigen informatie over bijvoorbeeld de hoeveelheid koolzuur in het lichaam, de bloeddruk en de lichaamsvoorraden aan bouwstoffen. Zo bepaalt het onder andere of het dier honger moet krijgen of juist verzadigd is. Het autonome zenuwstelsel wordt ook wel het *vegetatieve zenuwstelsel* genoemd.

Het autonome zenuwstelsel ligt zowel centraal als perifeer. Het is uitgebreid vertegenwoordigd in de hersenstam. Sommige kopzenuwen staan geheel of gedeeltelijk in dienst van het autonome zenuwstelsel. De nervus vagus is hier een voorbeeld van. Deze loopt van de schedel naar het hart en de darmen.

Het autonome zenuwstelsel heeft een eigen 'ruggenmerg'. Je noemt dit de *grensstreng*. Deze begint in de borstkas, ligt vlak onder de ruggengraat en bestaat uit een reeks ganglia van (autonome) zenuwen die uit het echte ruggenmerg komen. De ganglia zijn onderling verbonden. De grensstreng loopt door tot in de buikholte en eindigt vlak voor de bekkenholte. De grensstreng vertakt zich via zenuwen naar de ingewanden van borst en buik en vormt daarbij verschillende ganglia en netwerken.

Een bekend netwerk is bijvoorbeeld de plexus solaris, ofwel de zonnevlecht, die ligt in het begin van de buikholte.

2.5 Afsluiting

Je kunt het zenuwstelsel beschrijven als een orgaansysteem dat de acties van de andere organen van het lichaam coördineert. Het zenuwstelsel reageert immers op veranderingen binnen het lichaam. Daarnaast laat het zenuwstelsel het lichaam reageren op veranderingen in de buitenwereld. Dit doet het door middel van prikkeling door zenuwen (bijvoorbeeld door een zenuwcel een spiercel te laten samentrekken) en door het afgeven van hormonen die direct het gewenste effect hebben. De bouw en de functies van het zenuwstelsel moet je in grote lijnen kennen.

- Vragen 2.1**
- a Wat is de taak van het zenuwstelsel?
 - b Waaruit bestaat het centrale zenuwstelsel?

- Vragen 2.2**
- a Wat is de blood-brain-barrier?
 - b Wat zijn hersenventrikels?
 - c Wat is de liquor cerebrospinalis?
 - d Wat is de taak van de hersenschors?
 - e Wat doet de witte stof?
 - f Waar worden de oogbewegingen geregeld?
 - g Wat is de nervus statoacusticus?
 - h Wat doet het cerebellum?
 - i Wat zijn kopzenuwen?
 - j Wat is ontremming?
 - k Wat is een epidurale injectie?
 - l Hoe heet de ruggenmergszenuw die tussen de derde en vierde halswervel uitkomt?
 - m Waar ligt het cellichaam van een lower motor neuron en waar loopt zijn axon naar toe?
 - n Wat zijn de taken van het myelum?
 - o Leg uit waarom een te heftige patellareflex duidt op een afwijking hoger in het ruggenmerg.
 - p Uit welke twee soorten zenuwen bestaan de ruggenmergszenuwen?

- Vragen 2.3**
- a Waar ligt de plexus brachialis?
 - b Wat is de taak van het vegetatieve zenuwstelsel?
 - c Welk zenuwstelsel overheerst als een kat ligt te slapen?
 - d Wat is de grensstreng?

3 Endocrinologie

Oriëntatie

Het coördineren van de werking van weefsels en organen gebeurt niet alleen door middel van bijna direct contact tussen cellen via het (autonome) zenuwstelsel. Signaalstoffen kunnen ook snel via het bloed over het hele lichaam vervoerd worden. Een dergelijke signaalstof heet een hormoon. Waar deze hormonen worden gemaakt en hoe ze werken, leer je in dit hoofdstuk.

3.1 Hormonen

Een signaalstof die ergens in het lichaam wordt gemaakt en via het bloed vervoerd wordt naar zijn doelorgaan heet *hormoon*. Hormonen worden geproduceerd door klieren met inwendige afscheiding (= secretie). Deze noem je *endocriene klieren*. Er zijn ook klieren met uitwendige secretie, de zogenaamde *exocriene klieren*. Zij geven hun producten niet af aan het bloed maar aan de buitenwereld. De speekselklieren en de traanklieren zijn daar voorbeelden van.

De endocriene klieren geven hun producten af aan het bloed. De belangrijkste endocriene klieren zijn de:

- hypothalamus;
- hypofyse;
- schildklieren;
- bijschildklieren;
- nieren;
- bijnieren;
- pancreas;
- gonaden (de testikels en de ovaria);
- uterus.

De hypothalamus, de hypofyse, de schildklier, de schors van de bijnier en de gonaden zijn nauw met elkaar verbonden. De hypothalamus instrueert de hypofyse, die op zijn beurt hormonen afgeeft die de andere drie genoemde klieren besturen. In dit hoofdstuk leer je wat de functie en werking van deze endocriene klieren zijn. Gonaden en uterus zullen echter niet apart worden behandeld.

3.2 Hypothalamus en hypofyse

De hypothalamus en de hypofyse zijn twee belangrijke endocriene klieren. Wat hun functie is en hoe ze met elkaar in verbinding staan, wordt hieronder uitgelegd.

Hypothalamus

*hypothalamo-
hypofysaire as*

De hypothalamus bestaat uit zenuwcellen en is een deel van de tussenhersenen. Hij ontvangt zijn informatie van de hogere centra (onder andere de epifyse, die letterlijk hoog in het di-encefalon ligt) en via zijn eigen celreceptoren, die reageren op hormonen die geproduceerd worden door andere endocriene klieren. De hypothalamus staat op twee manieren in verbinding met de hypofyse. Ten eerste via zijn axonen en ten tweede via een poortadersysteem. Deze twee verbindingen samen heten de *hypothalamo-hypofysaire as*.

Hypofyse

De hypofyse is een uitpuiling van de hypothalamus in het bot van de schedelbasis. Hij bestaat uit twee delen: de *neurohypofyse* (ook *achterkwab* genoemd) en de *adenohypofyse* (*voorkwab*). De axonen van de hypothalamus staan in rechtstreeks contact met de neurohypofyse. De adenohypofyse ontvangt zijn bevelen van de hypothalamus via het poortadersysteem.

Neurohypofyse

antidiuretisch hormoon

De neurohypofyse maakt twee hormonen: het antidiuretisch hormoon (ook wel *vasopressine* genoemd) en oxytocine. Het *antidiuretisch hormoon* (ADH) werkt in op de nier en vermindert de productie van urine. De nieren houden meer water vast als ze daartoe bevel krijgen van het ADH. Het bloed wordt dan iets verdund. Daardoor daalt de osmotische waarde van het bloed. Dit merkt de hypothalamus op en die geeft nu via zijn axonen de neurohypofyse bevel om geen ADH meer te maken. De nieren gaan dus meer urine maken en de osmotische waarde van het bloed stijgt daardoor weer. Als de osmotische waarde van het bloed te hoog wordt, geeft de hypothalamus de neurohypofyse weer bevel om ADH te maken en de osmotische waarde van het bloed daalt weer. Deze manier van regelen heet *negatieve feedback*.

oxytocine

Oxytocine werkt in op de spieren van de baarmoeder en op de melkklieren. Door oxytocine gaan de spieren van de drachtige baarmoeder samentrekken en wordt het jong uitgedreven. De melkklieren geven melk af (laten de melk schieten). Dit werkt als volgt. Als de tepels van een melkproducerend dier worden geprikkeld doordat een jong eraan begint te zuigen, sturen drukgevoelige cellen in de huid van de tepel een signaal (via de sensibele zenuw) naar de hersenen, waar het overgeschakeld wordt naar de hypothalamus. Deze geeft dan via zijn (motorische) axon de neurohypofyse bevel om oxytocine af te scheiden. Dit zorgt ervoor dat de spiertjes in de melkklieren de melk naar de tepel laten lopen en het jong kan melk drinken.

Het is niet precies bekend welk signaal de hypothalamus ertoe brengt om via de oxytocine-afscheiding de baarmoederspieren aan te zetten tot het uitdrijven van de vrucht. Oxytocine wordt ook door mannelijke dieren gemaakt en laat de spieren van de zaadleider samentrekken bij de ejaculatie.

Adenohypofyse

Je hebt net al kunnen lezen dat de adenohypofyse zijn signalen ontvangt van de hypothalamus, door hormonen die via de poortader aangevoerd worden. Deze

releasing factors
inhibiting factors

hormonen noem je *releasing factors* en *inhibiting factors*. Een releasing factor zorgt ervoor dat de hypofyse een bepaald hormoon afscheidt en een inhibiting factor laat de hypofyse daarmee stoppen.

De adenohipofyse kan op bevel van de hypothalamus de volgende hormonen aanmaken. Tussen haakjes staan de afkortingen die vaak worden gebruikt.

- prolactine
- groeihormoon (GH)
- adreno-cortico-troop hormoon (ACTH)
- melanotroop hormoon (MSH)
- thyreotroop hormoon (TSH)
- follikelstimulerend hormoon (FSH)
- luteotroop (of luteostimulerend) hormoon (LH)

Voor ieder van deze hormonen maakt de hypothalamus in principe een releasing en een inhibiting factor.

Prolactine heeft als bekendste actie het stimuleren van de vorming van melk bij zogende moederdieren. Onder invloed van prolactine worden bijvoorbeeld van aminozuren melkeiwitten gemaakt. Maar prolactine heeft ook nog talloze andere functies. Zo stimuleert het in de puberteit mede de vorming van de melkklieren en kliertjes in de voorhuid. Daarnaast stimuleert het de haargroei en werkt het in op de nieren.

Het *groeihormoon* doet in de eerste plaats precies wat de naam zegt: het bevordert het anabolisme, dat wil zeggen de omzetting van grondstoffen in bouwstoffen, zoals vetten en eiwitten. Bij jonge dieren die nog in de groei zijn, maakt de hypofyse meer GH dan bij volwassen dieren.

ACTH stimuleert de bijnierschors om bijnierschorshormonen (*corticosteroïden*) af te geven. *MSH* stimuleert de vorming van pigment in de huid. Het *TSH* zet de schildklier (*glandula thyreoidea*) aan tot het afgeven van schildklierhormoon. *FSH* zorgt ervoor dat de ovaria nieuwe follikels met eicellen gaan maken. *LH* induceert ten slotte de eisprong (ovulatie) en transformeert de follikels tot het zogenaamde gele lichaampje (*corpus luteum*). Bij mannelijke dieren zorgt FSH voor een goede vorming van zaadcellen. LH wordt bij mannelijke dieren ook wel het *Interstitiële Cellen Stimulerend Hormoon* of *ICSH* genoemd. Het stimuleert de vorming van testosteron.

3.3 Nieren en bijnieren

Nieren en bijnieren spelen ieder een eigen rol bij de aanmaak van hormonen.

Nieren

De rol van de nieren als hormoonproducent is niet alleen het afgeven van renine om de bloeddruk en de natriumspiegel constant te houden. De nieren produceren ook een hormoon dat het beenmerg aanzet tot het maken van rode bloedcellen. Dit hormoon heet *erythropoëtine* (*EPO*). Een gebrek aan EPO leidt tot erge bloedarmoede

(*anemie*). Dit is bijvoorbeeld een complicatie bij de chronische nierinsufficiëntie, die bij veel oudere katten en honden voorkomt.

Bijnieren

De twee bijnieren (*glandulae adrenales*) liggen dicht voor de nieren. Ze bestaan uit een schors (*cortex*) en een merg (*medulla*). De cortex bestaat weer uit drie lagen. De functie en werking van de afzonderlijke lagen wordt hier uitgewerkt.

Cortex

buitenste laag

De *buitenste laag* van de cortex maakt het mineralocorticosteroïd *aldosteron*. Dit gebeurt op bevel van de nieren. De nieren meten voortdurend de bloeddruk en de hoeveelheid natrium in het bloed (de *natriumspiegel*). Als de bloeddruk of de natriumspiegel te laag wordt, geven de nieren het hormoon *renine* af. In het bloed zet renine een altijd in het bloed aanwezig eiwit (*angiotensinogeen*) om in de actieve vorm: het *angiotensine*. Hiervoor is ook een enzym nodig dat *ACE* heet. Angiotensine geeft de bijnieren bevel om aldosteron af te gaan scheiden. Aldosteron verhoogt dan de bloeddruk door de bloedvaten nauwer te maken en zorgt ervoor dat de nieren meer natrium vasthouden.

Zodra de bloeddruk en de natriumspiegel weer normaal zijn, merkt de nier dat en stopt met het afgeven van renine. Dit is dus een voorbeeld van een negatief feedback systeem. Deze regulering heet het *renine-angiotensine-systeem*. Het is in werkelijkheid veel complexer dan hier is aangegeven. Er zijn veel medicijnen die bij hartkwalen gebruikt worden en op dit systeem inwerken.

tweede laag

De *tweede laag* van de drie lagen van de cortex van de bijnieren maakt de voorlopers van de geslachtshormonen. Ze gaan via het bloed naar de ovaria of de testes en worden daar tot werkzame moleculen (oestrogeen, progesteron en testosteron) omgezet. Dat wil niet zeggen dat de in de bijnierschors gemaakte voorlopers helemaal geen werking hebben. Gesteriliseerde poezen worden in uitzonderingsgevallen toch weer steeds krols. Dat kan komen doordat de in de bijnieren gevormde voorlopers van oestrogeen voldoende kracht hebben om die poes krols te laten worden. Uiteraard is het voor zo'n poes niet mogelijk om drachtig te worden.

derde laag

De *derde laag* van de bijnierschors geeft *glucocorticosteroïden* af aan het bloed op bevel van het ACTH. (De andere twee lagen reageren ook op ACTH, namelijk met verhoogde afgifte van hun hormonen, maar slechts in zeer geringe mate.) Glucocorticosteroïden hebben meerdere functies.

Glucocorticosteroïden bevorderen de opname van glucose in de zenuwcellen van de hersenen en verminderen het gebruik van glucose in andere (vooral spier-)cellen. Op die manier krijgen de hersenen meer glucose in tijden van acute stress. Hersencellen moeten dan snel reageren (door het dier te laten vluchten of vechten) en zijn zeer afhankelijk van glucose voor hun energie. Dieren die aan (korte of langdurige) stress onderhevig zijn, hebben dan ook hoge glucocorticoidspiegels. Soms zijn die spiegels zo lang zo hoog dat het dier door uitputting sterft.

Een tweede functie van glucocorticosteroïden is het bevorderen van het maken van glucose uit eiwitten en vetten in andere cellen. Dit proces heet gluconeogenese.

De glucocorticosteroïden bevorderen bijvoorbeeld (samen met het GH) het afgeven van vetten uit het vetweefsel. De lever zet de vetten dan om in glucose.

Glucocorticosteroïden remmen het immuunsysteem en verlagen zo de weerstand tegen infectieziekten. Bovendien stabiliseren ze de celwand waardoor er minder prostaglandines en leukotrienen gemaakt worden. Door deze eigenschappen worden ze veel gebruikt als bestrijders van shock. Tot slot verminderen ze de aanmaak van antistoffen. Op deze manier kunnen de hersenen (via de hypothalamo-hypofysaire as) ontstekingsreacties remmen. Zonder zo'n rem zou het afweersysteem maar door blijven gaan met het maken van antistoffen en het veroorzaken van koorts als bijvoorbeeld de Salmonella-bacteriën die een darmontsteking veroorzaakten, allang gedood zijn.

Medulla

Het bijniermerg ofwel medulla scheidt *adrenaline* (ook *epinefrine* genoemd) en *noradrenaline* (ofwel *norepinefrine*) af op bevel van rechtstreekse zenuwprikkeling door het sympathisch zenuwstelsel (en enigszins onder invloed van ACTH). Adrenaline en noradrenaline maken het lichaam klaar voor actie (vechten of vluchten; fright or flight). De prikkeling via de alfa- en bèta-adrenerge celreceptoren zorgt voor een reeks aan reacties: het hart gaat sneller slaan, er is een grotere bloedtoevoer naar de skeletspieren, er gaat minder bloed naar de darmen en de huid, de pupillen verwijden zich, de bronchiën verwijden zich, het dier gaat sneller en dieper ademen, de haren gaan rechtop staan en glucose wordt gemobiliseerd uit de lever. Adrenaline en noradrenaline zijn geen erg stabiele moleculen en verdwijnen snel uit het bloed. Er hoeft dus geen specifieke rem voor hun actie te zijn.

3.4 Schildklieren en bijschildklieren

Schildklieren en bijschildklieren horen ook thuis in het rijtje van de belangrijkste endocriene klieren die hun producten afgeven aan het bloed.

Schildklieren

De schildklieren (*glandula thyreoidea*) liggen meteen ter weerszijde van de luchtpijp, iets achter het strottenhoofd. Soms zijn de twee met elkaar verbonden. De
T3 schildklieren maken onder invloed van het TSH twee hormonen: *T3 (trijoodthyronine)*
T4 en *T4 (tetrajoodthyronine)*.

Het T3-molecuul bevat drie (= tri) jodiumatomen en het T4 bevat er vier (= tetra). De schildklierhormonen worden aan eiwitten in het bloed gebonden en zo naar alle cellen in het lichaam vervoerd. Ze dringen de cellen binnen en activeren bepaalde genen in de kern of stimuleren de mitochondriën. Op deze manier zetten ze de cellen aan tot een sneller metabolisme. Bovendien maken ze de cellen gevoeliger voor andere signaalstoffen, zoals GH. Zonder T3 of T4 is normale groei niet mogelijk: er ontstaat dwerggroei of subnormale hersenontwikkeling. Ook de gonaden reageren dan niet goed op FSH en LH.

calcitonine De schildklier produceert nog een derde hormoon, namelijk het *calcitonine*. De productie ervan staat niet onder invloed van de hypofyse, maar hangt af van de hoeveelheid calcium in het bloed. Hoe hoger de calciumspiegel (bijvoorbeeld na een

calciumrijke maaltijd) hoe meer calcitonine de schildklier afgeeft. Hier is dus sprake van een positieve feedback. Een correcte calciumspiegel is voor alle cellen in het lichaam van levensbelang.

Bijschildklieren

paraathormoon

De bijschildklieren (*glandula parathyreoidea*) liggen dicht tegen de schildklieren aan. Ze maken het *paraathormoon* (PTH). Dit hormoon verhoogt de calciumspiegel ten eerste door de osteoclasten te stimuleren calcium vrij te maken en aan het bloed af te geven. Ten tweede instrueert het paraathormoon de nieren tot het terugwinnen van calcium uit de urine. Ten derde zet het paraathormoon het vitamine D aan om meer calcium uit de darmen op te nemen.

Je hebt net al geleerd dat het hormoon calcitonine in de schildklieren wordt gemaakt. Dit calcitonine werkt door het effect van het paraathormoon op de osteoclasten teniet te doen. Daardoor zullen de osteocyten de overhand krijgen en razendsnel calcium uit het bloed opnemen en het in hun tussencelstof opslaan.

Zoals je weet, speelt calcium een belangrijke rol in de stofwisseling van cellen. Daarom is het handhaven van een correcte calciumspiegel van levensbelang. Een te lage calciumspiegel in het bloed kan tetanie veroorzaken. Dit gebeurt bij teven van kleine hondenrassen vlak voor of na de geboorte van hun jongen. Het ziektebeeld wordt gekenmerkt door heftige krampen, die uiteindelijk tot de dood kunnen leiden.

Maar ook een te hoge calciumspiegel levert gevaar op voor de gezondheid van het dier. In vele organen (bijvoorbeeld baarmoeder, melkklieren, kliertjes rond de anus) zijn cellen aanwezig die een hormoon kunnen maken dat lijkt op het paraathormoon. Vooral sommige talgkliertjes die dicht bij de anaalzakjes liggen, kunnen tumoren vormen die grote hoeveelheden van deze paraathormoonachtige stof maken. Hierdoor is de calciumspiegel voortdurend te hoog. Dit leidt tot een slecht functioneren van allerlei enzymsystemen in de cellen van alle weefsels en uit zich bijvoorbeeld in spierzwakte, trage hartslag en braken. Je spreekt dan van *pseudohyperparathyroidie* (pseudo = niet echt; hyper = meer; hyper-parathyroidie = meer dan normale afgifte van hormoon door de *glandula parathyreoidea*).

3.5 Pancreas

exocrien deel

endocrien deel

α-cellen

β-cellen

De *alvleesklier* of pancreas ligt tussen de maag en een bocht in de dunne darm in. Hij bestaat uit twee delen: een *exocrien deel* en een *endocrien deel*. Het endocriene deel ligt in klompjes tussen het exocriene deel in. Deze klompjes heten de *eilandjes van Langerhans*. In de eilandjes van Langerhans zijn twee soorten cellen te onderscheiden: de α- en de β-cellen. De α-cellen maken glucagon en de β-cellen insuline. Insuline bindt zich aan bepaalde celreceptoren en zet zo de cellen aan tot opname, verbruik of opslaan van glucose in de vorm van glycogeen. Insuline beïnvloedt ook in anabole zin de eiwit- en vetstofwisseling van de cellen, waarbij ook glucose nodig is, en zet spiercellen en vetcellen aan tot verhoogde kaliumopname. Insuline remt de gluconeogenese.

De β -cellen reageren zelf (dus zonder instructie van hypothalamus of hypofyse) op een hoge bloedglucosespiegel (zoals die na een maaltijd ontstaat) door insuline af te scheiden. Via een poortader gaat de insuline snel naar de lever, zodat deze door het opnemen en opslaan van de glucose de spiegel doet dalen. Als de bloedglucosespiegel (ook wel bloedsuikerspiegel genoemd) lager wordt, geven de β -cellen minder insuline af. Dit is dus een voorbeeld van positieve feedback. Nadat insuline de lever heeft geïnstrueerd, gaat het via het bloed verder het hele lichaam door en beïnvloedt het de overige lichaamscellen.

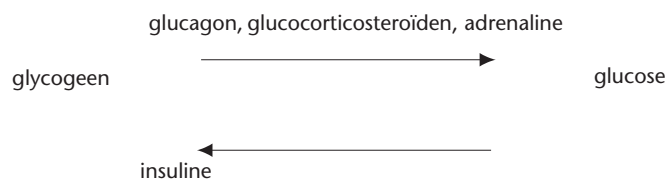
Er lopen ook autonome zenuwen naar de pancreas. De sympathische zenuwen verminderen de insuline afscheiding; de parasympathische bevorderen de afscheiding van insuline. Ook de bijnier regelt mede de insulineproductie: adrenaline laat de pancreas minder insuline afgeven. Zelfs de maag maakt een hormoon dat de β -cellen aanzet tot afgifte van insuline.

De α -cellen produceren (ook op eigen initiatief, dus ook zonder dat hypothalamus of hypofyse er bij betrokken is) het hormoon glucagon. Glucagon doet het omgekeerde van insuline: het verhoogt het bloedsuikergehalte door de lever (waar het ook heen gaat via de poortader) te stimuleren glucose vrij te maken uit het glycogeen en het af te geven aan het bloed. Ook zet glucagon de lever aan om vetten om te zetten in glucose. Glucagon bevordert dus de gluconeogenese. Het werkt alleen op de lever en niet op de cellen van andere organen.

De α -cellen worden beïnvloed door de glucosespiegel, autonome zenuwen, en een hormoon uit de maag. Hun reactie is precies omgekeerd aan die van de β -cellen. Hoe lager de bloedglucosespiegel, hoe meer glucagon de α -cellen afgeven. Prikkeling door sympathische zenuwen verhoogt de productie; het maaghormoon remt de afgifte van glucagon.

De hoeveelheid glucose in het bloed wordt uitgedrukt in millimol per liter (een millimol is een bepaald aantal moleculen) en moet tussen de 3,9 en 6,1 mmol/l. zijn. In figuur 3.1 zie je nog eens in een schema samengevat hoe de bloedglucosespiegel binnen de grenzen van 3,9-6,1 mmol/l. wordt gehouden.

Fig. 3.1
Bloedglucosespiegel



3.6 Afsluiting

Het afgeven van hormonen gebeurt via de hypothalamo-hypofysaire as of via zelfstandige feedbacksystemen van diverse endocriene klieren. De anatomie en fysiologie van de endocriene klieren zul je goed moeten beheersen. Veel ziekten vinden immers hun oorsprong in het niet goed functioneren van deze klieren.

-
- Vragen 3.1**
- a Wat is een endocriene klier?
 - b Wat wordt verstaan onder de hypothalamo-hypofysaire as?
 - c Welke twee hormonen maakt de neurohypofyse?
 - d Wat is een releasing factor?
 - e Maken volwassen dieren ook GH?
 - f Wat doet FSH?
 - g Wat doet aldosteron?
 - h Wat doet ACTH?
 - i Hoe worden glucocorticosteroïden (cortico's) in de diergeneeskunde onder meer gebruikt?
- Vragen 3.2**
- a Welke twee hormonen regelen de calciumspiegel?
 - b Uit welke twee delen bestaat de pancreas?
 - c Waar wordt glucagon gemaakt?

Trefwoordenlijst

A

aambeeld 16
ACE 39
achterkwab 37
achterste oogkamer 12
ACTH 38
adenohypofyse 37
ADH 37
adrenaline 40
aldosteron 39
alvleesklier 41
anemie 39
angiotensine 39
angiotensinogeen 39
antidiuretisch hormoon 37
arachnoïdea 24, 30
associatievelden 27
astrocyten 24
auris externa 14
auris interna 14
auris media 14
autonome zenuwstelsel 34

B

bijschildklieren 41
bindvlies 10, 11
binnenoor 17
blinde vlek 14
buis van Eustachius 16
bulbus oculi 11

C

calcitonine 40
cauda equina 31
cerebellum 25
cerumen 16
chiasma opticum 26
chorioidea 11
cilia 10
circulaire spieren 12
cochlea 17
conjunctiva 10
conjunctivitis 13
cornea 11

corpus vitrium 13
cortex 39
corticosteroïden 38

D

di-encefalon 25
dorsale hoornen 31
drukzintuigjes 19
duramater 24, 30

E

eilandjes van Langerhans 41
endocriene klieren 36
epinefrine 40
EPO 38
erythropoëetine 38
evenwichtsorgaan 17
exocriene klieren 36

F

foton 13
FSH 38

G

ganglion 33
gehoorbeentjes 16
gehoorgang 16
gevoelszenuwen 32
gezichtscentra 26
glandula lacrimalis 11
glandula parathyreoidea 41
glandula thyreoidea 38, 40
glandulae adrenales 39
glasachtig lichaam 13
glaucoom 13
glucocorticosteroïden 39
grensstreng 34
groeihormoon 38
grote hersenen 25

H

halfcirkelvormige kanalen 18
hamer 16
harde oogrok 11

harde oogvlies 11
hartslag 29
hersenaanhangsel 27
hersenen 26
hersenschors 26
hersenstam 25
hersenventrikels 24
hoorcentra 26
hoornen 31
hoornvlies 11
hormoon 36
hypofyse 27, 37
hypothalamo-hypofysaire as 37
hypothalamus 27, 37

I

ICSH 38
inhibitie 30
inhibiting factors 38
Interstitiële Cellen Stimulerend
Hormoon 38
iris 12

K

kegeltjes 13
kleine hersenen 29
klieren van Meiboom 10
knipvlies 10
kopzenuwen 30, 32
koudezintuigjes 20
kringspieren 12

L

lens 12
lenskapsel 12
LH 38
liquor cerebrospinalis 24
lmn 31
lower motor neurons 31

M

medulla 39, 40
medulla oblongata 25
melatonine 27
membrana nictitans 10
meningen 24
mesencefalon 25
microglia-cellen 24
middenhersenen 28
middenoor 16

motorisch eindplaatje 24
motorische zenuwen 32
MSH 38
myelum 30

N

natriumspiegel 39
negatieve feedback 37
nervi thoracici 33
nervus femoralis 33
nervus medianus 33
nervus olfactorius 18
nervus opticus 26
nervus radialis 33
nervus spermaticus externus 33
nervus stato-acusticus 18
nervus trigeminus 20
netvlies 13
neurohypofyse 37
neurotransmitter 23
noradrenaline 40
norepinefrine 40

O

oligodendrocyten 24
ontremming 30
oogbol 11
oogdruk 13
oogleden 10
oorschelp 15
oorsmeer 16
ophthalmos 11
orgaan van Corti 17
ouderdomsstaar 12
oxytocine 37

P

panoftalmie 13
papillen 18
paraathormoon 41
parasymphatische zenuwstelsel 34
perifere zenuw 31
piamater 24, 30
pigmentcellen 13
plexus brachialis 33
plexus lumbosacralis 33
pons 26
prolactine 38
proprioceptoren 19
pseudohyperparathyreoidie 41

PTH 41
pupil 12

R

radiaire spieren 12
releasing factors 38
renine 39
renine-angiotensine-systeem 39
retina 13
reukcentrum 18, 26
reukhersenen 26
ruggenmerg 30

S

sacculi 17
schildklieren 40
sclera 11
sensibele zenuwen 32
serotonine 27
slakkenhuis 17
staafjes 13
steunweefsel 23
stijgbeugel 16
sympathische zenuwstelsel 34
synaps 24

T

T3 40
T4 40
tapetum lucidum 13
tastharen 19
telencefalon 25
temperatuurzintuigen 20

tetrajoodythyronine 40
traanklieren 11
trijoodthyronine 40
trommelvlies 16
TSH 38
tussenhersenen 27

U

uitwendig oor 15
umn 31
upper motor neurons 31

V

vaatvlies 11
vasopressine 37
vegetatieve zenuwstelsel 34
ventrale hoornen 31
verlengde merg 29
vertebra caudalis 30
vertebra cervicalis 30
vertebra lumbalis 30
vertebra thoracalis 30
vertebrae sacrales 30
voorkwab 37
vorste oogkamer 12

W

warmtezintuigjes 20

Z

zeefbeen 18, 26
zenuwcellen 23
zenuwweefsel 23
